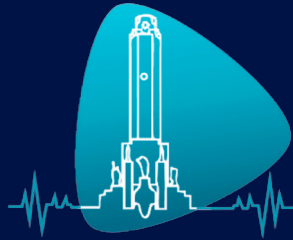


SYLLABUS SATI 2025



35° Congreso Argentino e Internacional de Terapia Intensiva

ROSARIO 2025

6, 7 y 8 Agosto | Centro Metropolitano

“Atención, Educación e Investigación: presente y futuro en Cuidados Intensivos”

-
- 28° Congreso Argentino e Internacional de Enfermería en Terapia Intensiva
 - 27° Congreso Argentino e Internacional de Kinesiología en Terapia Intensiva
 - 26° Congreso Argentino e Internacional de Terapia Intensiva Pediátrica
 - 21° Jornadas Nacionales de Bioquímicos en Terapia Intensiva
 - 15° Jornadas Nacionales de Neonatología en Terapia Intensiva
 - 12° Jornadas Nacionales de Nutrición en Terapia Intensiva
 - 12° Jornadas Nacionales de Farmacéuticos en Terapia Intensiva
 - 9° Jornadas Nacionales de Enfermería Neonatal



Sociedad Argentina de Terapia Intensiva
Syllabus SATI 2025: Atención, Educación e Investigación: presente y futuro en Cuidados Intensivos /
Dirigido por Ramiro Gilardino. – 1.ª ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Sociedad Argentina de Terapia
Intensiva, 2025.
Libro digital, PDF

Archivo digital: online
ISSN 3072-8207

1. Cuidados Intensivos. 2. Cuidados Intensivos Pediátricos. 3. Educación Médica.
I. Gilardino, Ramiro, dir. II. Título
CDD: 616.028

Diseño Editorial: Estudio Fernández+Martínez | estfernandezmartinez@gmail.com

Corrección Editorial: Marisa I. López | marisalopez.trad@gmail.com

Hecho el depósito que dispone la Ley 11.723.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. Esta obra o cualquiera de sus partes no podrán ser reproducidas ni archivadas en sistemas recuperables, ni transmitidas en forma alguna por ningún medio, ya sea mecánico, electrónico, fotocopiadoras, grabaciones o cualquier otro, sin autorización previa y expresa de la Sociedad Argentina de Terapia Intensiva.

Queda expresamente prohibida la extracción, el almacenamiento y la puesta a disposición de los usuarios de todo o parte del contenido de esta obra a los efectos de minería de texto y datos, conforme a la Ley 11.723 y normativa complementaria vigente en materia de derechos de autor.

También se prohíbe expresamente el ejercicio del derecho de transformación y la realización de obras derivadas mediante el uso de programas de inteligencia artificial sin autorización de los titulares de derechos.

© 2025. Sociedad Argentina de Terapia Intensiva
Cnel. Niceto Vega 4612/16, C1414BFD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
www.sati.org.ar



SYLLABUS SATI 2025

“Atención, Educación e Investigación: presente y futuro en Cuidados Intensivos”

Director

Ramiro Eugenio Gilardino

Médico Especialista en Medicina Crítica y Terapia Intensiva (UBA – SATI).
Magíster en Gestión y Economía de la Salud (Universidad ISALUD) y en Salud Pública Global (The London School of Hygiene & Tropical Medicine, Universidad de Londres).
Docente Autorizado – Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina – UBA.
Director de Publicaciones – SATI.

Autores

Mariano G. Andrada

Médico especialista en Terapia Intensiva.
Coordinador médico UTI - Nuevo Hospital San Roque, Córdoba Capital.
Médico de staff de UTI - Sanatorio Allende Cerro, Córdoba.
Integrante del Comité de Gestión, Calidad y Datos – SATI.

María del Pilar Arias López

Médica especialista en Cuidados Intensivos Pediátricos.
Médica de planta, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital Ricardo Gutiérrez, CABA.
Asesora del Comité de Gestión, Calidad y Datos – SATI.
Secretaria del Capítulo Pediátrico, SATI.

Laura F. Belli

Dra. en Filosofía (FFyL – UBA), Investigadora IIF – SADAFCONICET.
Docente (JTP) FFyL – UBA. Cofundadora del Comité de Género y Diversidad – SATI.
Miembro del Capítulo Argentino RedBioética UNESCO.

Matías N. Bertozzi

Kinesiólogo (UBA).
Sanatorio Anchorena San Martín, Buenos Aires.
Hospital Donación Francisco Santojanni, CABA.

Nancy Boada

Médica Pediatra e Intensivista Pediátrica.
Exmédica de planta, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital Garrahan, CABA.
Asesora del Comité de Gestión, Calidad y Datos – SATI.

Marianela Bonetti

Psicóloga (UNLP).
Hospital de Alta Complejidad del Bicentenario Esteban Echeverría, Buenos Aires.
Hospital Zenón Videla Dorna, San Miguel del Monte, Buenos Aires.

Adriana C. Bordogna

Médica especialista en Pediatría, Neonatología y Terapia Intensiva Pediátrica.
HIAEP Sor María Ludovica, La Plata.
Hospital de Alta Complejidad El Cruce Dr. Néstor Kirchner, Florencio Varela, Buenos Aires.

Valeria Burgos

Doctora en Biología (UBA), Máster en Ciencia de Datos (UBA).
Investigadora del Instituto de Medicina Traslacional e Ingeniería Biomédica (IMTIB).
HIBA – CONICET – UHIBA.

María Haydeé Canteli

Lic. en Psicología (UBA), Profesora Universitaria en Ciencias de la Educación.
Psicóloga Clínica en Medicina Crítica.
Presidenta de la Sociedad Argentina de Psicoanálisis – Miembro del Comité de Bioética – SATI.

Cristian G. Cerezo

Médico especialista en Terapia Intensiva.
Director del Comité de Emergentología y Respuesta Rápida Intrahospitalaria – SATI.
Miembro Titular SATI.

Vanina S. Colombo

Musicoterapeuta (USAL).
Hospital de Alta Complejidad del Bicentenario Esteban Echeverría, Buenos Aires.

Graciela Cueto

Médica especialista en Terapia Intensiva.
Integrante del Comité de Gestión, Calidad y Datos – SATI.

Gabriela D'Isa

Bioquímica.
Integrante del Comité de Gestión, Calidad y Datos – SATI.

Agustina Davancens

Fonoaudióloga (UBA).
Sanatorio Güemes, CABA.
Miembro del Comité de Seguimiento y Rehabilitación luego de la enfermedad crítica y del Capítulo de Fonoaudiología – SATI.

Ariel L. Fernández

Informático y Científico de Datos.
Especialista en Transformación y Salud Digital.
Secretario del Comité de Gestión, Calidad y Datos – SATI.

Luis A. Flores

Médico especialista en Terapia Intensiva.
Secretario del Comité de Patología Crítica Cardiovascular – SATI.
Miembro Titular SATI.

Amalia Green

Terapista Ocupacional (UNSAM).
Hospital de Alta Complejidad del Bicentenario Esteban Echeverría, Buenos Aires.

Mario Kenar

Médico especialista en Terapia Intensiva
Comité de Patología Crítica Cardiovascular – SATI
Miembro Titular SATI

Débora Lema

Lic. en Trabajo Social, Mg. en Cuidados Paliativos,
Diplomada en Bioética.
Hospital de Gastroenterología Dr. C. B. Udaondo, CABA.
Secretaria del Comité de Bioética – SATI.

Karina Lozano

Médica especialista en Terapia Intensiva.
Directora del Comité de Patología Crítica Cardiovascular – SATI.
Miembro Titular SATI.

Marisol Matalia

Musicoterapeuta (UBA).
Hospital de Alta Complejidad del Bicentenario Esteban Echeverría, Buenos Aires.

Analía Occhiuzzi

Magíster en Bioética (FLACSO).
Directora del Comité de Género y Diversidad – SATI.
Miembro RedBioética UNESCO – CONICET.

María Cristina Orlandi

Médica especialista en Medicina Interna, Terapia Intensiva y Gestión de Calidad.
Presidente SATI 2023–2025.
Miembro del Consejo de Big Data e Inteligencia Artificial – SATI.

Daniel Orqueda

Médico Intensivista Pediátrico.
Hospital Italiano de Buenos Aires.
Profesor Asociado – Universidad del HIBA.

Gladys Palacio

Médica especialista en Terapia Intensiva Pediátrica.
Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez, CABA.

Mariana Pedace

Psicóloga clínica, especialista en educación en salud.
Instituto Universitario del Hospital Italiano.
Miembro del Comité de Bioética – SATI.

María Elena Ratto

Médica Pediatra e Intensivista Pediátrica.
Hospital de Niños Sor María Ludovica, La Plata.
Directora del Comité de Gestión, Calidad y Datos – SATI.

Norma B. Raúl

Médica especialista en Terapia Intensiva Pediátrica –
Profesora en Medicina.
Hospital El Cruce Dr. Néstor Kirchner – Universidad Nacional Arturo Jauretche.

Rosa Reina

Médica especialista en Terapia Intensiva.
Docente de la Cátedra de Terapia Intensiva –
Universidad Nacional de La Plata – HIGA.

Alejandro Riso Vázquez

Médico especialista en Terapia Intensiva.
Magíster en Sistemas de Salud (ISALUD).
Integrante del Comité de Gestión, Calidad y Datos –
SATI.

Victoria Rodríguez

Médica especialista en Medicina Crítica y Terapia Intensiva (SATI – UBA).
Secretaria del Comité de Género y Diversidad – SATI.

Eduardo San Román

Médico especialista en Terapia Intensiva.
Hospital Italiano de Buenos Aires – IMTIB – HIBA –
CONICET – UHIBA.
Director del Consejo de Big Data e Inteligencia Artificial – SATI.

María Eugenia Terán

Médica especialista en Terapia Intensiva Infantil.
Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez – Sanatorio Mater Dei, CABA.
Directora del Comité ADS – SATI.

Darío S. Villalba

Kinesiólogo (UBA), especialista en Cuidados Respiratorios (SATI–UNSAM).
Hospital Santiago Fornos, Chivilcoy – Clínica Santa Catalina, CABA.
Director del Comité de Seguimiento y Rehabilitación luego de la enfermedad crítica – SATI.

SYLLABUS SATI 2025

“Atención, Educación e Investigación: presente y futuro en Cuidados Intensivos”

35° Congreso Argentino e Internacional de Terapia Intensiva

COMITÉ EJECUTIVO

| | |
|--------------------------|---|
| Presidente | Héctor José María Álvarez |
| Vicepresidente | Mauro Dodorico |
| Secretario | Néstor Carrizo |
| Prosecretario | Santiago Izza |
| Coordinadores Nacionales | Ignacio Previgliano Fernando Ríos SATI |
| Tesorero | Pablo Morel |
| Vocales | Lara Costa Juan Ibarzabal Andrea Becherucci Carolina Farquharson Guillermo Grieve |

COMITÉ CIENTÍFICO

| | |
|--------------------------|--|
| Presidentes | Juan Carlos Pendino Nicolás Rocchetti |
| Vicepresidenta | Cecilia González |
| Secretario | José Emiliano Alfonso |
| Prosecretario | Gustavo Andrich |
| Coordinadoras Nacionales | Mónica Viviana Romero Daniela Olmos Kutscherauer |
| Vocales | Gustavo Roldán Marcelo Ossman Luciano Berloni Ricardo Karatanazopulos María Ramírez Cristian Vera Laura Bergallo Alejandro Hlavnika Alberto Bustos |

REVISIÓN DE TRABAJOS

| | |
|---------------------------|---|
| Coordinador General | Fernando Ríos |
| Coordinadores Adultos | Cecilia Loudet Cecilia Pereyra Leandro Tumino Mónica Quinteros Marcela Castro |
| Coordinadores Pediátricos | Silvio Torres María del Pilar Arias López |

JURADO DE PREMIOS

| |
|---|
| María Cristina Orlandi Eduardo San Román Ignacio Previgliano Nicolás Nin Rosa Reina Héctor Álvarez Luis Huespe Gardel |
|---|

28° Congreso Argentino e Internacional de Enfermería en Terapia Intensiva

| | | | |
|-----------------------|--------------------|---------|--------------------|
| Presidente | Darío Bejarano | Vocales | Miguel Ángel Salas |
| Vicepresidente | Gonzalo Godoy | | Juan Figueroa |
| Coordinadora Nacional | Ana María Bejarano | | David Sánchez |

27° Congreso Argentino e Internacional de Kinesiología en Terapia Intensiva

| | | | |
|----------------------|-------------------|---------|--|
| Presidente | Matías Accoce | Vocales | Verónica Lozano |
| Vicepresidente | Pablo Lovazzano | | Mauro Del Bono |
| Coordinador Nacional | Gustavo Plotnikow | | Janina Lebus Andrea Schmitd Facundo Puchulu Diana Miqueri Moirá Jessie Hopkins |

26° Congreso Argentino e Internacional de Terapia Intensiva Pediátrica

Presidenta
Vicepresidente
Comité Científico

Sandra Chuchuy
Gustavo Sciolla
Silvio Torres
Josefina Pérez
Luis Llano
Soraya Paoletti
Matías Herrera
Diego Rodríguez Schultz

Coordinadora Nacional
Vocales

Mariela Alassia
Celeste Arancibia
María del Pilar Arias López
Pablo Alfaro

21° Jornadas Nacionales de Bioquímicos en Terapia Intensiva

Presidente
Vicepresidente

Diego Rosello
Pablo Bianchini

Coordinadora Nacional

Susana Der Parsehian

15° Jornadas Nacionales de Neonatología en Terapia Intensiva

Presidente
Vicepresidente

Roberto Silveyra
Ariel Brezigar

Coordinadora Nacional

Liliana Roldán

12° Jornadas Nacionales de Nutrición en Terapia Intensiva

Presidenta
Vicepresidenta

Julieta Locatelli
Natalia Apparicio

Coordinadora Nacional
Vocal

Valeria Massa
Lorena Magnifico

12° Jornadas Nacionales de Farmacéuticos en Terapia Intensiva

Presidenta
Vicepresidenta

Florencia Primerano
Flavia Daniela Nitto

Coordinadora Nacional

Agustina Natalia Luconi

9° Jornadas Nacionales de Enfermería Neonatal

Presidenta
Vicepresidenta

Mariela Quintana Honores
Guillermina Lasala

Coordinador Nacional
Vocal

Gustavo Villalva
Inés Eberle

Nota del Director

Me complace presentar esta nueva edición del Syllabus SATI 2025, desarrollada en el marco del 35° Congreso Argentino e Internacional de Terapia Intensiva, bajo el lema que lo inspira: “Atención, Educación e Investigación: presente y futuro en Cuidados Intensivos”.

Este lema no es solo una consigna institucional: ha guiado la selección de los ejes temáticos de esta obra y la profundidad de cada uno de sus capítulos. Desde el abordaje clínico del paciente crítico hasta los desarrollos en inteligencia artificial, desde las estrategias educativas hasta las propuestas de sustentabilidad ambiental, este syllabus refleja los desafíos y horizontes que atraviesan nuestra práctica.

Los contenidos aquí reunidos han sido elaborados por profesionales referentes en sus campos, provenientes de diferentes disciplinas, regiones y trayectorias. Su compromiso con la calidad científica, la claridad didáctica y la actualización permanente se ve reflejado en cada página.

Quiero destacar el respaldo institucional de la Sociedad Argentina de Terapia Intensiva, en especial a través de su Presidenta, la Dra. María Cristina Orlandi, quien impulsó con convicción la reedición de este material, luego de un período sin publicaciones de este tipo desde 2017.

Este trabajo fue posible gracias a la articulación ejemplar de comités y capítulos de la SATI, que aportaron visión estratégica, capacidad técnica y una genuina vocación de colaboración. El resultado es una obra diversa, rigurosa y profundamente conectada con la realidad de las terapias intensivas en la Argentina y la región.

Finalmente, esta obra celebra la esencia de este Congreso: la construcción de conocimiento desde una perspectiva inter y transdisciplinaria, donde médicos, enfermeros, kinesiólogos, farmacéuticos, bioquímicos, nutricionistas y tantos otros profesionales confluyen con un propósito común: cuidar mejor.

Deseo que disfruten de esta edición, de la ciudad de Rosario, y del encuentro que nos reúne.

Ramiro E. Gilardino
Director del Syllabus SATI 2025

Índice

Sección 1

Avances en la Práctica Clínica y Atención del Paciente Crítico

- Implementación de modelos predictivos para la detección y el manejo de la enfermedad crítica prevalente 1
- Manejo integral del síndrome pos-UCI: estrategias interdisciplinarias para la recuperación física, cognitiva y psicológica 8

Sección 2

Educación y Desarrollo Profesional en Medicina Intensiva

- Innovación en la formación de intensivistas: simulación clínica y nuevas metodologías para la enseñanza en cuidados críticos 16
- Abordaje del bienestar del personal de la UCI. Estrategias de gestión para la prevención del síndrome de *burnout* y apoyo psicológico al equipo de salud 22

Sección 3

Innovación y Tecnología Aplicada a los Cuidados Intensivos

- Inteligencia artificial y *big data* en cuidados intensivos: aplicaciones prácticas en decisiones clínicas asociadas a la sepsis. Análisis de ensayos clínicos más relevantes 29
- Telemedicina en la Unidad de Cuidados Intensivos: impacto en la optimización de recursos y mejora de la calidad asistencial 38

Sección 4

Investigación, Medicina Basada en Evidencia y Sostenibilidad

- Hacia una Unidad de Cuidados Intensivos verde. Estrategias para reducir la huella ambiental en cuidados intensivos 41
- Perspectiva de género y diversidad en el ámbito académico. Donde los sesgos del pasado se cruzan con las realidades del presente 48

AVANCES EN LA PRÁCTICA CLÍNICA Y ATENCIÓN DEL PACIENTE CRÍTICO

Implementación de modelos predictivos para la detección y el manejo de la enfermedad crítica prevalente

DRA. MARÍA DEL PILAR ARIAS LÓPEZ, MAG. ARIEL L. FERNÁNDEZ

Introducción

La creciente disponibilidad de datos generados durante la atención sanitaria, producto de la informatización del sistema de salud, sumada al continuo avance de la capacidad computacional para almacenar, procesar y analizar información, constituye el fundamento del concepto de salud digital definido por la Organización Mundial de la Salud. Esta sinergia ofrece una oportunidad sin precedentes para definir, con mayor claridad, precisión y eficiencia, las enfermedades y sus mecanismos fisiopatológicos subyacentes.

Si bien estos avances pueden tener impacto en las distintas especialidades médicas, la medicina intensiva es una de las áreas con mayor potencial para beneficiarse del uso de *big data* y de la aplicación de la inteligencia artificial (IA) para la investigación y la toma de decisiones en gestión y práctica clínica. En las unidades de cuidados intensivos (UCI), los pacientes son monitorizados, de forma continua, para detectar cambios fisiológicos asociados a un posible deterioro, que podría requerir una reevaluación oportuna del tratamiento. El personal de enfermería realiza un seguimiento estricto de parámetros, como el estado neurológico, los signos vitales, el balance de ingresos y egresos, la administración de medicación, etc. Al mismo tiempo, las notas clínicas escritas en las historias clínicas electrónicas y los estudios complementarios —gasometrías, cultivos, estudios por imágenes— generan grandes volúmenes de datos de alta granularidad que, gracias a los avances en ciencias de la computación, es posible integrar y almacenar, desarrollando un sistema integral con potencial de transformarse en una base de datos para investigación en tiempo real.¹

En el ámbito de los cuidados críticos, la IA puede aplicarse para evaluar el riesgo de que ocurran ciertos eventos (muerte, disfunción orgánica, etc.), optimizar la organización de las UCI (predicción de la estancia) o mejorar el manejo y tratamiento de distintas enfer-

medades prevalentes.² En este último caso, los modelos de IA se centran principalmente en el diagnóstico de enfermedades, la predicción de su evolución clínica (deterioro del estado del paciente) y la caracterización de fenotipos o endotipos específicos en cuadros, como la sepsis, el shock séptico y el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), entre otros. Los modelos predictivos, entrenados a partir de grandes volúmenes de datos clínicos, tienen la capacidad de identificar patrones sutiles y anticipar eventos, esto hace posible una medicina más proactiva, personalizada y eficiente.

Si bien las oportunidades de usar IA en las UCI son muchas, la implementación no está exenta de desafíos.³ Este documento propone una revisión de los modelos predictivos en el ámbito de la medicina intensiva, con foco en su potencial para la detección y el manejo oportuno de enfermedades críticas prevalentes, sin dejar de lado las limitaciones operativas y éticas que deben ser abordadas para su implementación.

Objetivos de aprendizaje

- Comprender los fundamentos de la IA y los principales tipos de algoritmos de aprendizaje automático que pueden ser utilizados para abordar las principales enfermedades en las UCI.
- Analizar el potencial de los modelos de IA en medicina intensiva y casos de uso.
- Identificar los principales desafíos que conlleva la implementación de modelos de aprendizaje automático en la UCI.

Modelos de aprendizaje automático

Fundamentos

El aprendizaje automático, también conocido como *machine learning* (ML), es una rama de la IA, cuyo campo de estudio se enfoca en comprender cómo aprenden las computadoras de los datos y en el de-

sarrollo de algoritmos que hacen posible el aprendizaje. Los modelos de ML son un marco en el que, ajustando ciertos parámetros, la computadora trata de realizar inferencias a partir de los datos originales, sin ser específicamente programada. Incluye distintos tipos de algoritmos, como las redes neuronales, los árboles de decisión, las máquinas de vector soporte, entre otros.

Si bien los modelos son diferentes, la estrategia del ML es común para todos ellos. En primer lugar, el sistema es entrenado exponiéndolo a una muestra representativa de pacientes cuyos resultados son conocidos y etiquetados (p. ej., tenemos la información sobre si los pacientes presentaron sepsis o no). A medida que el sistema aprende, cada vez que se expone a la muestra de entrenamiento mejora la precisión de la predicción. Una vez que el aprendizaje se maximizó, el sistema se valida utilizando una cohorte distinta de pacientes que el modelo nunca ha visto.

Aunque el aprendizaje automático suele asociarse con técnicas avanzadas, abarca un amplio espectro de enfoques, que van desde modelos estadísticos clásicos, como la regresión logística, hasta arquitecturas complejas de aprendizaje, como el aprendizaje profundo (*deep learning*).

Los algoritmos de ML se clasifican en supervisados y no supervisados, según si los datos de entrenamiento incluyen etiquetas o no. Los algoritmos de aprendizaje profundo provienen de las redes neuronales artificiales que tradicionalmente se consideran parte del aprendizaje supervisado, pero sus características avanzadas desafían esta clasificación convencional y abren nuevas posibilidades en el análisis de datos clínicos complejos.⁴

Tipos de algoritmos

Los **algoritmos supervisados** descubren las relaciones entre variables de interés y resultados conocidos. Por ejemplo, para determinar si un grupo de características clínicas (signos vitales, pruebas de laboratorio) puede predecir la sepsis, los investigadores pueden aplicar algoritmos supervisados a una base de datos donde cada registro contiene dichas características y una etiqueta con el resultado (presencia o ausencia de sepsis).^{4,5}

Los **algoritmos no supervisados** identifican patrones o agrupamientos naturales sin resultados predefinidos. El uso más adecuado en la UCI es en la medicina de precisión, descubriendo grupos de pacientes que comparten características clínicas o moleculares semejantes y que, en teoría, tienen más probabilidades de responder a terapias dirigidas a su fisiopatología compartida.^{4,6}

El **aprendizaje por refuerzo** (*reinforcement learning*), conocido también como aprendizaje por medio de premios y castigos, optimiza decisiones teniendo en cuenta información del ambiente: las acciones beneficiosas se repiten, las perjudiciales se evitan. De este

modo, el algoritmo aprende y desarrolla estrategias a largo plazo que maximizan los beneficios. Uno de los ejemplos más citados es el propuesto por Komorowski et al. para guiar las decisiones de tratamiento en pacientes sépticos.⁷

Uso de modelos predictivos para el manejo de la enfermedad crítica prevalente

Un análisis bibliométrico publicado por Tang et al., que analizó las publicaciones sobre IA en la UCI describe que los principales cuadros abordados fueron: sepsis, COVID-19, lesión renal aguda, SDRA y paro cardíaco. Más del 50% de las investigaciones se llevaron a cabo en los Estados Unidos y China, con un franco aumento a partir de 2018.⁸ Los principales objetivos de los algoritmos son, en general, predecir el deterioro clínico, la evolución de la enfermedad o la muerte; optimizar el diagnóstico y clasificar fenotipos o subtipos clínicos.⁹

En el ámbito de la **enfermedad respiratoria**, se ha propuesto el uso de modelos de IA para resolver distintos problemas, como optimizar la ventilación mecánica de acuerdo con las necesidades del paciente, predecir el momento adecuado para iniciar la desvinculación de la ventilación mecánica y la posterior extubación o para identificar fenotipos de SDRA abriendo la posibilidad de un tratamiento personalizado.¹⁰⁻¹⁴

Yang et al. examinaron el papel de la integración de la IA en el manejo de la **sepsis**, una de las principales causas de muerte entre los pacientes críticos por su presentación heterogénea que dificulta el diagnóstico y el tratamiento.¹⁵ Los autores hicieron una síntesis de 34 revisiones recientemente publicadas y encontraron que la IA, en este cuadro, se aplica para la detección temprana, el análisis de subtipos, el tratamiento personalizado, así como para la evaluación pronóstica. Mientras que los sistemas de alerta temprana mejoran el reconocimiento y la capacidad de intervención, el perfilado de los pacientes permite distinguir las manifestaciones clínicas para brindar un tratamiento dirigido. Al mismo tiempo, la medicina de precisión puede aprovechar el potencial de la IA para identificar patógenos, seleccionar antibióticos y optimizar fluidos.

La pandemia de la COVID-19 ofreció un terreno propicio para aplicar la IA en los pacientes críticos. En los últimos años, se han propuesto múltiples modelos con el objetivo de facilitar la detección temprana, evaluar riesgo, realizar triaje y predecir el pronóstico de estos pacientes.¹⁶

Otros síndromes en los que también se han publicado modelos de IA son: insuficiencia renal aguda, trauma e insuficiencia cardíaca. Más del 50% de los pacientes de las UCI sufre insuficiencia renal aguda. En general, los modelos se centran en predecir este cuadro, algo esencial para mejorar estrategias preventivas, diagnósticas y terapéuticas. En una revisión sistemática,

se halló que lamentablemente pocos estudios tienen validación externa, lo que limita su generalización.¹⁷

La IA se ha usado ampliamente para el diagnóstico precoz en medicina cardiovascular y en trauma. Se ha comprobado que el uso de IA en los electrocardiogramas resulta eficaz para detectar disfunción ventricular sistólica en pacientes de la UCI con fibrilación auricular o sin este cuadro.¹⁸ Asimismo, el modelo *Feasible Artificial Intelligence with Simple Trajectories for Predicting Adverse Catastrophic Events* (FASTPACE) se utilizó para predecir la insuficiencia respiratoria o el paro cardíaco 6 horas antes de que ocurriera.¹⁹

En la Tabla, se presentan algunos ejemplos de los principales modelos publicados según sistemas y enfermedades.

Desafíos para la implementación de modelos predictivos en medicina intensiva

A pesar del uso extendido de la IA en múltiples ámbitos de la vida moderna, su implementación en medicina intensiva ha sido lenta y desigual. Aunque la cantidad de publicaciones de modelos de ML aumenta, su aplicación práctica es aún limitada y pocos estudios aleatorizados analizan su valor clínico.

En 2021, van de Sande et al. analizaron 494 estudios con el objetivo de evaluar la madurez de los modelos de ML en la UCI, los métodos usados y su riesgo de sesgo. Esta revisión mostró que solo el 1,6% de los estudios tenía un diseño prospectivo observacional y el 1% eran estudios clínicos aleatorizados. El tamaño de la muestra de entrenamiento era, en general, inferior a 1000 casos; solo el 2% analizó más de 100.000 registros. Por otro lado, en las publicaciones, el riesgo de sesgo fue evaluado como alto y el nivel de madurez, bajo; el 89,3% de los modelos obtuvo un puntaje de 4 o menos (nivel 3-4: desarrollo del modelo y prototipo). La mayoría de los modelos de ML en la UCI están actualmente en estado de prueba y prototipado, y la observación de su madurez en el tiempo muestra una curva horizontal.²⁶

La falta de aplicación clínica puede atribuirse a distintos factores, como la inmadurez de muchos de los sistemas de apoyo de decisión clínica para considerar la situación clínica, bases de datos sesgadas que no representan las poblaciones de pacientes en quienes se aplicará el modelo, así como barreras técnicas para el acceso oportuno a datos válidos y su visualización de una manera útil para el flujo de trabajo clínico. Los modelos de ML necesitan ganar confianza entre los clínicos. Esto será posible solamente si se utilizan **guías para reporte transparente** y se estimula la **replacibilidad**. Con este fin se han desarrollado nuevas extensiones de las guías CONSORT y SPIRIT enfocadas específicamente en intervenciones y estudios clínicos que usen algoritmos de ML y las guías DECIDE AI enfocadas en modelos de soporte de decisión basados en IA.²⁷⁻²⁹

Otro aspecto crítico es la **interpretabilidad de los modelos**. Mientras que, en los modelos de regresión tradicionales, cada variable es elegida, en forma activa, por el investigador y su relación con el resultado es cuantificada en unidades comprensibles, las decisiones de los modelos de ML son tomadas por computadoras basándose en optimizar la predicción. En los modelos no supervisados, las computadoras carecen de etiquetas con resultados, y las decisiones de agrupamiento se toman sin intervención humana. Si bien este enfoque ofrece potencial para descubrir conexiones previamente desconocidas entre variables, también puede generar relaciones biológicamente improbables, reforzando el papel del experto en la materia. Aunque el personal de salud utiliza dispositivos inteligentes en su vida diaria (televisores o teléfonos inteligentes), la falta de uso extendido en el ámbito clínico genera desconfianza en estas soluciones. Además, la percepción de los modelos de IA como “cajas negras” desalienta su uso, excepto que se implemente en el contexto de estudios clínicos controlados y con modelos interpretables.

La **calidad de los datos**, la precisión, su completitud y disponibilidad son importantes desafíos al utilizar bases de datos sanitarias, ya que pueden generar análisis imprecisos, inferencias sesgadas y falsos descubrimientos. La gran cantidad de datos que contienen las historias clínicas electrónicas y otras fuentes de datos en salud, plantea un reto para mantener su seguridad, exactitud en el tiempo y almacenamiento, así como para la adecuada limpieza y el preprocesamiento. Al elegir la fuente de datos para entrenar un modelo, es necesario entender las limitaciones técnicas y de calidad de datos para aplicar el enfoque analítico más apropiado de acuerdo con la información disponible.

La **integración de los datos** es otro desafío clave y un componente crítico para mejorar el acceso a fuentes de datos robustas, reproducibles y diversas. Compartir datos entre instituciones puede ser difícil debido a diferencias en los tipos de datos, definiciones y formatos. Abordar estos problemas requiere gobernanza adecuada, estándares éticos y medidas técnicas para asegurar la privacidad sin perder “usabilidad”.

Los investigadores y profesionales que evalúan sistemas de ML deben comprender que la efectividad de un modelo trasciende medidas estadísticas de desempeño, como el valor p o el AUC-ROC (*Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve*). Su utilidad real radica en ofrecer resultados accionables, como información predictiva en el momento adecuado y para el paciente correcto, que apoyen la decisión clínica sobre el tratamiento más efectivo. Aunque el poder discriminatorio de algunos modelos de predicción de sepsis es alto, el punto de corte seleccionado para las alarmas puede traducirse en sensibilidad subóptima o falsas alarmas. Evaluar es-

TABLA

Ejemplos de las principales aplicaciones de Inteligencia Artificial en medicina intensiva según el sistema

| Sistema/ Enfermedad | Objetivo del modelo | Puntos salientes | Citas bibliográficas |
|------------------------|--|--|-------------------------|
| Respiratorio | Evaluar al pie de la cama la resistencia y distensibilidad respiratorias | Experimental. Los MS para predecir resistencia y distensibilidad alcanzaron una precisión del 63,9% (SVM) al 99,4% (RL) | 10 |
| | Determinar el momento óptimo de desvinculación de la VM | Combinación de MS y modelos no supervisados, entrenados en datos de HCE para predecir 2 momentos: inicio de la desvinculación y la extubación exitosa. Resultados presentados en un panel de control (<i>dashboard</i>) integrado en la HCE | 11 |
| | Identificar fenotipos de SDRA (hiper e hipoinflamatorio) | Análisis secundario de datos de cohortes de pacientes con SDRA. A partir de ACL, se usaron MS para definir las variables de mayor importancia para distinguir fenotipos con distintos resultados y perfil clínico (IL-8, bicarbonato, proteína C y uso de inotrópicos) | 12-14 |
| Sepsis | Detectar sepsis en forma temprana | Metanálisis. 7 modelos de IA. Predicción con 3-4 h de antelación AUC-ROC global: 0,89 (IC95% 0,86-0,92) vs. SIRS, MEWS y SOFA (0,70; 0,50; 0,78, respectivamente) | 20 |
| | Detectar sepsis en forma temprana y precisa | MS. Datos de HCE. Prospectivo. AUC-ROC 0,89 vs. 0,60 para SOFA | 21 |
| | Predecir sepsis | Algoritmo SERA. PLN y MS. Datos estructurados y no estructurados. Predicción 12 h antes. Aumenta la predicción temprana un 32%, disminuye los falsos negativos 17% (AUC 0,94; sensibilidad 0,87; especificidad 0,87) | 22 |
| | Definir subtipos de pacientes con sepsis | Retrospectivo. Métodos no supervisados (<i>cluster</i>) Define 4 fenotipos de sepsis: α , β , γ y δ con distintas características clínicas y resultados | 6 |
| | Definir subtipos de pacientes con sepsis | Métodos de aprendizaje profundo. Análisis de expresión genética. Define 2 subtipos de pacientes con distinta mortalidad y respuesta a tratamiento (corticoides) | 23 |
| Sepsis | Identificar patógenos | Aprendizaje profundo. Análisis espectral de muestras de sangre. Permite identificar rápidamente 30 bacterias y hongos comunes, junto con recomendaciones sobre sensibilidad antimicrobiana, alcanza una precisión >80% | 24 |
| | Predecir resistencia antibiótica | Retrospectivo. MS. Predicción de resistencia antibiótica (amoxicilina-ácido clavulánico, carbapenémicos, piperacilina-tazobactam). Pudo disminuir un 40% el uso de antibióticos de amplio espectro | 25 |
| | Predecir respuesta al tratamiento | Aprendizaje por refuerzo. Modelo <i>Artificial Intelligence Clinician</i> , desarrollado a partir de base de datos MIMIC III y Eicu. Mortalidad inferior cuando las decisiones del clínico eran semejantes a la sugerida por el modelo | 7 |
| | Predecir la respuesta a fluidos | Entrenado en la base de datos MIMIC III. MS basado en datos fisiológicos permite predecir diuresis posreposición con fluidos e identificar pacientes con oliguria. AUC-ROC 0,86 | 30 |
| | Predecir respuesta a fluidos | 4 MS y modelos no supervisados, entrenados en datos de ecocardiografía transtorácica permite predecir la respuesta a fluidos comparable con la respuesta de PLR | 31 |
| Renal | Predecir IRA en el hospital | Revisión sistemática. 7 en UCI, 6 cirugía mayor. Alta heterogeneidad de los modelos. MS. Entre 12 y 134 variables predictivas. Validación externa poco frecuente | 17 |
| | Predecir IRA en UCI cualquier estadio y moderada/grave 12 h antes | 2 MS permitieron predecir cualquier estadio de IRA 6 h antes de su aparición y 12 h en caso de IRA moderada/grave. Alto valor predictivo positivo | 32 |

MS = modelos supervisados; SVM = máquinas de vector soporte; RL = regresión logística; VM = ventilación mecánica; HCE = historia clínica electrónica; SDRA = síndrome de dificultad respiratoria aguda; ACL = análisis de clase latente; AUC-ROC = área bajo la curva ROC; SIRS = *Systemic Inflammatory Response Syndrome*; MEWS = *Modified Early Warning Score*; SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment*; PLN = procesamiento de lenguaje natural; PLR (*passive leg raise*) = elevación pasiva de miembros inferiores; IRA = insuficiencia renal aguda; UCI = unidad de cuidados intensivos.

tos sistemas exige verificar su validación en contextos semejantes al de la aplicación clínica. Una limitación relevante de algunos modelos de ML es el **sobreajuste**: modelos que funcionan bien en sus datos de entrenamiento, pero no son generalizables. Esto puede generar errores diagnósticos en poblaciones minoritarias, profundizando inequidades. Para mitigarlo, deben aplicarse técnicas de validación cruzada y regularización.

Una preocupación común percibida por los profesionales sanitarios es la falta de autonomía ante modelos de ML cada vez más complejos. Aunque las computadoras procesan cientos de variables simultáneamente, el razonamiento médico sigue incluyendo aspectos cualitativos no disponibles en los datos, como factores sociales, humanos, emocionales o clínicos. El aspecto cualitativo del proceso de toma de decisiones, llamado para algunos “arte de la medicina”, es imposible de modelar cuantitativamente.

Los sistemas de soporte de decisión deben complementar —no reemplazar— el juicio clínico. Su función debe ser ayudar al profesional con sobrecarga de tarea y fatiga mental (*burnout*) en ambientes, como la UCI, a mejorar su percepción del entorno

y disminuir errores. Para lograr una implementación exitosa de sistemas de soporte de decisión basados en IA necesitamos mejorar las habilidades del personal de salud para interpretar y usar los resultados de los modelos. Al mismo tiempo, es necesario un diseño centrado en el usuario teniendo en cuenta el flujo de trabajo y la participación de los usuarios durante el desarrollo del modelo. A modo de ejemplo, el aporte de los clínicos puede minimizar el número de alertas que estos sistemas pueden producir, reduciendo el riesgo de fatiga de alertas, otro problema común para los que utilizan estas tecnologías en la práctica asistencial diaria.

Finalmente, los equipos de ciencia de datos en la UCI enfrentan el desafío de balancear la reproducibilidad de los modelos con la **privacidad y seguridad de los datos**. El movimiento de datos abiertos aboga por la transparencia y la reproducibilidad de la investigación, pero requiere garantizar seguridad, gobernanza y confidencialidad para preservar la ética y la confianza pública. Si bien la IA ofrece oportunidades para mejorar el diagnóstico y tratamiento en las UCI, también, puede amplificar inequidades existentes. Desafortunadamente, la “verdad” utilizada para evaluar la equi-

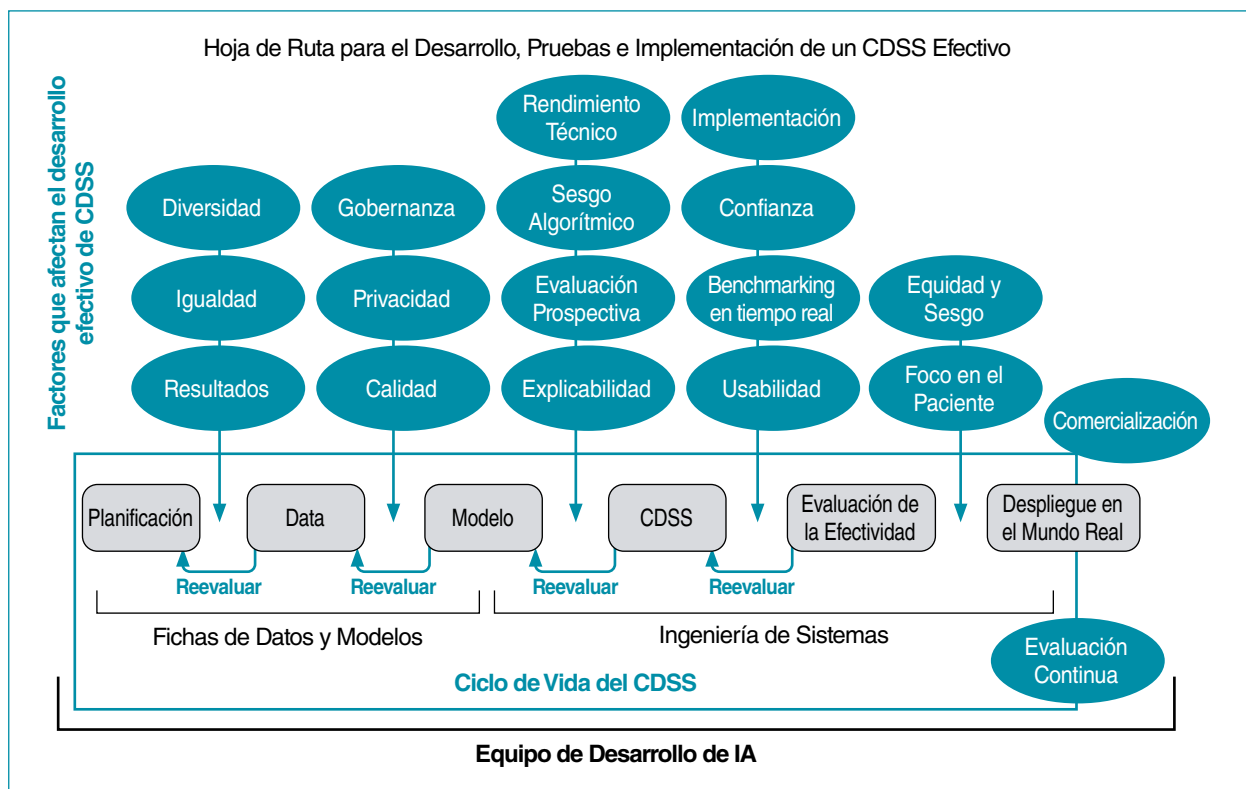


Figura. El proceso de creación, prueba y lanzamiento de un Sistema de Apoyo a Decisiones Clínicas (*Clinical Decision Support System*, CDSS) efectivo es multifacético y continuo. La interacción de múltiples procesos y la participación de varias partes interesadas aumentan la probabilidad de adopción final durante el despliegue en el mundo real (línea vertical discontinua). Es crucial, como se ilustra en este diagrama de flujo de trabajo, la evaluación continua para refinar modelos y opciones de transferencia de información. Al inicio se utiliza una ficha de modelo (documento breve con información clave sobre modelos de *machine learning*), fundamental para mantener el enfoque en el ciclo de desarrollo del CDSS.

dad de los modelos puede contener sesgos incrustados y aceptar resultados subóptimos no justificados por datos clínicos. Por ello, la comunidad médica debe profundizar en la evaluación de métricas de equidad algorítmica. Es indispensable establecer principios comunes, guías y estándares para el desarrollo de modelos, documentando su desempeño en subgrupos de pacientes. Los modelos deberían diseñarse previendo posibles daños a poblaciones desfavorecidas y aplicar métricas específicas para detectar y mitigar sesgos en datos, variables o etiquetas.

Hoja de ruta para la adopción efectiva de herramientas basadas en la IA

La integración de IA en el sistema sanitario requiere una planificación detallada, compromiso de todas las partes interesadas, validación rigurosa y monitoreo continuo, inclusive el monitoreo de la adopción.

Cualquier sistema de decisión basado en IA tiene un ciclo de vida finito y requiere reevaluación periódica y refinamiento para adaptarse a los cambios en la demografía de los pacientes, los ecosistemas de datos, los flujos de trabajo y la evolución de la práctica diaria.

La adherencia a los principios de desarrollo de programas y la participación de los usuarios finales para una adopción exitosa resultarán en un mejor cuidado de los pacientes y una eficiencia operativa.¹

En la Figura, se propone una hoja de ruta para el desarrollo, la validación y la implementación de sistemas de decisión clínica efectivos.

Conceptos clave

- La digitalización del sistema de salud y el avance en el procesamiento de datos permiten desarrollar sistemas de decisión basados en IA, usando información local y en tiempo real para mejorar el diagnóstico y tratamiento en cuidados críticos.
- Los modelos de IA predicen la evolución clínica e identifican fenotipos útiles para personalizar terapias en cuadros prevalentes. Sin embargo, su adopción sigue siendo baja por barreras técnicas, económicas, éticas y culturales.
- Su impacto dependerá de la integración al flujo clínico, el diseño conjunto con equipos de salud y la actualización continua. Evaluar su desempeño en distintos subgrupos y aplicar principios éticos y de transparencia es clave para evitar sesgos y amplificar desigualdades.

Referencias bibliográficas

1. Pinsky MR, Bedoya A, Bihorac A, Celi L, Churpek M, Economou-Zavlanos NJ, et al. Use of artificial intelligence in critical care: opportunities and obstacles. *Crit Care*. 2024;28(1):113. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-04860-z>
2. Carra G, Salluh J, da Silva Ramos FJ, Meyfroidt G. Data-driven ICU management: using Big Data and algorithms to improve outcomes. *J Crit Care*. 2020;60:300-4. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2020.09.002>
3. Falini S, Angelotti G, Cecconi M. ICU management based on big data. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2020;33(2):162-9. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000834>
4. Sanchez-Pinto LN, Luo Y, Churpek MM. Big data and data science in Critical Care. *Chest*. 2018;154(5):1239-48. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.04.037>
5. Nemati S, Holder A, Razmi F, Stanley MD, Clifford GD, Buchman TG. An interpretable machine learning model for accurate prediction of sepsis in the ICU. *Crit Care Med*. 2018;46(4):547-53. <https://doi.org/10.1097/CCM.00000000000002936>
6. Seymour CW, Kennedy JN, Wang S, Chang CH, Elliott CF, Xu Z, et al. Derivation, validation, and potential treatment implications of novel clinical phenotypes for sepsis. *JAMA*. 2019;321(20):2003-17. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.5791>
7. Komorowski M, Celi LA, Badawi O, Gordon AC, Faisal AA. The Artificial Intelligence Clinician learns optimal treatment strategies for sepsis in intensive care. *Nat Med*. 2018;24(11):1716-20. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0213-5>
8. Tang R, Zhang S, Ding C, Zhu M, Gao Y. Artificial intelligence in Intensive Care Medicine: bibliometric analysis. *J Med Internet Res*. 2022;24(11):e42185. <https://doi.org/10.2196/42185>
9. Suresh V, Singh KK, Vaish E, Gurjar M, Nambi A, Khulbe Y, et al. Artificial Intelligence in the Intensive Care Unit: current evidence on an inevitable future tool. *Cureus*. 2024;16(5):e59797. <https://doi.org/10.7759/cureus.59797>
10. Hezarjaribi N, Dutta R, Xing T, Murdoch GK, Mazrouee S, Mortazavi BJ, et al. Monitoring lung mechanics during mechanical ventilation using machine learning algorithms. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2018;2018:1160-3. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2018.8512483>
11. Liu C-F, Hung C-M, Ko S-C, Cheng K-C, Chao C-M, Sung M-I, et al. An artificial intelligence system to predict the optimal timing for mechanical ventilation weaning for intensive care unit patients: a two-stage prediction approach. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:935366. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.935366>
12. Calfee CS, Delucchi K, Parsons PE, Thompson BT, Ware LB, Matthay MA; NHLBI ARDS Network. Subphenotypes in acute respiratory distress syndrome: latent class analysis of data from two randomised controlled trials. *Lancet Respir Med*. 2014;2(8):611-20. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(14\)70097-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(14)70097-9)
13. Sinha P, Delucchi KL, McAuley DF, O'Kane CM, Matthay MA, Calfee CS. Development and validation of parsimonious algorithms to classify acute respiratory distress syndrome phenotypes: a secondary analysis of randomised controlled trials. *Lancet Respir Med*. 2020;8(3):247-57. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30369-8](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30369-8)
14. Maddali MV, Churpek M, Pham T, Rezoagli E, Zhuo H, Zhao W, et al. Validation and utility of ARDS subphenotypes identified by machine learning models using clinical data: an observational, multicohort, retrospective analysis. *Lancet Respir Med*. 2022;10(4):367-77. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(21\)00461-6](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(21)00461-6)
15. Yang J, Hao S, Huang J, Chen T, Liu R, Zhang P, et al. The application of artificial intelligence in the management of sepsis. *Med Rev*. 2023;(5):369-80. <https://doi.org/10.1515/mr-2023-0039>
16. Kołodziejczak MM, Sierakowska K, Tkachenko Y, Kowalski P. Artificial intelligence in the Intensive Care Unit: present and future in the COVID-19 era. *J Pers Med*. 2023;13(6):891. <https://doi.org/10.3390/jpm13060891>

17. Al-Absi DT, Simsekler MCE, Omar MA, Anwar S. Exploring the role of artificial intelligence in acute kidney injury management: a comprehensive review and future research agenda. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2024;24(1):337. <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02758-y>
18. Kashou AH, Noseworthy PA, Lopez-Jimenez F, Attia ZI, Kapa S, Friedman PA, et al. The effect of cardiac rhythm on artificial intelligence-enabled ECG evaluation of left ventricular ejection fraction prediction in cardiac intensive care unit patients. *Int J Cardiol*. 2021;339:54-5. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.07.001>
19. Kim J, Chae M, Chang HJ, Kim YA, Park E. Predicting cardiac arrest and respiratory failure using feasible artificial intelligence with simple trajectories of patient data. *J Clin Med*. 2019;8(9):1336. <https://doi.org/10.3390/jcm8091336>
20. Islam MM, Nasrin T, Walther BA, Wu CC, Yang HC, Li YC. Prediction of sepsis patients using machine learning approach: a meta-analysis. *Comput Methods Progr Biomed*. 2019;170:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.12.027>
21. Yuan K-C, Tsai L-W, Lee K-H, Cheng Y-W, Hsu S-C, Lo Y-S, et al. The development an artificial intelligence algorithm for early sepsis diagnosis in the intensive care unit. *Int J Med Inform*. 2020;141:104176. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104176>
22. Goh KH, Wang L, Yeow AYK, Poh H, Li K, Yeow JLL, et al. Artificial intelligence in sepsis early prediction and diagnosis using unstructured data in healthcare. *Nat Commun*. 2021;12(1):711. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-20910-4>
23. Zhang Z, Pan Q, Ge H, Xing L, Hong Y, Chen P. Deep learning-based clustering robustly identified two classes of sepsis with both prognostic and predictive values. *EBio-Medicine*. 2020;62:103081. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2020.103081>
24. Ho CS, Jean N, Hogan CA, Blackmon L, Jeffrey SS, Holodniy M, et al. Rapid identification of pathogenic bacteria using Raman spectroscopy and deep learning. *Nat Commun*. 2019;10(1):4927. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12898-9>
25. Moran E, Robinson E, Green C, Keeling M, Collyer B. Towards personalized guidelines: using machine-learning algorithms to guide antimicrobial selection. *J Antimicrob Chemother*. 2020;75(9):2677-80. <https://doi.org/10.1093/jac/dkaa222>
26. van de Sande D, van Genderen ME, Huiskens J, Gommers D, van Bommel J. Moving from bytes to bedside: a systematic review on the use of artificial intelligence in the intensive care unit. *Intensive Care Med*. 2021;47(7):750-60. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06446-7>
27. Rivera SC, Liu X, Chan AW, Denniston AK, Calvert MJ; SPIRIT-AI and CONSORT-AI Working Group. Guidelines for clinical trial protocols for interventions involving artificial intelligence: the SPIRIT-AI Extension. *BMJ*. 2020;370:m3210. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3210>
28. Liu X, Rivera SC, Moher D, Calvert MJ, Denniston AK; SPIRIT-AI and CONSORT-AI Working Group. Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI Extension. *BMJ*. 2020;370:m3164. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3164>
29. Vasey B, Nagendran M, Campbell B, Clifton DA, Collins GS, Denaxas S, et al.; DECIDE-AI expert group. Reporting guideline for the early-stage clinical evaluation of decision support systems driven by artificial intelligence: DECIDE-AI. *BMJ*. 2022;377:e070904. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-070904>
30. Lin P-C, Huang H-C, Komorowski M, Lin W-K, Chang C-M, Chen K-T, et al. A machine learning approach for predicting urine output after fluid administration. *Comput Methods Progr Biomed*. 2019;177:155-9. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.05.009>
31. Bataille B, de Selle J, Moussot P-E, Marty P, Silva S, Cocquet P. Machine learning methods to improve bedside fluid responsiveness prediction in severe sepsis or septic shock: an observational study. *Br J Anaesth*. 2021;126(4):826-34. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.11.039>
32. Schwager E, Ghosh E, Eshelman L, Pasupathy KS, Barreto EF, Kashani K. Accurate and interpretable prediction of ICU-acquired AKI. *J Crit Care*. 2023;75:154278. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2023.154278>

Manejo integral del síndrome pos-UCI: estrategias interdisciplinarias para la recuperación física, cognitiva y psicológica

LIC. MATÍAS N. BERTOZZI, LIC. MARIANELA BONETTI, LIC. VANINA S. COLOMBO, LIC. AGUSTINA DAVANCENS, LIC. AMALIA GREEN, LIC. MARISOL MATALIA, DRA. ROSA REINA, DRA. MARÍA EUGENIA TERÁN, LIC. DARIO S. VILLALBA

Introducción

La supervivencia de los pacientes críticos ha mejorado notablemente gracias a los avances en cuidados intensivos. Sin embargo, muchos sobrevivientes sufren secuelas físicas, cognitivas o psiquiátricas asociadas a la internación en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), lo que impacta negativamente en su calidad de vida y dificulta la reinserción en sus actividades previas. Este conjunto de alteraciones se conoce como síndrome pos-UCI, e incluye también el agravamiento de condiciones previas que el paciente pudiera tener.¹ Por su parte, las familias de los pacientes críticos pueden tener síntomas de ansiedad, depresión y trastornos cognitivos, tanto durante la internación como tras el fallecimiento del ser querido, esto configura el llamado pos-UCI familiar. Se ha informado que hasta el 70% de los familiares tiene ansiedad y depresión, que persisten en el 40% hasta un año después de la pérdida. La herramienta preventiva más efectiva para mitigar este impacto emocional es una comunicación clara, continua y empática con la familia.²

En los pacientes, los factores de riesgo para desarrollar el síndrome pos-UCI incluyen condiciones previas, como edad avanzada, comorbilidades, enfermedades crónicas o psiquiátricas y situaciones socioeconómicas vulnerables.³ Durante la internación, aumentan el riesgo de delirium, dolor, alteraciones del sueño, hipoxia, shock, sepsis, uso de benzodiazepinas y ventilación mecánica prolongada.⁴

En los familiares, el principal factor de riesgo de síndrome pos-UCI es la falta de comunicación o la mala comunicación por parte del equipo de salud. También contribuyen la exclusión en las decisiones sobre el paciente, las visitas restringidas o limitadas, la imposibilidad de tener contacto físico o verbal, y no poder

acompañar en el momento del fallecimiento, generando altos niveles de angustia, ansiedad y depresión.^{5,6} Para prevenir el síndrome pos-UCI y el síndrome pos-UCI familiar se han propuesto dos paquetes de medidas. Uno de los enfoques más reconocidos es el **paquete ABCDEF**, que integra prácticas centradas en el control del dolor, el uso racional de sedación, la prevención y el manejo del delirium, la movilización temprana y la participación activa de la familia. Este paquete propone evaluar y tratar precozmente el dolor, promover el despertar y el destete del respirador mecánico mediante sedación ligera o nula, seleccionar analgésicos y sedantes de manera individualizada evitando las benzodiazepinas, prevenir el delirium priorizando medidas no farmacológicas, movilizar precozmente a los pacientes para evitar la atrofia muscular, y fomentar la presencia de la familia como parte activa del cuidado, favoreciendo así la recuperación física y emocional.

El otro paquete de medidas propuesto es el **GHIRN** que incorpora estrategias complementarias que apuntan a humanizar la UCI y reducir el impacto emocional del paciente crítico. Incluye mejorar la comunicación con pacientes intubados mediante recursos gestuales, visuales o escritos; ofrecer cuidados holísticos, incorporando elementos personales, música, fotografías y videollamadas; rediseñar los espacios para que sean menos hostiles, con luz natural, menos ruido y elementos de orientación; optimizar la interacción con el respirador evitando la sedación innecesaria, favoreciendo la movilidad precoz y ajustando modos ventilatorios según la tolerancia; y garantizar una nutrición adecuada y precoz para minimizar la debilidad adquirida en la UCI. Este paquete propone un abordaje integral, personalizado y centrado en el bienestar emocional y físico del paciente y su entorno.

Objetivos de aprendizaje

- Reconocer las principales secuelas físicas, cognitivas y emocionales que componen el síndrome pos-UCI y su impacto en la calidad de vida de los pacientes y sus familias.
- Identificar los factores de riesgo asociados al desarrollo del síndrome pos-UCI y el síndrome pos-UCI familiar, tanto en adultos como en la población pediátrica, y comprender la importancia de su prevención precoz.
- Describir los paquetes de medidas preventivas (ABCDEF y GHIRN) aplicables durante la internación en la UCI para minimizar las secuelas del síndrome pos-UCI.
- Conocer las estrategias de intervención transdisciplinarias en el abordaje integral pos-UCI, incluyendo los aportes específicos de fonoaudiología, kinesioterapia, musicoterapia, psicología y terapia ocupacional.
- Valorar la importancia de un enfoque humanizado, continuo y centrado en la persona y su entorno en el proceso de recuperación pos-UCI, promoviendo la articulación transdisciplinaria desde la internación hasta la reintegración social.

Consideraciones en Pediatría

Si bien gran parte de la evidencia y los programas de seguimiento pos-UCI han sido desarrollados en la población adulta; en los últimos años, se ha reconocido la existencia de un síndrome pos-UCI pediátrico, que tiene características particulares por las diferencias biológicas, cognitivas, emocionales y sociales propias de la infancia. Esta entidad, aunque comparte algunos aspectos con el síndrome pos-UCI de adultos, requiere una mirada adaptada a la diversidad etaria y al contexto familiar que rodea a niños y niñas internados en la UCI.

El síndrome pos-UCI pediátrico se manifiesta por disfunciones físicas, cognitivas, emocionales y sociales que pueden comenzar a evidenciarse desde las primeras 48 horas de internación y prolongarse tras el alta hospitalaria.^{7,8} Factores, como el dolor, el uso de sedación prolongada, el delirium, la falta de movilización precoz y la separación del entorno afectivo, son determinantes para su desarrollo.^{9,10} Además, los niños experimentan y procesan el dolor, el estrés y los procedimientos médicos⁹ de forma distinta de la de los adultos, lo que condiciona no solo su recuperación física, sino también su desarrollo neurológico, conductual y emocional a largo plazo. Los recuerdos delirantes, presentes hasta en un 32% de las experiencias en las UCI pediátricas, están significativamente asociados con un mayor riesgo de desarrollar síndrome de estrés postraumático.⁸

Estrategias interdisciplinarias

El manejo de las secuelas físicas, cognitivas y emocionales en los pacientes que superan una internación

en la UCI, especialmente aquellos que desarrollan el síndrome pos-UCI, requiere un enfoque **transdisciplinario**, donde los diferentes profesionales de la salud actúan de manera integrada, compartiendo saberes, objetivos y estrategias en función de las necesidades del paciente. Este abordaje hace posible obtener una visión global de la persona, potenciando la recuperación funcional, emocional y social, y favoreciendo una transición más segura y efectiva hacia la vida fuera del ámbito hospitalario.

A continuación, se describen las intervenciones propuestas desde cada una de estas disciplinas, destacando su aporte en la recuperación integral de los pacientes con síndrome pos-UCI y el trabajo articulado que permite optimizar los resultados en el período pos-UCI.

Alteraciones de la deglución y la comunicación en el síndrome pos-UCI: el rol de la fonoaudiología durante y después de la UCI

Las manifestaciones físicas frecuentes del síndrome pos-UCI son: debilidad muscular, compromiso respiratorio, y disfunciones laríngeas y neuromotoras, que impactan en funciones vitales, como la deglución y la comunicación.¹¹ En este contexto, la intervención fonoaudiológica resulta esencial para la prevención, la detección y el tratamiento de estas alteraciones, tanto durante la internación como después de ella.¹²

La deglución es una función neuromuscular compleja que integra múltiples estructuras y vías. En los pacientes críticos, ciertos factores, como daño neurológico, miopatía, traumatismo laríngeo por intubación prolongada, disminución de la sensibilidad orofaríngea y alteraciones del nivel de conciencia, predisponen a la disfagia orofaríngea, con riesgo de desnutrición, aspiración y complicaciones respiratorias.¹³⁻¹⁵ Según algunos estudios, la prevalencia de lesiones laríngeas, disfonía y disfagia es alta en este grupo.¹⁶ La evaluación clínica permite identificar signos de disfagia y definir la necesidad de estudios instrumentales. El tratamiento puede incluir técnicas compensatorias, como estrategias posicionales y modificación de consistencias y técnicas de rehabilitación basadas en reentrenamiento muscular y neuroplasticidad, según el déficit.¹³

Por otro lado, las alteraciones de la comunicación representan un componente significativo del síndrome pos-UCI.¹¹ La disartria, la afasia y las limitaciones físicas asociadas a la intubación, la traqueotomía o la inmovilidad dificultan la expresión de necesidades y emociones, generando frustración y aislamiento. La Comunicación Aumentativa y Alternativa se convierte en una herramienta indispensable, que abarca desde tableros y pictogramas hasta dispositivos electrónicos, adaptados al perfil funcional del paciente.¹⁶ Estas intervenciones no solo facilitan la interacción con el entorno, sino que también favorecen la autorregulación, la orientación y el bienestar emocional.¹⁷

En pacientes con traqueostomías, el abordaje fonoaudiológico incluye la evaluación y el manejo del balón de traqueostomía y la indicación de válvulas fonatorias, estas estrategias mejoran la deglución, la comunicación y reducen los tiempos de estancia en la UCI.¹³ Restablecer el flujo aéreo laringofaríngeo y la presión subglótica mediante estas intervenciones es clave para reducir secuelas y optimizar la evolución.¹⁸ Una vez fuera de la UCI, el acompañamiento fonoaudiológico continúa siendo indispensable. El seguimiento en centros de rehabilitación o ambulatorio permite evaluar la evolución de la deglución y la comunicación, adaptar planes terapéuticos e intervenir sobre secuelas persistentes que afectan la nutrición, la autonomía y los vínculos sociales.^{11,12}

En conclusión, el síndrome pos-UCI genera alteraciones frecuentes en la deglución y la comunicación que requieren abordaje fonoaudiológico oportuno y sostenido. La intervención desde la UCI y su continuidad después del alta permiten prevenir complicaciones, mejorar el pronóstico funcional y favorecer la calidad de vida de los pacientes.

Kinesiología en el abordaje integral del síndrome pos-UCI

La disfunción física es una de las secuelas más prevalentes y limitantes en los supervivientes de una enfermedad crítica. Si bien se ha demostrado una posibilidad de mejoría superior al 30% en pacientes sin compromiso neurológico primario ni comorbilidades severas, estos cambios suelen evidenciarse recién a partir de los 12-24 meses del alta hospitalaria.¹⁹⁻²¹ Pese a ello, diversos estudios coinciden en que una proporción significativa de pacientes no logra recuperar su nivel funcional previo, incluso tras un año de seguimiento, lo que condiciona su calidad de vida y autonomía.^{22,23}

La valoración kinésica tras el alta de la UCI debe ser integral y abarcar distintas dimensiones: fuerza muscular, capacidad aeróbica, funcionalidad y calidad de vida. Herramientas, como el puntaje del *Medical Research Council*, la prueba de marcha de 6 minutos, la Escala de Barthel y el cuestionario de salud SF-36, permiten cuantificar estos aspectos y guiar la intervención.²⁴⁻²⁶ En personas sanas, el entrenamiento de fuerza requiere, al menos, 2 o 3 sesiones semanales a intensidades superiores al 60% de 1RM para inducir adaptaciones neuromusculares, pero estas condiciones no son viables en la fase aguda ni en el período pos-UCI inmediato.²⁷⁻²⁹

Por ello, la prioridad kinésica, en este contexto, debe centrarse en la rehabilitación funcional y de actividades de la vida diaria por sobre los objetivos de fuerza analítica. La valoración de fuerza aporta información pronóstica y evolutiva, pero sus resultados deben siempre contextualizarse en la capacidad funcional del enfermo.²² En pacientes que responden órdenes simples (RASS \geq -2) y con la colaboración de la familia

o los cuidadores, se recomienda progresar desde decúbito supino hasta sedestación, bipedestación, marcha y actividades transferenciales, adaptando esta secuencia a la tolerancia individual y a la estabilidad hemodinámica y respiratoria.^{30,31}

La rehabilitación aeróbica debe iniciarse precozmente, priorizando los ejercicios de baja a moderada intensidad (40-60% de la frecuencia cardíaca máxima o escala de Borg 3-5) para mitigar la fatiga y la disfunción mitocondrial asociada al desacondicionamiento prolongado.^{32,33} Aunque el entrenamiento interválico de alta intensidad ha logrado mejoras en el $\text{VO}_2\text{máx}$ en sujetos seleccionados, su aplicabilidad en pacientes críticos sigue siendo limitada.³⁴ Por el contrario, intervenciones, como la caminata supervisada (basada en la prueba de 6 minutos) y el cicloergómetro de brazos y piernas, resultaron seguras y efectivas, generando mejoras significativas en la capacidad funcional y la calidad de vida tras 4-6 semanas de trabajo.³⁵

La progresión debe individualizarse, controlando parámetros, como saturación de oxígeno ($\geq 88\%$), estabilidad hemodinámica, ausencia de arritmias y niveles de fatiga (Borg ≤ 5).³⁶ La participación activa de la familia o los cuidadores favorece la adherencia, disminuye la ansiedad y mejora el vínculo terapéutico, reduciendo el miedo al movimiento y fomentando la continuidad del tratamiento en el ámbito domiciliario. En definitiva, un enfoque multimodal que combine ejercicio aeróbico, fortalecimiento progresivo y entrenamiento funcional, adaptado a la capacidad de cada paciente, resulta esencial para minimizar el impacto físico del síndrome pos-UCI, reducir complicaciones y mejorar la calidad de vida en el mediano y largo plazo.³⁷

Intervenciones desde la musicoterapia en personas con síndrome pos-UCI

En el abordaje integral de las secuelas posteriores a una internación en la UCI, la musicoterapia aporta beneficios en múltiples dimensiones. Como disciplina clínica basada en evidencia, utiliza la música y sus elementos (ritmo, melodía, armonía, timbre) en un contexto relacional para favorecer la rehabilitación física, cognitiva y emocional de las personas,^{38,39} lo que resulta especialmente relevante en quienes atravesaron una internación en una UCI.

Una revisión narrativa publicada en 2025 analizó intervenciones basadas en música para la rehabilitación tras el alta de la UCI,⁴⁰ y destaca mejoras en el bienestar psicológico y físico, que incluyen reducción del estrés, la ansiedad, los síntomas de trastorno de estrés postraumático, las alteraciones del estado de ánimo, los problemas de movimiento, los trastornos del sueño y el dolor.

Aunque la evidencia específica sobre el síndrome pos-UCI es incipiente, existen antecedentes clínicos y científicos que respaldan la incorporación de la mu-

sicoterapia en los programas de rehabilitación interdisciplinaria.

En relación con las alteraciones cognitivas, se han documentado estrategias efectivas para estimular funciones ejecutivas, la atención sostenida, la memoria y la orientación temporoespacial. Técnicas, como la evocación de canciones significativas, el canto melódico asistido y el trabajo con patrones rítmicos, integran estímulos auditivos, motores y simbólicos que favorecen la reorganización funcional del sistema nervioso central.^{41,42}

Respecto a las afecciones físicas, se desarrollan intervenciones dirigidas a la coordinación fono-respiratoria, al fortalecimiento del diafragma y los músculos laríngeos, así como a la rehabilitación del habla, funciones que suelen estar afectadas tras procesos de ventilación mecánica prolongada.^{42,43} Además, la colaboración interdisciplinaria con profesionales de kinesiología y terapia ocupacional permite trabajar sobre la movilidad funcional, el equilibrio y la calidad de vida en personas con afecciones neurológicas o secuelas motoras, mediante recursos, como el uso terapéutico de instrumentos musicales o la estimulación rítmica auditiva durante actividades de marcha y transferencia.⁴³

Desde lo psicológico, la musicoterapia favorece la expresión emocional, la regulación del estrés y el afrontamiento de situaciones traumáticas. A través de la escucha receptiva o la participación activa, la música se convierte en un recurso accesible y significativo para procesar vivencias asociadas a la internación en la UCI.^{44,45}

La implementación de musicoterapia durante la hospitalización permite actuar en la prevención y tratamiento del delirium, la estimulación sensorial y el manejo de síntomas comunes, como dolor, ansiedad, insomnio o estrés agudo.⁴⁶ Para esto, se emplean intervenciones receptivas individualizadas o selección musical personalizada.

La musicoterapia, es una terapia no farmacológica que, de forma integral aborda dimensiones físicas, cognitivas y emocionales. Promover su inclusión en los equipos interdisciplinarios resulta clave para contribuir a una atención centrada en la persona, integral y humanizada.

Intervenciones desde la psicología en personas con síndrome pos-UCI

La atención del síndrome pos-UCI no debe limitarse exclusivamente al período posterior al alta hospitalaria. La evidencia actual sostiene la importancia de implementar intervenciones psicológicas tempranas, iniciadas durante la estancia en la UCI, como estrategia eficaz para reducir el riesgo de secuelas emocionales persistentes.

En este sentido, la incorporación de profesionales de la psicología como integrantes activos de los equipos interdisciplinarios de cuidados críticos ad-

quiere un rol fundamental. Su participación permite la detección precoz de indicadores de sufrimiento psíquico, la realización de intervenciones focalizadas, el acompañamiento a personas significativas del entorno y la preparación emocional de quienes atraviesan los diferentes momentos del proceso de recuperación.

Dentro de este abordaje integral, la psicoeducación constituye una herramienta terapéutica relevante, dirigida tanto a pacientes como a sus entornos afectivos. Estas intervenciones incluyen la provisión de información estructurada acerca del síndrome pos-UCI y la enseñanza de estrategias de afrontamiento eficaces. El acompañamiento psicoeducativo sostenido, desde la internación hasta el alta médica, no solo disminuye el impacto psicológico de la experiencia crítica, sino que también favorece la adherencia al tratamiento y reduce la percepción de incertidumbre, reconocida como factor de riesgo para el desarrollo de trastornos de ansiedad.

Una vez que finaliza la internación, es esencial garantizar la continuidad del acompañamiento psicológico mediante dispositivos ambulatorios. En este punto, la entrevista clínica resulta una herramienta central para identificar signos de vulnerabilidad psíquica, considerando antecedentes personales, experiencias traumáticas previas o estilos de afrontamiento disfuncionales. Entre las intervenciones utilizadas con más frecuencia se encuentran el seguimiento clínico individual, el abordaje de síntomas de estrés postraumático mediante terapias basadas en evidencia, los espacios grupales de contención emocional y la promoción de redes de apoyo. Asimismo, la terapia de exposición narrativa ha tenido resultados alentadores en personas que presentan recuerdos vívidos, fragmentados o delirantes de su experiencia en cuidados intensivos. Esta técnica apunta a reorganizar dichos recuerdos a partir de la elaboración de un relato estructurado y coherente de los hechos traumáticos. Según Elliott et al., la inclusión de sesiones centradas en el relato de la experiencia crítica puede contribuir a disminuir la sintomatología asociada al trastorno de estrés postraumático, aunque aún se requieren más estudios controlados que evalúen su eficacia a largo plazo.⁴⁷

El objetivo general de la intervención psicológica es fortalecer la capacidad de afrontamiento de cada persona, asistiendo en la reorganización e integración de la experiencia vivida, reconociendo que, en muchos casos, la vida después de la UCI no recupera su curso habitual de manera inmediata.

Las condiciones atravesadas en la UCI también pueden propiciar la aparición de duelos complejos, prolongados o traumáticos, vinculados a múltiples factores: la irrupción inesperada de los hechos, la incertidumbre, la sensación de impotencia o la ausencia de información clara y oportuna. Estas situaciones pueden desorganizar el proceso de duelo, dificultan-

do su elaboración y afectando tanto a quien transita la internación como a su entorno cercano.

Por ello, resulta prioritario intervenir sosteniendo, conteniendo y validando emocionalmente lo vivido, trabajando junto a la persona y su red de apoyo en el autocuidado y en la activación de recursos saludables de afrontamiento, en contextos que permitan recuperar la sensación de control y seguridad.

Finalmente, los programas integrales de seguimiento pos-UCI han logrado beneficios consistentes. En estos dispositivos, profesionales de la psicología integran equipos interdisciplinarios que monitorean las secuelas físicas, emocionales y cognitivas. Geense et al.⁴⁸ sostienen que estos enfoques favorecen una recuperación integral y permiten la detección precoz de síntomas emocionales de gravedad. La incorporación sistemática de profesionales de la psicología se presenta, entonces, como una recomendación clave para el futuro de la atención pos-UCI.

Intervenciones de terapia ocupacional en personas con síndrome pos-UCI

La terapia ocupacional propone un abordaje integral y centrado en la persona, utilizando la ocupación como medio terapéutico para intervenir sobre las secuelas físicas, cognitivas y emocionales que pueden aparecer luego de una internación en cuidados intensivos. Este enfoque considera las necesidades, los intereses y las prioridades individuales, promoviendo la participación activa en actividades significativas de la vida diaria y favoreciendo la reintegración al entorno familiar, laboral, comunitario y social, con un impacto positivo en la calidad de vida y el bienestar general.^{37,49}

Desde la dimensión física, las personas pueden presentar debilidad muscular, fatiga, disnea y pérdida de la funcionalidad tras su estancia en la UCI. En este sentido, la terapia ocupacional trabaja en la recuperación de la fuerza, la movilidad y la independencia en las actividades de la vida diaria, a través de ejercicios terapéuticos y actividades ocupacionales dirigidas, incorporando adaptaciones y estrategias para conservar la energía y favorecer una recuperación gradual y funcional.^{37,49,50} Para guiar y evaluar el proceso, se emplean herramientas estandarizadas, como la Medida de Independencia Funcional (*Functional Independence Measure*), el Índice de Katz y la Escala de Lawton y Brody, que permiten identificar limitaciones funcionales y definir intervenciones personalizadas, centradas en la funcionalidad y los objetivos de cada persona.

En relación con la dimensión cognitiva, muchas personas tienen dificultades en áreas, como memoria, atención y funciones ejecutivas, y esto interfiere en su desempeño cotidiano. La intervención se orienta a estimular y rehabilitar estas funciones mediante actividades específicas, promoviendo la concentración, la memoria operativa, la toma de decisiones y la planificación de tareas. Además, se implementan

estrategias compensatorias que permitan optimizar el desempeño y favorecer la autonomía en el día a día.^{51,52} En este campo, se suele utilizar la herramienta *Montreal Cognitive Assessment*, útil para la detección temprana de alteraciones cognitivas después de la internación.

Desde la dimensión emocional, pueden manifestarse síntomas de ansiedad, depresión, estrés posttraumático y trastornos del sueño, que impactan tanto en la recuperación física como en la readaptación a las rutinas previas. La terapia ocupacional promueve el bienestar emocional mediante la participación en actividades significativas que favorecen la expresión emocional, la reconstrucción de la identidad ocupacional y el desarrollo de estrategias de afrontamiento positivas. También, se aborda el impacto emocional que atraviesan las personas cercanas, promoviendo recursos de apoyo emocional y fortaleciendo los vínculos sociales.^{53,54}

La intervención temprana de terapia ocupacional en la UCI, integrada a un abordaje interdisciplinario, resulta fundamental para prevenir las secuelas del síndrome pos-UCI y sus consecuencias a largo plazo. Este enfoque permite actuar desde las etapas iniciales del proceso de recuperación, favoreciendo la mejora de la independencia funcional, reduciendo los tiempos de hospitalización y facilitando una reintegración más efectiva a los entornos significativos. Según Liu et al., el ejercicio terapéutico estructurado desde la UCI hasta el alta contribuye, de manera significativa, a estos resultados.^{50,55} Por su parte, Herbst et al. destacan el valor de los equipos interdisciplinarios para alcanzar procesos de rehabilitación más completos y eficaces.^{11,56} Este modelo, centrado en la persona, no solo optimiza la calidad de vida de quienes son dados de alta de una UCI, sino también la de su entorno cercano, consolidando un proceso de recuperación más humano, sostenible y participativo.

Conclusiones

El síndrome pos-UCI constituye una problemática compleja, con secuelas físicas, emocionales y cognitivas que se manifiestan desde la internación en la UCI y persisten tras el alta hospitalaria.

Como se desarrolló a lo largo de este trabajo, la atención de estas personas requiere de un abordaje **transdisciplinario**, en el que los saberes de diferentes disciplinas no se suman de manera fragmentada, sino que se articulan y se integran en un modelo de cuidado centrado en la persona y su contexto.

Cada profesional aporta conocimientos y estrategias desde su campo, pero en diálogo permanente con el resto del equipo y con la persona atendida, construyendo intervenciones compartidas, flexibles y adaptadas a las necesidades reales y cambiantes de cada caso. Desde la **kinesiología**, la **fonoaudiología**, la **musicoterapia**, la **psicología** y la **terapia ocupacional**, se abordan, de manera conjunta, las múltiples

dimensiones que afectan a las personas tras su paso por una UCI, buscando no solo reducir secuelas, sino también favorecer la recuperación de su proyecto de vida, su autonomía, su bienestar emocional y su participación social.

Este modelo de trabajo permite reconocer que, en el momento del alta, no salen personas sanas, sino personas vulnerables que continúan necesitando de sus familias, de su entorno y de un sistema de salud preparado para acompañar y sostener su recuperación integral. La continuidad de los cuidados y la disponibilidad de dispositivos de seguimiento pos-UCI son fundamentales para disminuir las secuelas, mejorar la calidad de vida y garantizar una verdadera reintegración a las actividades significativas y a la comunidad. La perspectiva **transdisciplinaria** no solo es una necesidad clínica, sino también una responsabilidad ética y social, que posiciona a la persona y sus derechos en el centro de la atención en salud.

Conceptos clave

- El síndrome pos-UCI es un cuadro frecuente que afecta la recuperación física, cognitiva y emocional de quienes son dados de alta de la UCI.
- Un abordaje transdisciplinario e individualizado resulta fundamental para el diagnóstico temprano y el tratamiento efectivo del síndrome pos-UCI.
- La rehabilitación física debe iniciarse en forma precoz, idealmente durante la internación, y continuar, de manera estructurada, tras el alta.
- La salud mental y la función cognitiva requieren un seguimiento específico, con intervenciones que incluyan estrategias de estimulación y apoyo psicoemocional.
- La educación a la persona y su entorno, junto con una red articulada de cuidados, favorece la adherencia al tratamiento y mejora los resultados a largo plazo.

Referencias bibliográficas

- Giménez-Esparza C, Relucio MÁ, Nanwani-Nanwani KL, Añón JM. Impact of patient safety on outcomes. From prevention to the treatment of post-intensive care syndrome. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2025;49(4):224-36. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2024.04.008>
- Schmidt M, Azoulay E. Having a loved one in the ICU: the forgotten family. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18(5):540-7. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e31828357f141>
- Li H, Howard AF, Lynch K, Chu J, Haljan G. Exploring the landscape of social and economic factors in critical illness survivorship: A scoping review. *Crit Care Explor*. 2025;7(2):e1208. <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000001208>
- Lee M, Kang J, Jeong YJ. Risk factors for post-intensive care syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Aust Crit Care*. 2020;33(3):287-94. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2019.10.004>
- Vercelles AC, Corwin DS, Afshar M, Friedman EB, McCurdy MT, Shanholtz C, et al. Half of the family members of critically ill patients experience excessive daytime sleepiness. *Intensive Care Med*. 2014;40(8):1124-31. <https://doi.org/10.1007/s00134-014-3347-z>
- McAdam JL, Dracup KA, White DB, Fontaine DK, Puntillo KA. Symptom experiences of family members of intensive care unit patients at high risk for dying. *Crit Care Med*. 2010;38(4):1078-85. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181cf6d94>
- Colville G, Kerry S, Pierce C. Children's factual and delusional memories of intensive care. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;177(9):976-82. <https://doi.org/10.1164/rccm.200706-857OC>
- Watson RS, Choong K, Colville G, Crow S, Dervan LA, Hopkins RO, et al. Life after critical illness in children-Toward an understanding of pediatric post-intensive care syndrome. *J Pediatr*. 2018;198:16-24. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.12.084>
- Manning JC, Pinto NP, Rennick JE, Colville G, Curley MAQ. Conceptualizing post-intensive care syndrome in children-The PICS-p framework. *Pediatr Crit Care Med*. 2018;19(4):298-300. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000001476>
- Toobe M. [Post-intensive care syndrome in pediatrics]. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Cordoba*. 2021;78(4):408-14. [En español] <https://doi.org/10.31053/1853.0605.v78.n4.32809>
- Herbst NP, Danesh V, Lewis A, Sevin CM. Multidisciplinary team approaches to assessing and addressing post intensive care syndrome. *Crit Care Clin*. 2025;41(1):157-70. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2024.07.002>
- Renner C, Jeitziner MM, Albert M, Brinkmann S, Diserens K, Dzialowski I, et al. Guideline on multimodal rehabilitation for patients with post-intensive care syndrome. *Crit Care*. 2023;27(1):301. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04569-5>
- Frost N, Yuan G, Zhang J, Rickard A, McGee E, DiMattia M, et al. Speech language pathology in the Neurocritical Care Unit. *Curr Treat Op Neurol*. 2023;25(11):499-516. <https://doi.org/10.1007/s11940-023-00777-0>
- Schröder JB, Glahn J, Dziewas R. ICU-related dysphagia. *Epidemiology, pathophysiology, diagnostics and treatment. ICU Management*. 2015;15(3):108-111. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303523537_ICU-RELATED_DYSPHAGIA_EPIDEMIOLOGY_PATHOPHYSIOLOGY_DIAGNOSTICS_AND_TREATMENT
- Macht M, Wimbish T, Bodine C, Moss M. ICU-Acquired swallowing disorders. *Crit Care Med* 2013;41(10):2396. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31829caf33>
- Intensive Care Society. Guidelines for the Provision of Intensive Care Services 2022. Disponible en: <https://www.ficm.ac.uk/standards/guidelines-for-the-provision-of-intensive-care-services>
- Davancens A, Baigorri C, Albeverio M, Sabena RÁ, Guarriello MF, Mantiñan N, et al. Manejo fonaudiológico en pacientes críticos crónicos con traqueostomía: un enfoque sistematizado. *Rev Arg de Ter Int*. 2024;41. Disponible en: <https://revista.sati.org.ar/index.php/MI/article/view/897>
- Wallace S, McGrath BA. Laryngeal complications after tracheal intubation and tracheostomy. *BJA Educ*. 2021;21(7):250-7. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2021.02.005>
- Fan E, Dowdy DW, Colantuoni E, Mendez-Tellez PA, Sevransky JE, Shanholtz C, et al. Physical complications in acute lung injury survivors: a two-year longitudinal prospective study. *Crit Care Med*. 2014;42(4):849-59. <https://doi.org/10.1097/CCM.000000000000040>
- Fletcher SN, Kennedy DD, Ghosh IR, Misra VP, Kiff K, Coakley JH, et al. Persistent neuromuscular and neurophysiologic abnormalities in long-term survivors of prolonged critical illness. *Crit Care Med*. 2003;31(4):1012-6. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000053651.38421.D9>
- Hermans G, Van Mechelen H, Clerckx B, Vanhullebusch T, Mesotten D, Wilmer A, et al. Acute outcomes and 1-year

- mortality of intensive care unit-acquired weakness. A cohort study and propensity-matched analysis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;190(4):410-20. <https://doi.org/10.1164/rccm.201312-2257OC>
22. Bertozzi M, Cagide S, Di Giorgio V, Villalba D, Accoce M. Evolución y seguimiento de la calidad de vida, capacidad funcional y cognitiva en pacientes admitidos en una sala de hospitalización general, postinternación en Unidad de Cuidados Intensivos. Estudio descriptivo. *Acta Colomb Cuid Intensivo.* 2023;23(1):28-37. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2022.08.004>
 23. Robinson CC, Rosa RG, Kochhann R, Schneider D, Sganzerla D, Dietrich C, et al. Quality of life after intensive care unit: a multicenter cohort study protocol for assessment of long-term outcomes among intensive care survivors in Brazil. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2018;30(4):405-13. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20180063>
 24. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: The Barthel index. *State Med J.* 1965;14:61-5. PMID: 14258950
 25. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111-7. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.166.1.at1102>
 26. Michalos AC. Connecting the quality of life theory to health, well-being and education: The selected works of Alex C. Michalos. New York: Springer; 2017 p. 425.
 27. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 2007;37(2):145-68. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>
 28. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2016;46(11):1689-97. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>
 29. Google Books [Internet]. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Disponible en: https://books.google.com/books/about/ACSM_s_Guidelines_for_Exercise_Testing_a.html?id=llk_EQAAQBAJ
 30. Hodgson CL, Stiller K, Needham DM, Tipping CJ, Harrold M, Baldwin CE, et al. Expert consensus and recommendations on safety criteria for active mobilization of mechanically ventilated critically ill adults. *Crit Care.* 2014;18(6):658. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0658-y>
 31. Hermans G, Van den Berghe G. Clinical review: intensive care unit acquired weakness. *Crit Care.* 2015;19(1):274. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0993-7>
 32. Hodgson CL, Capell E, Tipping CJ. Early mobilization of patients in intensive care: Organization, communication and safety factors that influence translation into clinical practice. *Crit Care.* 2018;22(1):77. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-1998-9>
 33. Mehlhorn J, Freytag A, Schmidt K, Brunkhorst FM, Graf J, Troitzsch U, et al. Rehabilitation interventions for postintensive care syndrome: a systematic review. *Crit Care Med.* 2014;42(5):1263-71. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000148>
 34. Connolly B, Thompson A, Douiri A, Moxham J, Hart N. Exercise-based rehabilitation after hospital discharge for survivors of critical illness with intensive care unit-acquired weakness: A pilot feasibility trial. *J Crit Care.* 2015;30(3):589-98. <https://doi.org/10.1016/j.jcrr.2015.02.002>
 35. Tonguino-Rosero S, Wilches-Luna EC, Escobar-Duran N, Castillo-Vergara JJ. Impacto de 6 semanas de rehabilitación cardiaca en la capacidad funcional y en la calidad de vida de pacientes con enfermedades cardiovasculares. *Rehabilitación.* 2014;48(4):204-9. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2014.05.002>
 36. Perme C, Nawa RK, Winkelman C, Masud F. A tool to assess mobility status in critically ill patients: the Perme Intensive Care Unit Mobility Score. *Methodist Debaque Cardiovasc J.* 2014;10(1):41-9. <https://doi.org/10.14797/mdcj-10-1-41>
 37. Needham DM, Davidson J, Cohen H, Hopkins RO, Weinert C, Wunsch H, et al. Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit: report from a stakeholders' conference. *Crit Care Med.* 2012;40(2):502-9. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318232da75>
 38. Thaut MH, Hömberg V. *Handbook of Neurologic Music Therapy.* Oxford, NY: Oxford University Press; 2025, p. 465.
 39. Axon R, Herman K, Gell J. Book review: Michael H. Thaut and Volker Hoemberg (eds). *Handbook of Neurologic Music Therapy.* *Br J Music Ther.* 2018;32(2). <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1359457518803599>
 40. Meghani S, Frishkopf M, Park T, Montgomery CL, Norris C, Papathanassoglou E. Music-based interventions and theoretical mechanisms in post-ICU survivors: A critical narrative synthesis. *Intensive Crit Care Nurs.* 2025;86:103777. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2024.103777>
 41. Thaut MH, Gardiner JC, Holmberg D, Horwitz J, Kent L, Andrews G, et al. Neurologic music therapy improves executive function and emotional adjustment in traumatic brain injury rehabilitation. *Ann N Y Acad Sci.* 2009;1169:406-16. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04585.x>
 42. Post MWM. Definitions of quality of life: what has happened and how to move on. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2014;20(3):167-80. <https://doi.org/10.1310/sci2003-167>
 43. Aymond M, Sanders M. Collaboration of music therapy and physical therapy: A case study for treatment of a patient with chronic stroke. University of North Dakota; 2018 Disponible en: <https://commons.und.edu/pt-grad/652>
 44. Chlan LL, Weinert CR, Heiderscheit A, Tracy MF, Skaar DJ, Guttormson JL, et al. Effects of patient-directed music intervention on anxiety and sedative exposure in critically ill patients receiving mechanical ventilatory support: a randomized clinical trial. *JAMA.* 2013;309(22):2335-44. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.5670>
 45. Hole J, Hirsch M, Ball E, Meads C. Music as an aid for postoperative recovery in adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2015;386(10004):1659-71. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60169-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60169-6)
 46. Devroey M, Orbegozo Cortes D, Gaspard N, Foucart J, Preiser JC, Taccone FS. The effects of hypnosis and music intervention on comfort and anxiety during weaning from mechanical ventilation: A pilot study. *J Crit Care.* 2025;87:155044. <https://doi.org/10.1016/j.jcrr.2025.155044>
 47. Elliott D, Davidson JE, Harvey MA, Bemis-Dougherty A, Hopkins RO, Iwashyna TJ, et al. Exploring the scope of post-intensive care syndrome therapy and care: engagement of non-critical care providers and survivors in a second stakeholders meeting. *Crit Care Med.* 2014;42(12):2518-26. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000525>
 48. Geense WW, Zegers M, Peters MAA, Ewalds E, Simons KS, Vermeulen H, et al. New physical, mental, and cognitive problems 1 year after ICU admission: A prospective multicenter study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021;203(12):1512-21. <https://doi.org/10.1164/rccm.202009-3381OC>
 49. Pohlman MC, Schweickert WD, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbrook CL, et al. Feasibility of physical and occupational therapy beginning from initiation of mechanical ventilation. *Crit Care Med.* 2010;38(11):2089. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181f270c3>
 50. Held N, Moss M. Optimizing post-intensive care unit rehabilitation. *Turk Thorac J.* 2019;20(2):147-52. <https://doi.org/10.5152/TurkThoracJ.2018.18172>

51. Denehy L, Elliott D. Strategies for post ICU rehabilitation. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18(5):503. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e328357f064>
52. Ohtake PJ, Coffey Scott J, Hinman RS, Lee AC, Smith JM. Impairments, activity limitations and participation restrictions experienced in the first year following a critical illness: protocol for a systematic review. *BMJ Open*. 2017;7(1):e013847. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013847>
53. Abreu BC, Toglia JP. Cognitive rehabilitation: a model for occupational therapy. *Am J Occup Ther*. 1987;41(7):439-48. <https://doi.org/10.5014/ajot.41.7.439>
54. Costigan FA, Duffett M, Harris JE, Baptiste S, Kho ME. Occupational therapy in the ICU: A scoping review of 221 documents. *Crit Care Med*. 2019;47(12):e1014-21. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003999>
55. Liu K, Tronstad O, Flaws D, Churchill L, Jones AYM, Nakamura K, et al. From bedside to recovery: exercise therapy for prevention of post-intensive care syndrome. *J Intensive Care*. 2024;12(1):11. <https://doi.org/10.1186/s40560-024-00724-4>
56. Watanabe S, Hirasawa J, Naito Y, Mizutani M, Uemura A, Nishimura S, et al. Association between the early mobilization of mechanically ventilated patients and independence in activities of daily living at hospital discharge. *Sci Rep*. 2023;13(1):4265. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31459-1>

.....

EDUCACIÓN Y DESARROLLO PROFESIONAL EN MEDICINA INTENSIVA

Innovación en la formación de intensivistas: simulación clínica y nuevas metodologías para la enseñanza en cuidados críticos

DRA. ADRIANA C. BORDOGNA, DR. DANIEL ORQUEDA, DRA. GLADYS PALACIO, DRA. NORMA B. RAÚL

Introducción

La formación de profesionales de la salud que se desempeñan en entornos de alta complejidad, como las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), plantea desafíos significativos y crecientes.¹ Las condiciones críticas, la necesidad de toma de decisiones rápidas, la elevada carga emocional, la constante incorporación de tecnología avanzada y la aplicación de protocolos asistenciales cada vez más sofisticados, aumentan el riesgo inherente de error clínico.² Ante esta realidad, se vuelve indispensable una formación continua, rigurosa y eficaz que prepare a los profesionales no solo en competencias técnicas, sino también en habilidades cognitivas, comunicacionales y de trabajo en equipo.³ Esto implica una necesidad imperativa de repensar los modelos pedagógicos tradicionales y adoptar enfoques innovadores que prioricen tanto la seguridad del paciente como la del aprendiz.⁴

En este contexto, la simulación clínica emerge y se consolida como una estrategia educativa transformadora e integral que articula el conocimiento científico con el entrenamiento en factores humanos. A través de escenarios seguros y controlados, permite a los profesionales de la salud entrenar habilidades, tomar decisiones y reflexionar críticamente sobre su desempeño, sin poner en riesgo al paciente.⁵ Su incorporación progresiva en programas de formación de grado, posgrado y desarrollo profesional continuo representa una oportunidad clave para mejorar la calidad del cuidado en contextos de alta complejidad.^{6,7}

Objetivos de aprendizaje

- Comprender los fundamentos teóricos que sustentan la simulación clínica como estrategia educativa en salud.
- Analizar su aplicación en contextos de alta complejidad, con énfasis en el desarrollo de habilidades técnicas y no técnicas.
- Reconocer el rol del docente como facilitador del aprendizaje y la relevancia del *debriefing*.

- Valorar el aporte de las tecnologías emergentes en la evolución de la simulación clínica.

¿Qué es la simulación clínica?

Es una estrategia de enseñanza–aprendizaje que utiliza recursos tecnológicos y escenarios controlados para recrear situaciones clínicas realistas, con el fin de promover la adquisición de conocimientos, habilidades técnicas y competencias interpersonales en un entorno seguro.^{2,3} La simulación clínica es una técnica educativa que complementa las experiencias reales con experiencias guiadas que evocan o replican aspectos sustanciales del mundo real de una manera totalmente interactiva.⁴ Constituye una mediación docente entre el aula de clase y el entorno de la práctica clínica. **La simulación permite a los profesionales de la salud entrenar habilidades, tomar decisiones y reflexionar críticamente sobre su desempeño, sin poner en riesgo al paciente.**⁸

En la Tabla, se enumeran las características esenciales y los beneficios de la simulación clínica.⁸

Fundamentos teóricos del aprendizaje en simulación clínica

La simulación clínica se sustenta en una base teórica sólida, con anclaje en las teorías del aprendizaje del adulto, la psicología cognitiva, el aprendizaje experiencial y el aprendizaje emocional. La educación basada en simulación se fundamenta especialmente en las teorías del aprendizaje del adulto, tal como lo describe Knowles (1980). Este paradigma reconoce al estudiante como agente activo en su proceso formativo, con necesidades específicas de aprendizaje significativo, aplicable e inmediatamente relevante.^{8,9} La simulación responde a estas demandas al permitir la construcción de modelos mentales tanto individuales como compartidos, y al fomentar la metacognición y el pensamiento crítico.¹⁰

Particularmente, la teoría del aprendizaje experiencial de David Kolb sostiene que el conocimiento se cons-

TABLA
Características esenciales y beneficios de la simulación clínica

| Características/Beneficios | Descripción |
|--|--|
| Entorno seguro y realista | Entrenamiento sin comprometer la seguridad de los pacientes ni los profesionales |
| Desarrollo de habilidades técnicas y clínicas complejas | Adquisición e integración de conocimientos, habilidades técnicas y competencias clínicas |
| Estimulación del juicio clínico y el pensamiento crítico | Favorece el análisis y la toma de decisiones en contextos simulados |
| Mejora del aprendizaje | Mayor retención del conocimiento y aceleración de la curva de aprendizaje frente a métodos tradicionales |
| Aprendizaje a partir del error | Espacio protegido para equivocarse, reflexionar y mejorar |
| Fomento del trabajo en equipo y la comunicación | Mejora de habilidades no técnicas mediante dinámicas interprofesionales |
| Promoción de la seguridad del paciente | Refuerzo de conductas seguras centradas en la atención de calidad |

truye a partir de la experiencia directa, seguida por la reflexión crítica, la conceptualización abstracta y la aplicación activa.¹¹ La simulación facilita este ciclo al ofrecer escenarios clínicos contextualizados que promueven la toma de decisiones, la resolución de problemas y la aplicación de conocimientos en tiempo real. La Teoría del Aprendizaje Situado, propuesta por Jean Lave y Etienne Wenger, sostiene que el aprendizaje es un proceso social que ocurre mediante la participación activa en comunidades de práctica.¹⁰ En el ámbito de la simulación clínica, esta teoría respalda la idea de que los entornos simulados, al replicar situaciones reales y fomentar la colaboración entre profesionales, facilitan un aprendizaje más profundo y contextualizado.

La intensidad emocional que acompaña a las experiencias simuladas actúa como un potente estímulo motivacional, facilitando la consolidación y la retención del conocimiento y su posterior transferencia a la práctica clínica real.¹⁰

La práctica deliberada, conceptualizada por K. Anders Ericsson, es reconocida como un enfoque fundamental para la adquisición y el mantenimiento de habilidades clínicas expertas. Este método se centra en la repetición intencional de tareas específicas, acompañada de retroalimentación inmediata y reflexión crítica, permitiendo a los profesionales de la salud mejorar continuamente su desempeño. Implica diseñar actividades con objetivos de aprendizaje claros, establecer métricas de desempeño específicas y proporcionar retroalimentación constructiva.¹²

Desde el punto de vista pedagógico, la simulación permite abordar los distintos dominios de la taxonomía de Bloom en su versión revisada: el cognitivo (adqui-

sición y aplicación de conocimientos), el psicomotor (desarrollo de habilidades manuales y procedimentales), el afectivo (actitudes, valores y emociones) y el conductual (trabajo en equipo, liderazgo, comunicación). La progresión del aprendizaje en cada dominio está interrelacionada, y el logro de niveles superiores requiere de una base sólida en los niveles previos.¹³

La reflexión crítica sobre la experiencia vivida permite identificar errores, debilidades conceptuales y oportunidades de mejora, convirtiéndose en una herramienta clave para el desarrollo profesional continuo.¹⁴

El rol transformador del docente y la formación de formadores

La implementación de la simulación implica una transformación profunda en el rol del docente, que pasa de ser un instructor tradicional a un facilitador del aprendizaje activo.¹⁵ Este nuevo rol requiere competencias específicas que trascienden la mera impartición de contenidos, que incluyen el diseño de escenarios realistas, la conducción efectiva de sesiones de simulación, habilidades de observación aguda y, especialmente, la destreza para realizar *debriefings* estructurados y reflexivos. El facilitador debe fomentar experiencias que promuevan la participación activa, la reflexión crítica y el análisis de errores, elementos esenciales en el proceso formativo centrado en el aprendizaje del adulto.¹⁴ **Un instructor competente fomenta y favorece la interacción y el desarrollo del pensamiento crítico.**¹⁶ Para lograrlo, requiere habilidades, como empatía, escucha activa y una sólida capacidad argumentativa, fundamentales para conducir, de manera efectiva, el *debriefing*.¹⁷ La calidad de

la enseñanza mediante simulación clínica depende, en gran medida, de la formación y competencia del facilitador, quien desempeña un papel central en la construcción del aprendizaje significativo en entornos clínicos simulados.¹⁸

La formación de formadores se vuelve fundamental. No basta con disponer de tecnología avanzada; se requiere de docentes capacitados en metodologías activas, con dominio tanto de los contenidos clínicos como de los procesos pedagógicos de la simulación.¹⁹ La profesionalización de la docencia en simulación es clave para garantizar la calidad del proceso formativo y su impacto en los resultados de aprendizaje y la seguridad del paciente.²⁰

La creación de programas formativos para instructores en simulación resulta clave para garantizar la calidad educativa y la sostenibilidad de esta estrategia en el tiempo. Estos programas deben incluir el desarrollo de habilidades para el diseño de escenarios, la conducción de sesiones, la observación estructurada, y particularmente, la aplicación de técnicas de reflexión estructurada, como el *debriefing*.²¹ Para asegurar la calidad, los centros de simulación deben contar con estándares e indicadores de calidad de formación, más allá de solo poseer equipos costosos.²² Finalmente, la preparación del docente debe considerarse una dimensión curricular clave, incorporada en la formación inicial y continua de los profesionales de la salud.²³

El modelo SimZones de Roussin y Weinstock

El modelo SimZones, descrito por Roussin y Weinstock, es una estrategia que permite organizar la simulación en función de los objetivos, los destinatarios y la formación del facilitador.²⁴ Este modelo brinda la posibilidad de emplear distintos enfoques de la simulación según las metas de aprendizaje y el público al que va dirigido. Las simulaciones pueden estar diseñadas para transitar entre zonas, por ejemplo, pasar de simulaciones de zona 1 a zona 3. Este modelo permite planificar actividades formativas adaptadas al nivel de exposición deseado, favoreciendo una integración gradual y segura.

Las fuentes describen cinco zonas principales en el modelo SimZones:

- **Zona 0:** corresponde al autoaprendizaje no guiado con recursos tecnológicos. Su objetivo principal es el entrenamiento individual de habilidades. No se requiere un facilitador. Algunos ejemplos son: maniqués de habilidades, simuladores virtuales autónomos, programas de soporte ventilatorio, de arritmias, de ecocardiografía o de soporte vital básico.
- **Zona 1:** implica enseñanza guiada con retroalimentación directa. El objetivo principal es el desarrollo de habilidades técnicas. Requiere un instructor. Por ejemplo, talleres de procedimientos, estaciones de habilidades (como manejo de vía

aérea, habilidades respiratorias, cardiovasculares, accesos vasculares).

- **Zona 2:** incluye simulación con escenarios completos y *debriefing* estructurado. El objetivo principal es la integración de habilidades técnicas y no técnicas. Requiere un facilitador entrenado en *debriefing* o retroalimentación. Algunos ejemplos son: escenarios de alta fidelidad con equipos interprofesionales, entrenamiento en situaciones críticas (respiratorias, cardiovasculares, como shock o ECMO, politraumatismo) y habilidades comunicacionales (informe médico, examen físico con paciente simulado).
- **Zona 3:** se orienta a sistemas y cultura organizacional. El objetivo principal es la mejora de procesos, seguridad y trabajo en equipo. Requiere un facilitador entrenado en *debriefing*. Ejemplos son simulaciones *in situ*, análisis de eventos centinela, comunicación de malas noticias, traspaso de pacientes/cambio de guardia y manejo de recursos en crisis donde se ponen en juego liderazgo, comunicación, conciencia situacional y distribución de tareas.
- **Zona 4:** reflexión acerca de eventos reales guiados por un facilitador entrenado en *debriefing*. Ejemplos son *debriefing* pos-RCP o ante una situación que tuvo resultados positivos.

En las UCI, donde el entorno es altamente complejo y dinámico, la simulación en zonas 3 y 4 puede tener un gran valor para entrenar equipos en la toma de decisiones, la coordinación y la respuesta ante eventos críticos reales, sin comprometer la seguridad del paciente.²

Aplicación e implementación en la formación de intensivistas

La simulación clínica se utiliza en diversas etapas y aspectos de la formación de intensivistas y profesionales de cuidados críticos.^{2,3}

Durante la residencia médica, permite una formación progresiva, deliberada y segura. Se integra progresivamente en los programas docentes de residentes.^{25,26} Permite acelerar la adquisición de habilidades y conocimientos en un ambiente seguro para los participantes novatos.³ Un ejemplo destacado de aplicación de la simulación clínica es la implementación de programas de tipo *bootcamp*, que ofrecen una inmersión intensiva y estructurada en competencias clínicas fundamentales para cada especialidad. Estas estrategias son particularmente valiosas al inicio de la residencia médica, cuando permiten nivelar conocimientos y habilidades entre los ingresantes.^{27,28} No solo aceleran la adquisición de habilidades clínicas esenciales, sino que también fomentan la confianza, la toma de decisiones y el trabajo en equipo entre los profesionales de la salud, contribuyendo significativamente a la mejora de la atención del paciente en la UCI.²⁹ A nivel local, en el ámbito de los cuidados in-

tensivos pediátricos, el Instituto Universitario Hospital Italiano de Buenos Aires ha desarrollado el I y II *Bootcamp* en Cuidados Críticos Pediátricos, destinado a residentes de primer año de la especialidad. Esta iniciativa se centra en la formación intensiva y colaborativa mediante simulación, abordando situaciones críticas y promoviendo el trabajo en equipo en contextos de alta complejidad.³⁰

En la educación continua, la simulación favorece la actualización profesional, el entrenamiento ante nuevos procedimientos o cambios en guías clínicas y la práctica de habilidades no técnicas, como el liderazgo, la gestión del estrés y la comunicación en equipo.^{2,3,5} Permite entrenarse, ensayar y perfeccionar habilidades, tanto individualmente como en equipo. Se utiliza para identificar objetivos relacionados con la introducción de nuevas técnicas y tecnología, la actualización de protocolos en enfermedades prevalentes o el entrenamiento en situaciones raras, pero con elevado riesgo. **La simulación es una herramienta de aprendizaje continuo, tanto para los participantes novatos como para los expertos, que permite a los profesionales de la salud mejorar su nivel de competencia y mantener el profesionalismo.**¹⁰ También se utiliza para desarrollar y afinar procesos dentro de la UCI, como programas específicos o el desarrollo de listas de verificación.

Evaluación en simulación clínica

El debriefing y la retroalimentación como herramientas centrales

El debriefing constituye un espacio estructurado y guiado para revisar decisiones, reconocer errores, consolidar aprendizajes y facilitar la transferencia a la práctica.¹⁸ Constituye un componente central de la educación basada en simulación, ya que promueve la reflexión crítica mediante el diálogo y la exploración de lo vivido durante la experiencia simulada. Este espacio permite a los participantes reflexionar sobre sus decisiones y sus actuaciones, lo que contribuye a disminuir la brecha entre el rendimiento observado y el idealmente esperado.¹⁵

En el *debriefing*, el facilitador proporciona una retroalimentación específica, respetuosa y orientada a la mejora. Esta retroalimentación debe ser constructiva y honesta, incluso cuando los resultados no hayan sido los esperados, siempre con el objetivo de favorecer el aprendizaje. Una estructura efectiva de *debriefing* incluye permitir a los participantes verbalizar sus emociones, reconstruir el caso simulado desde su perspectiva y explorar los modelos mentales que guiaron sus decisiones. En la fase final, es fundamental identificar los aprendizajes clave alcanzados.²¹ **El debriefing es considerado el momento más importante del aprendizaje en simulación.**¹⁰

Evaluación formativa y sumativa

La simulación clínica permite una evaluación formativa, centrada en el aprendizaje a través de la retro-

alimentación y el *debriefing*, así como una evaluación sumativa, útil para certificar competencias.¹⁰ **La simulación ha demostrado ser una herramienta valiosa no solo en la enseñanza, sino también en la evaluación de competencias específicas en el ámbito de la salud.**^{31,32} Ofrece oportunidades relevantes para la evaluación del desempeño, les permite a los profesionales reflexionar sobre su práctica y mejorar su competencia clínica. Se han documentado experiencias exitosas de evaluación mediante simulación en contextos, como la atención de pacientes críticos y escenarios interprofesionales.³³ Numerosos estudios respaldan la validez de las evaluaciones basadas en la simulación, destacando su confiabilidad y reproducibilidad.^{34,35}

En este contexto, el Examen Clínico Objetivo Estructurado (ECO) es una herramienta estandarizada y validada para la evaluación del estudiante de medicina al final de su formación.³⁶ Varios estudios respaldan la validez de la evaluación basada en simulación de las habilidades de los estudiantes de medicina que se gradúan mediante el ECO.³⁷ Sin embargo, su uso no se ha generalizado para la certificación de egreso de los residentes en áreas, como la terapia intensiva.² **A pesar de los avances en la implementación de la simulación clínica, persiste el debate sobre su rol fundamental: si debe priorizarse como estrategia pedagógica o como método de evaluación del rendimiento clínico.**³⁸ Las evidencias coinciden en que el análisis riguroso de los objetivos docentes junto con su adecuada integración en el diseño de escenarios es un factor determinante para su éxito.^{14,39} La inserción curricular de estas actividades en los programas de residencia garantiza su impacto formativo, permite acompañar el desarrollo progresivo de competencias desde los primeros años de la formación hasta niveles avanzados.²

Innovación tecnológica en simulación para cuidados críticos

El desarrollo tecnológico ha potenciado y ampliado las posibilidades de la simulación clínica mediante la incorporación de tecnologías emergentes. Los centros de simulación clínica pueden requerir equipos de simulación, grabación audiovisual y salas de análisis.³²

Si bien la tecnología disponible influye en las características de los escenarios, el currículo debería guiar el escenario y la tecnología por emplear, y no al revés.²⁴ Las fuentes mencionan diversos tipos de tecnología: simuladores de pantalla, simuladores de paciente a escala real que cuentan con variables fisiológicas en tiempo real para permitir cambios y respuestas farmacodinámicas, procedimientos y la recreación de un ambiente más próximo a la realidad, simuladores de tareas (*task trainers*), simuladores virtuales y simuladores de técnica háptica (*haptic simulators*).⁴⁰

En los últimos años, tecnologías, como la realidad virtual, la realidad aumentada, la realidad mixta y la inteligencia artificial han comenzado a transformar el campo de la simulación clínica. La realidad virtual ofrece entornos inmersivos completamente digitales donde los estudiantes pueden interactuar con escenarios complejos. La realidad aumentada superpone información digital sobre el entorno real, facilitando la guía paso a paso en procedimientos, el acceso inmediato a datos relevantes y la visualización de estructuras anatómicas ocultas. La realidad mixta combina ambas, integrando objetos físicos y virtuales en una experiencia interactiva y enriquecedora. Esto potencia el realismo y la adaptabilidad de los entornos de simulación.^{14,41,42}

Por su parte, la inteligencia artificial permite crear simulaciones adaptativas que responden al desempeño del estudiante en tiempo real, personalizando la experiencia de aprendizaje. Además, posibilita el análisis automatizado de datos derivados de las sesiones, brindando retroalimentación precisa y objetiva sobre aspectos técnicos y no técnicos. Esta capacidad analítica mejora la calidad del *debriefing* y optimiza los procesos de evaluación formativa. La inteligencia artificial también puede generar pacientes virtuales con respuestas fisiológicas dinámicas y asistir en procesos de evaluación automática y retroalimentación personalizada. Si bien la implementación de estas tecnologías requiere inversión y capacitación, representan una evolución prometedora en la formación de profesionales críticos.^{43,44}

Conceptos clave

- La simulación clínica requiere una base teórica sólida y un cambio en el rol docente hacia un enfoque facilitador.
- Su implementación demanda inversión sostenida en tecnología, espacios adecuados y formación continua de instructores.
- Permite entrenar conocimientos, habilidades y actitudes en un entorno seguro, realista y libre de riesgos para el paciente.
- Mejora el aprendizaje, promueve la seguridad del paciente y fortalece el trabajo en equipo.
- En la formación de intensivistas, es una herramienta clave para desarrollar competencias clínicas y humanas de alta calidad.
- Ofrece un escenario propicio para investigar y evaluar nuevas estrategias educativas.

Impulsar la simulación clínica en las UCI como parte esencial de la formación profesional es una oportunidad estratégica para fortalecer la calidad y la seguridad del cuidado intensivo en nuestra región.

Referencias bibliográficas

1. Alameddine M, Dainty KN, Deber R, Sibbald WJB. The intensive care unit work environment: current challenges and

- recommendations for the future. *J Crit Care.* 2009;24(2):243-8. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2008.03.038>
2. Raúl NB, Bordogna A, Bravo N, Palacio AG. Rol de la simulación clínica en la unidad de cuidados intensivos. En: Arias López MP, Campos-Miño S, Fernández-Sarmiento J, Fernández A (eds). *Tratado de cuidados intensivos pediátricos.* Bogotá, Colombia: Distribuna; 2023.
3. Raúl NB, de Echave JL. Importancia de la simulación en la formación del equipo de salud en las unidades de cuidados críticos. En: Boada N, Cueto G, Chaparro Fresco J, Ratto ME (eds). *Gestión de áreas críticas.* Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2018, p. 461-7.
4. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care.* 2004;13(suppl_1):i2-10. https://doi.org/10.1136/qhc.13.suppl_1.i2
5. Bordogna A, Costa G, De Echave J, Herrera R, Raúl N. Simulación de alta fidelidad en emergencias pediátricas como estrategia de formación en el posgrado. *Revista del Hospital El Cruce.* 2018;(23):9-14. Disponible en: https://repositorio.hospitalelcruce.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/730/RHEC2018_23_9-14.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Tainter CR, Wong NL, Bittner EA. Innovative strategies in critical care education. *J Crit Care.* 2015;30(3):550-6. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.02.001>
7. Seam N, Lee AJ, Vennero M, Emler L. Simulation training in the ICU. *Chest.* 2019;156(6):1223-33. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.07.011>
8. Bordogna A. Simulación clínica y seguridad del paciente. En: Román Ramos AC (ed). *Manual de simulación clínica de la SLACIP.* Editorial Malevaje; 2017. Disponible en: https://slacip.org/descargas/Manual_de_Simulacion_Clinica-SLACIP.pdf
9. Knowles MS. *The modern practice of adult education: from pedagogy to andragogy.* New York: Cambridge, The Adult Education Company; 1980.
10. Vassallo JC, Brangold M, de Echave JL, Blanco N. Simulación y educación. En: Vassallo JC, Neira JA, Tauro N (eds). *Simulación y educación: lineamientos sobre la enseñanza, entrenamiento y evaluación de las competencias profesionales en salud con estrategias basadas en simulación.* Buenos Aires: Academia Nacional de Medicina de Buenos Aires; 2023, p. 19-49.
11. Kolb DA. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development.* New Jersey: Prentice Hall; 1984
12. Mitchell SA, Boyer TJ. Deliberate practice in medical simulation. En: *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. PMID: 32119445*
13. Orgill BD, Nolin J. Learning taxonomies in medical simulation. En: *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. PMID: 32644535*
14. Pereyra Girardi C, Raúl NB, Morlino GI, de Echave JL, Sosa Hidalgo GA. Formación de técnicas/os en emergencias sanitarias y desastres. Metodologías innovadoras y retos actuales. *Desde Acá.* 2024;3:94-114. Disponible en: <https://revistas.unaj.edu.ar/da/article/view/45/44>
15. Milione H, Berardi C. Guiding learning through simulation in health: the transformative role of the teacher. *Rev Fac Med Humana.* 2024;24(3):99-105. <https://doi.org/10.25176/rfmh.v24i3.6717>
16. Persico L, Belle A, DiGregorio H, Wilson-Keates B, Shelton C. Healthcare Simulation Standards of Best Practice™ Facilitation. *Clin Simul Nurs.* 2021;58:22-6. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2021.08.010>
17. Cheng A, Eppich W, Grant V, Sherbino J, Zendejas B, Cook DA. Debriefing for technology-enhanced simulation: a systematic review and meta-analysis. *Med Educ.* 2014;48(7):657-66. <https://doi.org/10.1111/medu.12432>

18. Rudolph JW, Simon R, Raemer DB, Eppich WJ. Debriefing as formative assessment: closing performance gaps in medical education. *Acad Emerg Med*. 2008;15(11):1010-6. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2008.00248.x>
19. Motola I, Devine LA, Chung HS, Sullivan JE, Issenberg SB. Simulation in healthcare education: a best evidence practical guide. AMEE Guide No. 82. *Med Teach*. 2013;35(10):e1511-30. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2013.818632>
20. Maxworthy JC, Palaganas JC, Epps CA, Mancini ME. Defining excellence in simulation programs. 2nd ed. Baltimore, MD: Wolters Kluwer Health; 2022.
21. Eppich W, Cheng A. Promoting excellence and reflective learning in simulation (PEARLS): development and rationale for a blended approach to healthcare simulation debriefing. *Simul Healthc*. 2015;10(2):106-15. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000072>
22. Diaz-Navarro C, Armstrong R, Charnetski M, Freeman KJ, Koh S, Reedy G, et al. Global consensus statement on simulation-based practices in healthcare. *Adv Simul (Lond)*. 2024;9(1):19. <https://doi.org/10.1186/s41077-024-00288-1>
23. Fanning RM, Gaba DM. The role of debriefing in simulation-based learning. *Simul Healthc*. 2007;2(2):115-25. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3180315539>
24. Roussin CJ, Weinstock P. SimZones: An organizational innovation for simulation programs and centers. *Acad Med*. 2017;92(8):1114-20. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000001746>
25. Benitez MS. La simulación como recurso didáctico para la enseñanza de competencias clínicas y quirúrgicas a residentes médicos en hospitales de la provincia de Buenos Aires en el año 2022. Universidad Abierta Interamericana; 2023. Disponible en: <https://repositorio.uai.edu.ar/items/987aea8a-de43-4862-8016-c9177cbb32d4>
26. González Anglada MI, Garmendia Fernández C, Moreno Núñez L. Una estrategia para la formación en seguridad del paciente durante la residencia: desde el incidente crítico a la simulación. Parte 2. *Educación Médica*. 2019;20(4):231-7. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2019.03.001>
27. Minha S, Shefet D, Sagi D, Berkenstadt H, Ziv A. "See one, Sim one, do one"- A national pre-internship boot-camp to ensure a safer "student to doctor" transition. *PLoS One*. 2016;11(3):e0150122. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150122>
28. Buscail E, Bolzinger M, Shourick J, Lier ML, Sautier P, Delhoste M, et al. Welcome to the operating theatre! Introductory bootcamp in operating theatre specialities for medical students. *BMC Med Educ*. 2024;24(1):1263. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06165-9>
29. Nishisaki A, Hales R, Biagas K, Cheifetz I, Corriveau C, Garber N, et al. A multi-institutional high-fidelity simulation "boot camp" orientation and training program for first year pediatric critical care fellows. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10(2):157-62. Disponible en: https://hsrc.himmelfarb.gwu.edu/smhs_peds_facpubs/4983
30. Orqueda D. II Bootcamp en Cuidados Críticos Pediátricos de Argentina y el III de Sudamerica [Internet]. LinkedIn. 2024. Disponible en: https://www.linkedin.com/posts/daniel-orqueda-3b227611a_durante-el-fin-de-semana-del-8-al-10-de-nov-activity-7264107002593767425-iOJQ?utm_source=share&utm_medium=member_desktop&rcm=ACoAAAnyo9cBWHiZ89UcZKKZRBH8SIUtQYRhiSs
31. Roussin C, Sawyer T, Weinstock P. Assessing competency using simulation: the SimZones approach. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn*. 2020;6(5):262-7. <https://doi.org/10.1136/bmjstel-2019-000480>
32. Armijo-Rivera S, Machuca-Contreras F, Raul N, de Oliveira SN, Mendoza IB, Miyasato HS, et al. Characterization of simulation centers and programs in Latin America according to the ASPIRE and SSH quality criteria. *Adv Simul (Lond)*. 2021;6(1):41. <https://doi.org/10.1186/s41077-021-00188-8>
33. Sung T-C, Hsu H-C. Improving critical care teamwork: Simulation-based interprofessional training for enhanced communication and safety. *J Multidiscip Healthc*. 2025;18:355-67. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S500890>
34. Buléon C, Mattatia L, Minehart RD, Rudolph JW, Lois FJ, Guillouet E, et al. Simulation-based summative assessment in healthcare: an overview of key principles for practice. *Adv Simul (Lond)*. 2022;7(1). <https://doi.org/10.1186/s41077-022-00238-9>
35. Sattler LA, Schuety C, Nau M, Foster DV, Hunninghake J, Sju-lin T, et al. Simulation-based medical education improves procedural confidence in core invasive procedures for military internal medicine residents. *Cureus*. 2020;12(12):e11998. <https://doi.org/10.7759/cureus.11998>
36. Harden RM, Gleeson FA. Assessment of clinical competence using an objective structured clinical examination (OSCE). *Med Educ*. 1979;13(1):41-54. PMID: 763183
37. Yafar C, Perez M, Maffia S, Morales S, Cabanillas D, Bordogna A, Perez F. Examen Clínico Objetivo Estructurado (ECoE): primera experiencia en H.I.A.E.P. "Sor María Ludovica". *Ludovica Pediátrica*. 2018;21(3):10-4. Disponible en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/11/948698/reflexiones-exa-mane-clinico-objetivo-estructurado-ecoe.pdf>
38. McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RJ. A critical review of simulation-based medical education research: 2003-2009. *Med Educ*. 2010;44(1):50-63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x>
39. Fukamizu J, Verstegen D, Ho SC. International trainer perceptions of simulation-based learning: a qualitative study. *Int J Med Educ*. 2021;12:267-73. <https://doi.org/10.5116/ijme.61b3.214c>
40. Román Ramos AC, Bordogna AC, Martínez-Tovilla Y, Gerolami A. La simulación como técnica de enseñanza. En: Román Ramos AC (ed). *Manual de simulación clínica de la SLACIP*. Editorial Malevaje; 2017, p. 6-23. Disponible en: https://slacip.org/descargas/Manual_de_Simulacion_Clinica-SLACIP.pdf
41. Abbas JR, Chu MMH, Jeyarajah C, Isba R, Payton A, McGrath B, et al. Virtual reality in simulation-based emergency skills training: A systematic review with a narrative synthesis. *Resusc Plus*. 2023;16(100484):100484. <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2023.100484>
42. Talmi L, Nabecker S, Piquette D, Mema B. Pediatric critical care fellow perception of learning through virtual reality bronchoscopy. *ATS Sch*. 2024;5(1):174-83. <https://doi.org/10.34197/ats-scholar.2023-0097IN>
43. De Mattei L, Morato MQ, Sidhu V, Gautam N, Mendonca CT, Tsai A, et al. Are artificial intelligence virtual simulated patients (AI-VSP) a valid teaching modality for health professional students? *Clin Simul Nurs*. 2024;92(101536):101536. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2024.101536>
44. Zidoun Y, Mardi AE. Artificial Intelligence (AI)-Based simulators versus simulated patients in undergraduate programs: A protocol for a randomized controlled trial. *BMC Med Educ*. 2024;24(1):1260. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06236-x>

Abordaje del bienestar del personal de la UCI. Estrategias de gestión para la prevención del síndrome de *burnout* y apoyo psicológico al equipo de salud

DRA. NANCY BOADA, DRA. ROSA REINA, DRA. MARÍA ELENA RATTO, LIC. DÉBORA LEMA, LIC. MARIANA PEDACE, LIC. MARÍA HAYDEÉ CANTELI

Introducción

El síndrome de *burnout* (SB) es un síndrome ocupacional de agotamiento físico y mental que le ocurre a cualquier trabajador expuesto a situaciones extremas de trabajo y responsabilidad. Se expresa por **negativismo, cinismo, agotamiento mental, despersonalización, frustración, falta de energía y falta de empatía** que, si no se detecta a tiempo, lleva a una **cronificación del estrés** laboral.^{1,2} Los trabajadores de la salud (TS) de las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) están muy expuestos al SB debido a la alta carga emocional que significa la toma de decisiones de alto riesgo, la muerte de pacientes, la dinámica laboral muy exigente con largas horas de trabajo o guardias, y las situaciones éticas que cotidianamente deben enfrentar. **La pandemia de la COVID-19 expuso esta situación crítica** que vienen padeciendo los TS desde hace muchos años. Las consecuencias del SB son significativas y repercuten en su bienestar mental y moral, así como en la seguridad, la calidad y los costos del cuidado. Se requieren diferentes intervenciones para prevenir el SB en los TS de las UCI.³⁻⁵

Objetivos de aprendizaje

- Conocer el impacto del SB en las UCI.
- Determinar estrategias de gestión para su prevención.
- Implementar herramientas de seguridad psicológica y de ética del cuidado.

Concepto de *burnout* en el ámbito de la salud.

Sus etapas

El SB por parte de los TS se describe como "... una respuesta a un estrés emocional crónico con agotamiento físico y psicológico (emocional), una actitud fría y despersonalizada en la relación con los demás (pacientes) y un sentimiento de inadecuación a las tareas que se han de desarrollar (reducción del sentido de realización personal)...".^{6,7} Desde la Psicología, se plantea que existe una relación entre el "ideal del yo" y el padecimiento del "SB", considerando como contexto la actividad del personal de la salud que atiende y brinda cuidados a pacientes críticos.

El término fue empleado, por primera vez, por Freudenberg, en 1974, para describir la sobrecarga profesional en los servicios sociales.⁸ Maslach et al.⁷ consideraron el SB como una situación que padecían las personas que, profesionalmente, mantenían contacto directo y continuado con la gente, y acababan sufriendo un considerable desgaste. El SB produce consecuencias altamente negativas para el TS, los pacientes y las instituciones. Uno de los aspectos más importantes de comprender acerca del SB es que **no es un estado, sino un proceso progresivo**. Cuanto más se comprenda sobre el SB y su relación con las características psíquicas de la persona que lo padece, mejores estrategias de prevención se podrán elaborar en las unidades de trabajo tanto en el área organizacional o institucional, como en lo personal. Se proponen cuatro fases que atraviesa una persona durante el SB:

- a) **Etapa de idealismo y entusiasmo:** la persona que presta ayuda posee un alto nivel de energía para el trabajo que se traduce en expectativas poco realistas. Al no poder cumplir con sus expectativas aparece un sentimiento de desilusión;
- b) **Etapa de estancamiento:** la persona constata la irrealidad de sus expectativas, comienza una etapa de disminución de las actividades que venía desempeñando, y reconoce que necesita algunos cambios en su vida, especialmente en el ámbito profesional;
- c) **Etapa de apatía:** es la fase central del SB en la que empiezan a surgir los problemas emocionales, conductuales y físicos. Una de las reacciones habituales es tomar distancia, tratando de alejarse de la situación frustrante, evitar a los compañeros, ausentarse con frecuencia y, en casos muy extremos, abandonar el trabajo;
- d) **Etapa de distanciamiento:** se presenta una inversión del tiempo de dedicación al trabajo con relación a la primera etapa. La persona frustrada puede manifestar un alejamiento emocional y una gran desvalorización profesional, entrando en una espiral de dificultades que lo llevan a alejarse más aún.

Freud señala que el “ideal del yo” es una formación diferenciada del yo que permite explicar la fascinación amorosa, la dependencia frente al hipnotizador y la sumisión al líder, y da a entender que “si el hombre se afana sin descanso en la búsqueda de la perfección perdida, jamás podrá alcanzarla verdaderamente”.⁹ Este tipo de enfermedad afecta a personas que alimentan un ideal elevado del yo y que han puesto todo su empeño en alcanzar ese ideal, que han trabajado enérgicamente para alcanzar un objetivo, con horarios completos de actividades, y dan más de sí de lo que les corresponde, no admiten que puedan tener límites y que se queman a fuerza de exigirse demasiado. Sintetizando, el TS con elevado ideal del yo y con gran motivación es proclive a padecer SB, pagando un alto precio con su salud personal, la de los pacientes, sus relaciones con familiares o con la institución para la que trabaja.

Gestión de la prevención del SB en las UCI

Las medidas de prevención y mitigación del SB en los TS de las UCI deben promover el bienestar, la cohesión grupal y la sostenibilidad del trabajo asistencial en un clima laboral saludable. Es necesario fortalecer la filosofía de “**cuidado del cuidador**” a través del desarrollo de las habilidades y destrezas necesarias para no desgastarse en el proceso y favorecer la **seguridad psicológica**, entendida como la creencia compartida de que un equipo de trabajo es un entorno donde es posible expresar opiniones, dudas o errores sin temor a represalias o humillaciones.¹⁰

Plan de prevención

En la Figura 1, se muestra un plan de prevención del SB; este plan es un punto de partida que se debe adaptar a las necesidades de cada equipo.¹¹⁻¹⁴

Diagnóstico inicial (individual y grupal)

- **Autoevaluación:** utilizar escalas breves, como el *Maslach Burnout Inventory* o el Cuestionario de Copenhague.
- **Encuestas grupales** confidenciales para detectar el nivel de estrés, la carga emocional y la percepción de apoyo.
- **Revisión de indicadores:** ausentismo, rotación, conflictos frecuentes, errores clínicos, microagresiones interpersonales.

Establecer un equipo de bienestar

- **Integrado por**, al menos, un intensivista, un referente de salud mental, enfermería y recursos humanos.
- **Objetivo:** diseñar, implementar y evaluar estrategias de prevención y contención.
- **Reuniones mensuales** breves (20-30 min) para seguimiento.

Intervenciones organizacionales

- **Rotación de tareas:** evitar la sobrecarga prolongada en roles emocionalmente demandantes (p. ej., comunicación con familiares).
- **Cupos razonables de pacientes por intensivista** (según las guías nacionales e internacionales).
- **Tiempo protegido para pausas:** garantizar descansos reales durante el turno o la guardia.
- **Optimización del trabajo en equipo:** claridad en los roles y expectativas, con definición precisa de las responsabilidades individuales para reducir tensiones y ambigüedades, y canales de comunicación y retroalimentación estructurados.

Estrategias de apoyo psicosocial

- **Espacios de reflexión grupal** en encuentros periódicos (quincenales o mensuales) de tipo “reflexión clínica” o “círculos de palabra” para compartir experiencias, capitalizar los errores y promover el aprendizaje colectivo.¹³ La posibilidad de pedir ayuda o compartir la sensación de sobrecarga disminuye el aislamiento y atenúa el estrés individual.
- Acceso a **consultas individuales confidenciales** con psicólogos especializados.
- Promover la **escucha entre pares** y la validación emocional sin juicio con intercambio respetuoso de información a fin de favorecer la construcción de confianza mutua.¹⁵ Reconocer la vulnerabilidad limita la necesidad de desconectarse afectivamente como mecanismo defensivo.

Promoción del autocuidado

- **Talleres o cápsulas breves (20-30 min)** sobre:
 - Higiene del sueño



Figura 1. Plan de prevención del síndrome de *burnout* en la Unidad de Cuidados Intensivos.

- *Mindfulness* o pausas de respiración consciente
- Gestión del estrés
- Nutrición en turnos rotativos
- Promover el **ejercicio físico regular** y el **uso del tiempo libre sin culpa**.

Reforzar el sentido de propósito

- Espacios para compartir **historias clínicas significativas** (en positivo).
- Visibilizar el impacto del trabajo (agradecimientos de pacientes, resultados).
- Favorecer el **reconocimiento entre pares y desde la institución** (fortalece la motivación intrínseca).^{16,17}

Evaluación y ajuste continuos

- Evaluar el plan cada 3-6 meses.
- Ajustar estrategias según lo que funciona o no.
- Medir indicadores objetivos y subjetivos.

Claves para el funcionamiento de las estrategias

- El plan estratégico debe tener **apoyo explícito de la jefatura**. Los líderes que comparten sus logros y también son capaces de reconocer sus dudas y errores, generan cierta “habilitación psicológica” para la apertura con el equipo de trabajo.¹⁸
- Las acciones deben ser **realistas y no generar carga adicional**.
- **Aumentar la adherencia** incluyendo al equipo en la toma de decisiones.
- **Celebrar pequeños logros** para reforzar la cultura de cuidado mutuo.

- Establecer **acuerdos de convivencia** que refuercen la inclusión, el trato digno y la diversidad de opiniones.¹⁸

Modificación del trabajo para reducir el SB

Se han propuesto varias estrategias destinadas a promover un trabajo saludable que incluyen intervenciones individuales y de la organización.^{3,19}

Intervenciones individuales

- *Ejercicio físico*: la actividad física está asociada a una reducción del riesgo del SB, particularmente en los dominios de agotamiento emocional y de despersonalización, aunque existe heterogeneidad en las definiciones, las mediciones y los análisis observados.
- *Mindfulness*: el entrenamiento en técnicas de relajación y de *mindfulness*, ya sea en forma individual o con la ayuda de un psicólogo, puede reducir la tasa de SB.
- *Psicoterapia*: orientada al desarrollo de autorregulación emocional y técnicas de relajación, resolución de problemas y desarrollo de eficacia individual y comunicación asertiva, basados en los principios de terapia cognitiva conductual.
- *Manejo de la carga y del tiempo laboral*: el riesgo de SB está íntimamente asociado con el sentimiento profesional de falta de tiempo para cumplir con todas sus responsabilidades. Se sugiere implementar medidas dirigidas a priorizar las diferentes tareas, así como a reducir el tiempo que demandan.

- *Elaboración del trabajo* (job crafting): esta intervención propone una modificación consistente y activa del trabajo individual. Se promueven: a) reestructurar la tarea laboral permitiendo un determinado tiempo, dentro de la tarea diaria definida, para desarrollar nuevas habilidades; b) adecuar la demanda laboral, formando equipos que colaboren en las situaciones emocionalmente complicadas y en la toma de decisiones críticas; c) incrementar la interacción social, mejorando la comunicación entre los directores o coordinadores y la planta de profesionales de asistencia diaria o de guardia con escucha activa, retroalimentación no punitiva, formulación de críticas constructivas y resolución de conflictos.²⁰

El impacto emocional del cuidado de los pacientes en la UCI es inevitable, por lo que estas estrategias son extremadamente necesarias.

Intervenciones organizacionales

Shanafelt y Noseworthy describen **nueve estrategias organizacionales que promueven el bienestar profesional**.²¹

Estrategia 1: el primer paso es demostrar que la organización cuida el bienestar de los TS. Es alentador para el TS saber que los directores o coordinadores establecen un diálogo abierto, independientemente de cuán desafiante este pueda ser. Se requiere disponer de tiempo suficiente para que estos diálogos se lleven a cabo sin prisas y que se repitan las veces que sean necesarias.

Estrategia 2: ejercer un liderazgo inclusivo que fomente la participación y valide las opiniones de los integrantes.²² Escuchar activamente, reconocer el valor de las ideas (incluso si no son adoptadas), reconocer que cada aporte puede enriquecer al equipo y responder de manera respetuosa. El liderazgo débil o no apreciado crea un ambiente de incertidumbre. El adecuado liderazgo está asociado con un 3,5% de disminución del SB y con un 9,1% de incremento en la satisfacción de los TS.

Estrategia 3: evitar la ineficiencia o insatisfacción en el entorno laboral, adecuando la carga de trabajo a la situación de criticidad y urgencia, y a la situación emocional individual de cada TS.

Estrategia 4: estimular el trabajo en equipo, respetando la identidad profesional y el rol de cada disciplina; identificar los errores médicos y alentar el apoyo entre pares para su resolución sin actitudes punitivas.

Estrategia 5: promover recompensas e incentivos que motiven a los TS, ya sean monetarios, educativos, científicos o de tiempo extra para esparcimiento. Los TS son personas con un medio ambiente familiar y social que debe ser respetado.

Estrategia 6: ponderar los valores humanos, éticos y culturales de los TS. Estimular las actitudes altruistas y de servicio hacia los pacientes y entre sus pares, ade-

cuando la arquitectura organizacional para generar ambientes de distensión, de escucha activa y lúdica.

Estrategia 7: promover una integración flexible de la vida personal y laboral de cada TS. La implementación de políticas dirigidas a disminuir los procesos de agotamiento e incrementar el sentimiento de satisfacción puede tener un profundo efecto en el bienestar de los TS. Dado su amplio impacto, los resultados intencionados y no intencionados de estas políticas deben ser reevaluados periódicamente.

Estrategia 8: proveer recursos que le faciliten al TS resiliencia y autocuidado. La organización debe optimizar el medio ambiente hacia una estructura sana, con la provisión de los recursos necesarios (insumos, tecnología, espacios de trabajo) que vuelvan más fácil y segura su actividad diaria. **Cuidar al que cuida debe ser una regla inviolable.**

Estrategia 9: facilitar ambientes y tiempos para la educación continua y la investigación. La satisfacción individual de cada TS en cuanto a mejorar sus conocimientos y desarrollar sus proyectos de investigación promueve un sentimiento de progreso como profesional, y disminuye el riesgo de SB.

Entornos de trabajo saludables

En la Figura 2, se muestran estrategias de entornos de trabajo saludables. Es importante implementar medidas que fomenten el respeto y el trabajo en equipo.^{4,11,23}

Seguridad psicológica y ética del cuidado

Más allá de mejorar el desempeño grupal, la implementación de las estrategias de seguridad psicológica puede producir beneficios emocionales concretos en cada profesional:

- *Disminución de la ansiedad basal:* la posibilidad de expresarse sin temor tiende a disminuir la hipervigilancia frente al error o la crítica.^{16,18}
- *Fortalecimiento de la autoconfianza profesional:* ser escuchado y respetado colabora a reforzar la percepción de competencia y eficacia.¹⁶
- *Mejora en la regulación emocional:* un entorno de respeto favorece la resiliencia ante situaciones críticas y mitiga el impacto del estrés.¹⁷

Aunque el SB suele situarse exclusivamente en el ámbito psicológico, su análisis tiene raíces más profundas que son de orden tanto ético-antropológico, como médico. Desde la perspectiva de la acción laboral, se vincula con la filosofía del trabajo, de los valores y de los principios proyectados por los espacios laborales (hospitales, fábricas, empresas públicas o privadas, etc.). Este síndrome es multicausal y su prevención resulta imprescindible si consideramos que se desarrolla en un espacio central para la organización de la vida cotidiana, en el que, como profesionales, pero especialmente como personas, se plasman diferentes modos de realización y desarrollo personal y social. El profesional en tanto persona, atravesado por sus pro-



Figura 2. Entornos de trabajo saludables.

pias nociones sobre lo que representa para sí mismo “el trabajo”, estará influenciado por las condiciones en que lo ejerce.

En orden a humanizar al TS, Cuéllar define *bienes internos* a “los conocimientos prácticos y teóricos, a las experiencias y capacidades que se adquieren, desarrollo de habilidades y destrezas, valores y virtudes, que consigue el trabajador en el ejercicio de su profesión y en todo aquello que demuestra su *expertise*, mediante lo cual reformulará nuevos objetivos, trazará planes, desde la percepción personal del desarrollo de su propio trabajo... a esto le llamamos la dimensión social de la profesión”.²⁴ Estos niveles de desarrollo personal no pueden ser brindados de manera unidireccional, desde el lugar del profesional hacia su profesión e indirectamente a sus pacientes, sino que necesitan ser ejercidos también en la dedicación y el cuidado de su propia persona que, además, traba-

ja dentro de un equipo y en el marco de una institución, que se supone, debe bregar por su seguridad y cuidado. En este sentido, se propone una mirada bioética con enfoque social facilitada por la **ética del cuidado** que es una teoría que ofrece herramientas conceptuales y prácticas clave que pueden aplicarse a la prevención del SB en TS de las UCI. Este enfoque reconoce que, en estos espacios de tensión constante, el cuidado no es solo una práctica técnica o individual, sino también una responsabilidad compartida, enmarcada en relaciones de reciprocidad, interdependencia y compromiso ético con el bienestar del otro.²⁵ Pensar el cuidado desde una ética situada implica considerar también las condiciones estructurales e institucionales del ejercicio profesional, como la sobrecarga laboral, la escasez de recursos y la falta de reconocimiento que tanto afectan la dimensión personal del profesional en su rol de trabajador, que-

mándolo. Ante ello, favorecer una cultura del cuidado (y que promueva el autocuidado) en el interior de las instituciones sanitarias requiere repensar los vínculos laborales, fomentar espacios de contención colectiva y garantizar entornos que valoren no solo el rendimiento, sino también la salud mental, el apoyo social y emocional del equipo. Así, la ética del cuidado se convierte en un horizonte necesario para una bioética más comprometida con la justicia relacional y la sostenibilidad del acto de cuidar.²⁶

En síntesis, el SB es un problema serio con consecuencias negativas tanto para el bienestar emocional de los TS como para la calidad de la atención que brindan a los pacientes. El trabajo sobre la seguridad psicológica en la UCI para construir entornos basados en la confianza, el respeto y la apertura constituye una acción estratégica de reducción del SB y de prevención en salud mental, además de una medida de mejora organizacional.

Conceptos clave

- El SB es un síndrome ocupacional de agotamiento físico y mental que puede ocurrirle a cualquier trabajador expuesto a situaciones extremas de trabajo y responsabilidad. Se expresa por **negativismo, cinismo, agotamiento mental, despersonalización, frustración, falta energía y falta de empatía**, y lleva a una **cronicación del estrés laboral** si no se detecta a tiempo.
- Diferentes estrategias **promocionan un trabajo saludable que incluyen intervenciones individuales y de la organización para mejorar el bienestar de los TS y, en consecuencia, la calidad asistencial: la educación, el apoyo social, el autocuidado y el compromiso de los tomadores de decisiones.**
- Identificar los diferentes **factores que contribuyen a la seguridad psicológica: liderazgo inclusivo, claridad de roles, comunicación abierta y efectiva, y gestión activa del estrés.**
- **Fortalecer la filosofía de “cuidado del cuidador” como estrategia de prevención.**

Referencias bibliográficas

1. Kok N, Zegers M, Fuchs M, van der Hoeven H, Hoedemakers C, van Gurp J. Development of moral injury in ICU professionals during the COVID-19 pandemic: A prospective serial interview study. *Crit Care Med.* 2023;51(2):231-40. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000005766>
2. Piquette D, Burns KEA, Carnevale F, Sarti AJ, Hamilton M, Dodek PM. Moral orientation, moral decision-making, and moral distress among critical care physicians: A qualitative study. *Crit Care Explor.* 2023;5(3):e0879. <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000000879>
3. Teixeira CM, Williams C, Metaxa V. Burnout in the ICU – Still a work in progress. *ICU Management & Practice.* 2025;25(1). Disponible en: https://healthmanagement.org/uploads/article_attachment/icu1-25-burnout-in-the-icu-screen-pdf
4. Kleinpell R, Moss M, Good VS, Gozal D, Sessler CN. The critical nature of addressing burnout prevention: Results from the Critical Care Societies Collaborative’s National Summit on Prevention and Management of Burnout in the ICU. *Crit Care Med.* 2020;48(2):249-53. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003964>
5. Arrogante O, Aparicio-Zaldivar EG. Síndrome de burnout en los profesionales de cuidados intensivos: relaciones con la salud y el bienestar. *Enferm Intensiva.* 2020;31:60-70. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2019.03.004>
6. Maslach C. *Burnout. The cost of caring.* New Jersey: Prentice Hall, Inc.; 1982.
7. Maslach C, Jackson SE. *Manual MBI. Inventario “Burnout” de Maslach (Maslach Burn out inventory).* Madrid: Ediciones TEA; 1997.
8. Freudenberger HJ. Staff burn-out. *Journal of Social Issues.* 1974;30(1):159-65. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1974.tb00706.x>
9. Freud S. *Obras completas.* Buenos Aires: Amorrortu; 1976.
10. Sarofim M. Psychological safety in medicine: what is it, and who cares? *Med J Aust.* 2024;220(8):345-7. <https://doi.org/10.5694/mja2.52263>
11. Kleinpell R, Moss M, Good V, Sessler C. Burnout and well-being in Critical Care. *ICU Management & Practice.* 2025;25(1). Disponible en: https://healthmanagement.org/uploads/article_attachment/icu1-25-burnout-and-well-being-screen-pdf
12. Sumrain S, Suhail R, Khorsand SM. Causes and consequences of physician burnout and the importance of well-being. *ICU Management & Practice.* 2025;25(1). Disponible en: <https://healthmanagement.org/c/icu/issuearticle/causes-and-consequences-of-physician-burnout-and-the-importance-of-well-being>
13. Maslach C, Leiter M P. Understanding the burnout experience: recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry.* 2016;15(2):103-11. <https://doi.org/10.1002/wps.20311>
14. ICNARC & Faculty of Intensive Care Medicine (FICM). *Well-being Resource Library for Critical Care Staff;* 2020. <https://www.ficm.ac.uk/wellbeing>
15. Donovan R, McAuliffe E. Exploring psychological safety in healthcare teams to inform the development of interventions: combining observational, survey and interview data. *BMC Health Serv Res.* 2020;20(1):810. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05646-z>
16. de Lima García C, de Abreu LC, Souza Ramos JL, Dibai de Castro CF, Neves Smiderle FR, dos Santos JA, et al. Influence of burnout on patient safety: Systematic review and meta-analysis. *Medicina (Kaunas).* 2019;55(9):553. <https://doi.org/10.3390/medicina55090553>
17. Edmondson AC, Lei Z. Psychological safety: The history, renaissance, and future of an interpersonal construct. *Annu Rev Organ Psychol Organ Behav.* 2017;4:23-43. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-031413-091305>
18. Li J, Li S, Jing T, Bai M, Zhang Z, Liang H. Psychological safety and affective commitment among Chinese hospital staff: the mediating roles of job satisfaction and job burnout. *Psychol Res Behav Manag.* 2022;15:1573-85. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S365311>
19. Edú-Valsania S, Laguía A, Moriano JA. Burnout: A review of theory and measurement. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(3):1780. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031780>
20. Hunt DF, Bailey J, Lennox BR, Crofts M, Vincent C. Enhancing psychological safety in mental health services. *Int J Ment Health Nurs.* 2021;15(1):33. <https://doi.org/10.1186/s13033-021-00439-1>

21. Shanafelt TD, Noseworthy JH. Executive leadership and physician well-being: Nine organizational strategies to promote engagement and reduce burnout. *Mayo Clin Proc.* 2017;92(1):129-46. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.10.004>
22. Diabes MA, Ervin JN, Davis BS, Rak KJ, Cohen TR, Weingart LR, et al. Psychological safety in intensive care unit rounding teams. *Ann Am Thorac Soc.* 2021;18(6):1027-33. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202006-753OC>
23. Organización Mundial de la Salud. Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-11). El burnout como fenómeno ocupacional; 2019. <https://icd.who.int/>
24. Cuéllar H. Síndrome de burnout en profesionales de la salud desde una perspectiva bioética. *Bioethics.* 2024;10(1):69-78. <https://doi.org/10.24875/BUP.23000012>
25. Testa R. M. Introduction: "In a Different Voice" at Forty-Five: Reflections on the Word That Launched a Revolution. *Harvard Educational Review.* 2024;94(1):93-97. <https://doi.org/10.17763/1943-5045-94.1.93>
26. García Uribe J. C. Hermenéutica del burnout: una tematización bioética a la luz de la condición humana. *Revista Colombiana de Bioética.* 2023;18(1):4335. <https://doi.org/10.18270/rcb.v18i1.4335>

.....

INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA APLICADA A LOS CUIDADOS INTENSIVOS

Inteligencia artificial y *big data* en cuidados intensivos: aplicaciones prácticas en decisiones clínicas asociadas a la sepsis. Análisis de ensayos clínicos más relevantes

DR. EDUARDO SAN ROMÁN, DRA. VALERIA BURGOS, DRA. MARÍA CRISTINA ORLANDI

Introducción

La medicina crítica se inscribe dentro de lo que se conoce como **sistemas complejos**, los cuales tienen la característica de mostrar un comportamiento no lineal de respuesta tanto al curso de la enfermedad, como al tratamiento, en forma, muchas veces, sorprendente no calculado antes. La **incertidumbre** es una situación frecuente al abordar a estos pacientes en quienes una noxa ha lesionado los mecanismos compensadores.

En este contexto, el concepto de **no linealidad** significa que el comportamiento biológico puede ser impredecible y hasta caótico. La complejidad es de tal magnitud que un mismo tratamiento estandarizado y altamente probado para una enfermedad puede no funcionar en todos los pacientes con el mismo padecimiento. Al momento de enfrentar al paciente individual, dicho comportamiento le quita potencia a las guías aprobadas internacionalmente que se publican por año.

En las unidades de cuidados intensivos, la sepsis es el ejemplo más frecuente de este comportamiento y el fallo múltiple de órganos justifica ampliamente la presencia de una situación por demás inestable y, a menudo, caótica. Además, factores, como edad, sexo, procedencia, antecedentes personales, hábitat, tiempo de evolución y genómica, influyen ampliamente en la dificultad de predecir la evolución inicial del paciente y, muchas veces, también durante su evolución. Así, todo lo antes mencionado indica un solo camino para lograr mejores resultados: obtener y observar datos de calidad que, por su volumen, variedad y complejidad, requieren técnicas avanzadas de captura, almacenamiento y distribución para finalmente ser

analizados. Estamos frente a lo que se denomina *big data*.

Durante años y hasta la actualidad, en la medicina crítica, es posible volcar los datos obtenidos del paciente y transformarlos en información mediante el uso de índices o puntajes, como APACHE (*Acute Physiology And Chronic Health Evaluation*), SOFA (*Sequential Organ Failure Assessment*) y Quick SOFA, entre otros. Sin embargo, estos puntajes están basados solo en algunos datos fisiológicos, de laboratorio y pocos antecedentes personales. Si bien ofrecen un soporte útil de predicción, este es modesto, ya que solo anuncian la presencia de un daño orgánico o indican una probable evolución luego de un tiempo extenso de internación.

Por ello, es necesaria otra herramienta que permita conocer el estado y la evolución de un paciente séptico de manera más precoz, dado que el diagnóstico y el tratamiento son cruciales para una buena resolución del caso, y también para una mejor administración de los recursos en salud. En los últimos años, la irrupción de la Inteligencia Artificial (IA) en las unidades de cuidados intensivos ha demostrado ser una herramienta destacada para generar una verdadera revolución en la comprensión y atención de pacientes críticos. Básicamente el uso de IA, a través de las ciencias de la computación, brinda la posibilidad de contar con el soporte de una inteligencia similar a la humana en cuanto al aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones. Una de las áreas más relevantes de la IA es conocida como aprendizaje automático o *machine learning* (ML), que usa diferentes programas de manejo, análisis y modelado de datos (Figura).

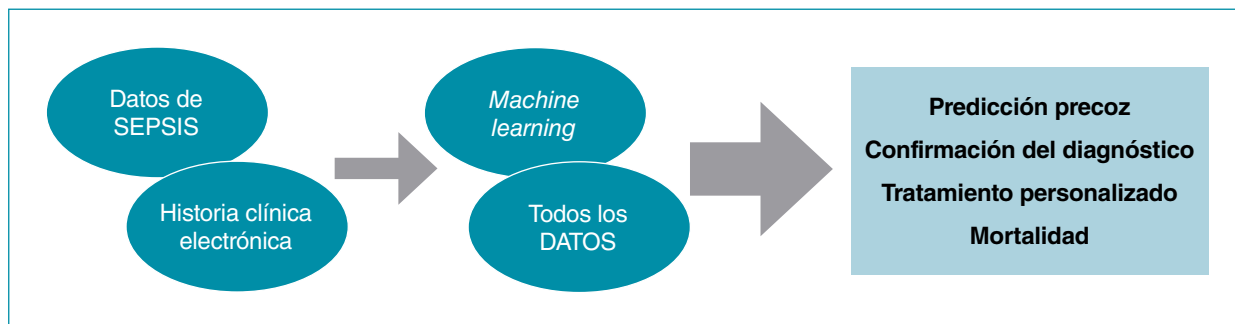


Figura. Flujo de acción e impacto de la inteligencia artificial en el manejo de la sepsis.

Uno de los puntos fundamentales para la aplicación de la IA en medicina es contar con una adecuada historia clínica electrónica que permita tomar, en forma automática, la mayor diversidad y cantidad de datos posibles. Los datos pueden ser estructurados (términos de laboratorio, planillas de control de frecuencia cardíaca, valores de presión arterial, etc.) y no estructurados (notas de enfermería, notas médicas con interpretación de texto a través del análisis del lenguaje natural). Además, la historia clínica electrónica debería brindar acceso a las señales de los monitores cardíacos, respiratorios y neurológicos.

Objetivos de aprendizaje

- Comprender, en forma global, la complejidad de la medicina crítica y la necesidad de aplicar programas de IA.
- Destacar y fundamentar los pilares de la IA en medicina crítica con especial foco en la sepsis en cuanto a predicción precoz, diagnóstico de certeza, evaluación del riesgo de muerte y tratamientos personalizados.
- Conocer los últimos avances publicados, analizando los artículos más relevantes sobre la IA en sepsis con impacto clínico.
- Distinguir cuáles de las actuales propuestas de IA tienen verdadera aplicación clínica.
- Desarrollar una mirada positiva, pero, a la vez crítica, sobre el uso de los programas de IA aplicados en la terapia intensiva.
- Comprender los dilemas bioéticos que este avance representa.

Para ello, se realizará una revisión de los artículos publicados recientes sobre sepsis y la eficiencia del uso de la IA como herramienta de análisis en los siguientes tópicos:

1. Predicción precoz de la sepsis.
2. Diagnóstico confirmado de sepsis.
3. Predicción de la mortalidad.
4. Personalización del tratamiento.

Por último, se discutirán los dilemas, las dificultades y los prejuicios que se pueden instalar en el uso de la IA en la medicina.

Predicción precoz de la sepsis

Predecir no es equivalente a diagnosticar. La diferencia radica en que predecir genera una advertencia (“este paciente podría tener sepsis”) a partir de la cual se puede generar una serie de pasos de tratamiento precoz para luego evaluar los resultados finales. Muchas veces estos hallazgos están asociados a la evolución que incluye la mortalidad, la estancia o incluso los costos. En otras palabras, hay certeza de gravedad que se puede atribuir a sepsis como causa probable, pero no definitiva.

Es fundamental que la predicción sea lo suficientemente sensible como para captar a los casos probables, pero también que sea específica para evitar los **falsos positivos**, cuya presencia induce tratamientos erróneos y costos innecesarios asociados. Una sensibilidad elevada, muchas veces, conduce a falsas alarmas y, como consecuencia, a provocar estrés y presión en el personal. La mayoría de estos estudios se realizan en las unidades de emergencia o fuera de las terapias intensivas, ya que representan la detección del paciente en riesgo. La mayor dificultad al elaborar un programa de detección temprana es que la predicción de eventos catastróficos (p. ej., riesgo de shock) debe ser lo suficientemente precoz. La detección de riesgo en un paciente con varias horas de anticipación (idealmente 12 h) permitiría contar con diversas posibilidades para cambiar el curso de la enfermedad en forma favorable.

En la actualidad, la mayoría de las predicciones de shock en pacientes críticos se basa en un lapso de pocas horas antes de su aparición. Por lo general, las comparaciones de predicción publicadas comparan los resultados del uso de métodos de ML con los puntajes comúnmente utilizados en áreas críticas, como SOFA, criterios SIRS (*Systemic Inflammatory Response Syndrome*), Quick SOFA, NEWS (*National Early Warning Score*) y MEWS (*Modified Early Warning Score*). Sin embargo, aunque los resultados son interesantes, estas nuevas predicciones deben ser validadas en diferentes poblaciones y unidades antes de ser utilizadas de forma rutinaria (Tabla 1).¹⁻¹⁰

Otra característica de estos estudios es la vinculación de su utilidad con la modalidad de atención y de orga-

TABLA 1
Modelos de inteligencia artificial enfocados en la predicción precoz de sepsis

| Fuente | Modelo de inteligencia artificial | Diseño y propósito | Observaciones |
|---|--|--|--|
| Boussina et al ¹ (2024) <i>Impact of a deep learning sepsis prediction model on quality of care and survival</i> | <i>Deep learning</i> (COMPOSER) | Observacional. Predicción. Intervención. Evolución | Modelo entrenado con 6127 pacientes en 2 unidades de emergencia. Detecta pacientes en riesgo. Empodera a enfermeros para comenzar un tratamiento. Reducción de la mortalidad y el puntaje SOFA |
| Giannini et al ² (2019) <i>A machine learning algorithm to predict severe sepsis and septic shock: development, implementation, and impact on clinical practice</i> | <i>Random forest</i> | Retrospectivo, observacional. Evalúa evolución y cambios en la práctica clínica habitual | Modelo entrenado en 160.000 pacientes y 587 variables clínicas. Especificidad 98%. Sensibilidad 26%. Se pierden pacientes en riesgo. Sin impacto en la evolución |
| Barton et al ³ (2019) <i>Evaluation of a machine learning algorithm for up to 48-h advance prediction of sepsis using six vital signs</i> | XGBoost (<i>Gradient boosting trees</i>) | Retrospectivo | Usa datos clínicos: frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica-presión arterial diastólica, SaO ₂ , temperatura y frecuencia respiratoria. Mejor especificidad que el puntaje SOFA. Útil para la evolución. Validado |
| Yang et al ⁴ (2020) <i>An explainable artificial intelligence predictor for early detection of sepsis</i> | XGBoost (<i>Gradient boosting trees</i>) | Retrospectivo y observacional | Sensibilidad 90%. Especificidad 64%. Problema de falsos positivos |
| Lauritsen et al ⁵ (2020) <i>Early detection of sepsis utilizing deep learning on electronic health record event sequences</i> | CNN-LSTM (<i>deep learning</i>) | Retrospectivo. Observacional | Estudio multicéntrico. Detecta sepsis 24 h antes de su instalación clínica. En evaluación con nuevos trabajos para definir su utilidad |
| Shashikumar et al ⁶ (2021) <i>DeepAISE—An interpretable and recurrent neural survival model for early prediction of sepsis</i> | <i>Recurrent neural survival model</i> | Comparar 4 modelos de predicción | Predice la posibilidad de sepsis con intervalos de 1 h. Posible anticipación en 12 h. En algunos casos, puede haber falsas alarmas |
| Burdick et al ⁷ (2020) <i>Effect of a sepsis prediction algorithm on patient mortality, length of stay and readmission: A prospective multicentre clinical outcomes evaluation of real-world patient data from US hospitals</i> | XGBoost (<i>Gradient boosting trees</i>) | Prospectivo, observacional. Predice sepsis, mejora la evolución, incluida la mortalidad | Estudio multicéntrico. Usa criterios SIRS como punto de partida. Incluye a 17.758 pacientes con datos rutinarios de la historia clínica electrónica. Ha demostrado utilidad |
| Persson et al ⁸ (2021) <i>A machine learning sepsis prediction algorithm for intended intensive care unit use (NAVVOY Sepsis): Proof-of-concept study</i> | Red neuronal convolucional | Modelo predictivo de alto desempeño. Utilizado en varios hospitales | Utiliza 20 variables de acuerdo con la clasificación de SEPSIS 3. Predice sepsis con una especificidad del 90% hasta 3 h antes. Es necesario realizar estudios aleatorizados a fin de evaluar su utilidad |
| Pappada et al ⁹ (2024) <i>Development and validation of a sepsis risk index supporting early identification of ICU-acquired sepsis: An observational study</i> | Red neuronal artificial (MLP, <i>multilayer perceptron</i>) | Modelo predictivo de diagnóstico temprano y riesgo de sepsis | Desarrolla el SRI (índice de riesgo de sepsis). Actúa en tiempo real con datos obtenidos automáticamente de la historia clínica electrónica. Sensibilidad 79%. Especificidad 71% |
| Bhargava et al ¹⁰ (2024) <i>FDA-authorized AI/ML tool for sepsis prediction: development and validation</i> | <i>Random forest</i> | Modelo predictivo de 24 h. Incluye datos clínicos y moléculas inflamatorias | Aprobado como ImmunoScore. Utiliza 22 parámetros clínicos asociados a moléculas inflamatorias. Su costo es alto. Resulta eficiente y eficaz. Aprobado por la FDA |

Adaptada de: Bignami EG, Berdini M, Panizzi M, Domenichetti T, Bezzi F, Allai S, et al. Artificial intelligence in sepsis management: An overview for clinicians. *J Clin Med.* 2025;14(1):286. <https://doi.org/10.3390/jcm14010286>

SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment*; SIRS = *Systemic Inflammatory Response Syndrome*; FDA = *Food and Drug Administration*.

nización de las unidades. Cuanto más empoderados estén los enfermeros para realizar intervenciones terapéuticas guiados por protocolos que detectan el riesgo, mejores serán los resultados obtenidos. De esta manera, esta tendencia de trabajo en sepsis apunta a no dilatar la ejecución del tratamiento inicial, como la aplicación de antibióticos y la resucitación inicial.

Diagnóstico confirmado de sepsis

Una vez que se puede predecir o sospechar la sepsis con los *datos iniciales* de las primeras horas, su confirmación requiere de *otros datos* que se van agregando en la evolución. Existen algunas herramientas de IA que predicen y rápidamente pueden diagnosticar, con bastante certeza, un cuadro, como la sepsis. Esto sucede porque estos programas se alimentan, en tiempo real, de mucha información.

En general, el diagnóstico preciso requiere incorporar datos sobre biomarcadores de inflamación, como la procalcitonina, además de los puntajes ampliamente conocidos de falla orgánica e inflamación, como el SOFA, y una extensa cantidad de análisis clínicos.

El uso de moléculas específicas o biomarcadores, como así también de productos metabólicos de la interacción germen-huésped o daño mitocondrial, etc., agudizan y hacen más eficiente los algoritmos de ML para el diagnóstico.

Claramente la rapidez y exactitud diagnósticas están vinculadas a la mayor cantidad de datos moleculares; sin embargo, esto eleva considerablemente el costo (Tabla 2).¹¹⁻¹⁶

Predicción de la mortalidad

Poder predecir la muerte de un paciente es una acción fundamental en medicina crítica, porque representa una alerta para identificar a aquellos pacientes más graves. Su relevancia radica en que posibilita desencadenar intervenciones terapéuticas rápidas, y también permitir la relocalización de pacientes y el uso de antibióticos en forma precoz y personalizada. Los modelos de predicción no solo permiten identificar datos de riesgo (niveles de albúmina, presencia de asistencia respiratoria mecánica, niveles de urea y variaciones de presión arterial diastólica, entre otros), sino que también posibilitan definir diferentes fenotipos o *clusters* de comportamiento.

La importancia de usar un modelo de ML y la identificación de *clusters* se ven reflejadas en un interesante trabajo de Jiang et al. (Tabla 3), en el cual pueden identificar dos fenotipos de mal pronóstico: pacientes con alteraciones de predominio metabólico basado en la deficiente función renal (tipo A) y aquellos con predominio de daño hemodinámico basado en la inestabilidad y la persistencia del shock (tipo B).

En el momento de encarar un estudio de predicción de la evolución de una enfermedad, es relevante considerar el uso de más de un modelo de ML a fin de obtener resultados confiables. La comparación de los

modelos obtenidos con los puntajes de gravedad ya conocidos (APACHE, SOFA, NEWS) permite evaluar su real utilidad. Cabe aclarar que no existe un único modelo de predicción ideal de ML, ya que, para que eso sea posible, todos los modelos deberían ser enfrentados a trabajos aleatorizados controlados con el objetivo de valorar su desempeño.¹⁷⁻²⁴

Sin embargo, la tendencia actual en la bibliografía es que el empleo de un modelo –si es posible creado con datos propios o locales– favorecería al paciente en cuanto a intervenciones terapéuticas más tempranas y supervivencia más prolongada. Existen otros motivos por los cuales los modelos de ML deben ser generados con datos propios de pacientes y ello se refiere a la existencia de factores locales, ambientales, características individuales, alimentación, situación social, entre otros, que intervienen significativamente en la evolución de una enfermedad.

Será necesario incorporar más datos a los modelos de ML para darle más exactitud e identificar los diferentes fenotipos. Recientemente se ha dado mucha importancia en la aparición o evolución de enfermedades de la microbiota, y este es un ejemplo muy claro de la influencia de prácticas locales, como la alimentación y el uso de antibióticos al definir la evolución de una enfermedad.

Por último, la exploración de modelos de mortalidad que permitan identificar cuáles son los signos, los síntomas, las moléculas y los datos de laboratorio más relevantes será importante para ajustar el alerta al enfrentar un paciente crítico o descompensado. Conocer cuáles son los factores más precipitantes de una mala evolución en la población en estudio ayudará a avanzar hacia una mejor calidad de la atención y la **personalización de los tratamientos**.

Personalización del tratamiento

La personalización del tratamiento es una de las partes más desafiantes en el abordaje de un paciente crítico, porque puede haber un comportamiento individual que no se ajuste a las terapéuticas conocidas aportadas por las guías de consenso, y que, en consecuencia, lleve al fracaso del enfoque.

Tal como se comentó en la sección anterior, la identificación de fenotipos o *clusters* de comportamiento en los datos de pacientes mediante modelos de ML representa un avance importante en los tratamientos. Aunque cada vez es más evidente que la personalización de tratamientos se ve fortalecida por la implementación de programas de IAML (Inteligencia Artificial a través de *Machine Learning*); en la actualidad, hay todavía pocos estudios que usen esta tecnología orientada a personalizaciones eficaces (Tabla 4).²⁵⁻²⁸

Discusión

Sin lugar a dudas, se abren nuevas y muy alentadoras oportunidades para la medicina crítica al poder disponer de herramientas de IA vinculadas a la predicción,

TABLA 2
Modelos de inteligencia artificial enfocados en el diagnóstico de sepsis

| Fuente | Modelo de inteligencia artificial | Diseño y propósito | Observaciones |
|---|--|--|--|
| Taneja et al ¹¹ (2021) <i>Diagnostic and prognostic capabilities of a biomarker and EMR-based machine learning algorithm for sepsis</i> | <i>Random forest</i> | Observacional de cohorte. 2 centros. 1400 pacientes | Diagnóstico de sepsis y severidad. Utiliza IL-6, proteína C reactiva y procalcitonina. Estratifica la severidad en baja, media y alta coincidiendo en cada caso con aumento de la mortalidad |
| Wang et al ¹² (2021) <i>A machine learning model for accurate prediction of sepsis in ICU patients</i> | <i>Random forest</i> | Estudio aleatorizado de control | Modelo entrenado con 4449 pacientes infectados. Se utilizaron variables clínicas de la historia clínica electrónica, incorporando, además, dímero D, neutrófilos, eosinófilos y albúmina |
| Aguirre y Urrechaga ¹³ (2022) <i>Diagnostic performance of machine learning models using cell population data for the detection of sepsis: a comparative study</i> | <i>Naïve Bayes (NB). K-nearest neighbors (KNN). Support vector machine (SVM). Random forest. Multiplayer perceptron (MLP). XGBoost (Extreme gradient boosting machine)</i> | Prospectivo observacional que compara el modelo de inteligencia artificial con regresión logística | Realizado en emergencias. Pacientes con sospecha de infección. Estudio de bajo costo. Incorpora datos de cultivo y serología viral |
| Kijpaisalratana et al ¹⁴ (2024) <i>Real-time machine learning-assisted sepsis alert enhances the timeliness of antibiotic administration and diagnostic accuracy in emergency department patients with sepsis: a cluster-randomized trial</i> | <i>Random forest</i> | Estudio observacional. Diagnóstico temprano y tiempo de comienzo de antibióticos | Realizado en emergencias. Evalúa la efectividad del programa MLASA (<i>machine learning base sepsis alert system</i>). Investiga la rapidez del diagnóstico. No hay diferencias importantes en los tiempos de uso de antibióticos en relación con el uso de los puntajes Quick SOFA o MEWS |
| Valik et al ¹⁵ (2023) <i>Predicting sepsis onset using a machine learned causal probabilistic network algorithm based on electronic health records data</i> | <i>Sepsis Finder</i> , modelo de predicción de sepsis que utiliza redes probabilísticas | Estudio observacional de cohorte | Compara la habilidad del programa <i>Sepsis Finder</i> vs. MEWS. El nuevo programa es superior en velocidad, pero no muestra ventajas en la evolución. Requiere otros estudios que lo validen |
| Zheng et al ¹⁶ (2020) <i>Machine learning algorithms identify pathogen-specific biomarkers of clinical and metabolomic characteristics in septic patients with bacterial infections</i> | <i>XGBoost (Extreme gradient boosting machine)</i> | Retrospectivo observacional | Estudio observacional. Utiliza biomarcadores no convencionales, como los metabolitos de la D-arginina, coenzima Q10. Tiene la capacidad de identificar bacterias grampositivas de gramnegativas. Es muy avanzado al detectar procesos de interacción germen-huésped a través de metabolitos |

Adaptada de: Bignami EG, Berdini M, Panizzi M, Domenichetti T, Bezzi F, Allai S, et al. Artificial intelligence in sepsis management: An overview for clinicians. *J Clin Med.* 2025;14(1):286. <https://doi.org/10.3390/jcm14010286>

SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment*; MEWS = *Modified Early Warning Score*.

TABLA 3
Modelos de inteligencia artificial enfocados en la predicción de la muerte

| Fuente | Modelo de inteligencia artificial | Diseño y propósito | Observaciones |
|---|--|---|--|
| Park et al ¹⁷ (2022) <i>Predicting sepsis mortality in a population-based national database: machine learning approach</i> | Regresión logística. <i>Random forest</i> . <i>Gradient-boosted decision tree</i> (GBDT). <i>Deep neural network</i> (DNN) | Estudio observacional. Comparar regresión logística con ML | El modelo de ML previamente entrenado con casos almacenados resultó más adecuado en el pronóstico de muerte, comparado con la regresión logística y estratificar mejor el riesgo |
| Rodríguez et al ¹⁸ (2021) <i>Supervised classification techniques for prediction of mortality in adult patients with sepsis</i> | <i>Random forest</i> . Red neuronal artificial (ANN). <i>Support vector machine</i> (SVM) | Estudio prospectivo multicéntrico de cohorte con 4 modelos diferentes de ML | Utilizó 4 modelos diferentes de ML. <i>Random forest</i> fue el mejor modelo, se destacó más en la probabilidad de sobrevivir (90%) |
| Li et al ¹⁹ (2021) <i>Predicting in-hospital mortality in ICU patients with sepsis using gradient boosting decision tree</i> | <i>Gradient boosting decision tree</i> (GBDT). Regresión logística. <i>K-nearest neighbors</i> (KNN). <i>Random forest</i> . <i>Support vector machine</i> (SVM) | Estudio observacional en búsqueda del mejor desempeño con datos clínicos y metabólicos | Utilizó 5 modelos de ML comparándolos entre ellos. Detecta una adecuada predicción de la muerte e identifica puntos clave, como lactato. Uremia y escala de Glasgow como factores clínicos de mucha predicción |
| Adams et al ²⁰ (2022) <i>Prospective, multi-site study of patients outcomes after implementation of the TREWS machine learning-based early warning system for sepsis</i> | <i>Targeted Real-Time Early Warning System</i> (TREWS) | Estudio prospectivo multicéntrico. Detecta la evolución e interactúa con TREWS (puntaje de advertencias en tiempo real) | El uso del TREWS mejoró el tiempo de antibióticos y tuvo impacto en la mortalidad, en especial, en los más graves. Los autores reconocen algunas limitaciones y sugieren explorarlo en un estudio aleatorizado controlado |
| Park et al ²¹ (2024) <i>Early prediction of mortality for septic patients visiting emergency room based on explainable machine learning: A real-world multicenter study</i> | XGBoost (<i>Extreme gradient boosting machine</i>) | Estudio multicéntrico de pronóstico temprano. Intervención terapéutica | 6 modelos, 44 datos clínicos empleados. Utilizada datos del puntaje SOFA. Lactato, urea y albúmina como mejores marcadores de pronóstico por utilizar. El modelo ayuda en la relocalización de los pacientes según la gravedad |
| Jiang et al ²² (2023) <i>Interpretable machine-learning model for real-time, clustered risk factor analysis of sepsis and septic death in critical care</i> | Regresión logística. XGBoost (<i>Extreme gradient boosting machine</i>) | Estudio retrospectivo observacional de cohorte. Detecta fenotipos | Utiliza diferentes modelos. Detecta que la PaO ₂ , la diferencia Aa de O ₂ y la temperatura intervienen en la detección de sepsis. Detecta 2 fenotipos de mortalidad A (daño metabólico, como urea elevada y alteración de la brecha aniónica) y B (daño hemodinámico) |
| Zhang et al ²³ (2024) <i>Predicting sepsis in-hospital mortality with machine learning: A multi-center study using clinical and inflammatory biomarkers</i> | XGBoost (<i>Extreme gradient boosting machine</i>) | Estudio multicéntrico retrospectivo | La asociación de biomarcadores con el modelo de ML sobre la base de datos clínicos mejora la predicción. Relevancia para la mortalidad: edad, asistencia respiratoria mecánica, enzimas hepáticas, urea, relación neutrófilos/linfocitos |
| Wang et al ²⁴ (2024) <i>Establishment and verification of an artificial intelligence prediction model for children with sepsis</i> | Red neuronal artificial | Estudio multicéntrico retrospectivo (pediatría) | 556 niños de 2 hospitales. Utilizó 6 modelos de ML. Los modelos demuestran predicción precoz para identificar a los más graves |

Adaptada de: Bignami EG, Berdini M, Panizzi M, Domenichetti T, Bezzi F, Allai S, et al. Artificial intelligence in sepsis management: An overview for clinicians. *J Clin Med*. 2025;14(1):286. <https://doi.org/10.3390/jcm14010286>

ML = *machine learning*.

TABLA 4
Modelos de inteligencia artificial enfocados en la personalización de tratamientos

| Fuente | Modelo de inteligencia artificial | Diseño y propósito | Observaciones |
|--|--|---|---|
| Bataille et al ²⁵ (2021) <i>Machine learning methods to improve bedside fluid responsiveness prediction in severe sepsis or septic shock: an observational study</i> | <i>Regression tree</i> (CART). <i>Partial least-squares regression</i> (PLS). <i>Neural network</i> (NNET). <i>Linear discriminant analysis</i> (LDA) | Estudio observacional. Detectar patentes ecocardiográficas que coincidan con la respuesta a fluidos | Estudio observacional. Modelo de ML probando la respuesta a fluidos con seguimiento mediante ecocardiograma. La Inteligencia Artificial incorporada como programa al ecocardiograma identificó complejas respuestas fisiológicas que ayudarían a un mejor manejo de los fluidos |
| Song et al ²⁶ (2021) <i>Clinical factors associated with rapid treatment of sepsis</i> | GBM (<i>Gradient boosting machine</i>) | Estudio retrospectivo sobre una base de datos de 10 años completos para identificar los tratamientos y su respuesta | El modelo identificó, en forma retrospectiva, cuáles eran las características de los pacientes y cómo era la respuesta al tratamiento inicial más eficiente |
| Ates et al ²⁷ (2024) <i>Unraveling the impact of therapeutic drug monitoring via machine learning for patients with sepsis</i> | Diferentes modelos de MLM | Estudio aleatorizado de control | Utilización de un modelo TDM (<i>Therapeutic Drug Monitoring</i>) evaluando el impacto en un uso de antibióticos más personalizado. Resultado favorable |
| Henry et al ²⁸ (2022) <i>Factors driving provider adoption of the TREWS machine learning-based early warning system and its effects on sepsis treatment timing</i> | Nueva herramienta basada en ML para la toma de decisiones clínicas, para la predicción temprana de la sepsis. <i>Targeted Real-Time Early Warning System</i> (TREWS) | Estudio retrospectivo observacional | Impacto de la atención brindada a pacientes críticos sobre la base de prejuicios propios, como estar menos atento, si el paciente es más joven en relación con los más ancianos. En estos últimos, se detectó una respuesta más rápida del sistema |

Adaptada de: Bignami EG, Berdini M, Panizzi M, Domenichetti T, Bezzi F, Allai S, et al. Artificial intelligence in sepsis management: An overview for clinicians. *J Clin Med*. 2025;14(1):286. <https://doi.org/10.3390/jcm14010286>

ML = *machine learning*.

el diagnóstico precoz y los tratamientos dirigidos a pacientes sépticos.

La oferta continua de nuevas plataformas de IA en salud representa un mercado biomédico muy próspero, que exige que diversas organizaciones de control (como la *Food and Drug Administration* de los Estados Unidos, la Directiva de la Unión Europea sobre Regulación de Dispositivos Médicos [*Medical Device Regulation*] o la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica [ANMAT] en la Argentina) revisen y validen con protocolos estrictos para asegurar **transparencia, seguridad y eficacia**. Un claro ejemplo de esto es la reciente aprobación y comercialización de la plataforma *ImmunoScore*.¹⁰ En este contexto, también la **protección de los datos** es un tema de suma importancia.

Desde el punto de vista práctico, es importante considerar dos aspectos del uso de métodos de IA en salud: la necesidad de validar externamente estos dispositivos y que los resultados obtenidos sean más eficaces que lo ya conocido hasta ahora (en particular, en cuanto a los puntajes de gravedad). Cuando la aplicación de IA interfiere o colabora con el tratamiento y se busca que demuestre ser útil y ventajoso para la evolución de un paciente, la regla que se sigue manteniendo es someterlos a estudios aleatorizados controlados.

Un aspecto no menor por tener en cuenta es que el uso de dispositivos de IA en regiones alejadas o carentes de especialistas puede representar un gran beneficio. Esto es válido no solo para la medicina crítica, sino también para muchas especialidades. Sin embargo, no debemos olvidar que los dispositivos,

cualesquiera que sean, no son más que una herramienta que debemos aprender a utilizar y, en el caso particular de la IA, debemos aprender a interactuar eficazmente. La irrupción de la IA no debe ser vista como un competidor, sino como un *colega electrónico* que aporta para el beneficio del paciente.

Conclusiones

Esta revisión se centra en los conceptos básicos de la IA y su utilidad en entornos médicos con especial foco en la sepsis, brindando un breve análisis de los estudios clínicos más relevantes de los últimos 5 años. El pilar fundamental para el desarrollo de la IA en la medicina crítica es disponer de una historia clínica electrónica moderna y que permita la interacción y el análisis de datos en tiempo real provenientes del laboratorio, estudios por imágenes, informes y los monitores de datos vitales.

En la práctica clínica, existe un consenso en que la integración de la IA optimiza los procesos de atención y mejora los resultados sin reemplazar, de ninguna manera, el juicio clínico de los profesionales.

Si bien la definición clásica de IA se asocia a una copia de la inteligencia humana, por el momento esto no está probado. Siguiendo al experto español en IA, Ramón López de Mántaras, este define a la IA actual como un muy sofisticado programa que contiene un Procesamiento Avanzado de Información.^{29,30}

Los dilemas éticos asociados al uso de datos y la privacidad del paciente también deben ser tenidos en cuenta cuando se aplican metodologías de IA. Esta tiene un rol de acompañante en las decisiones de los especialistas, quienes finalmente valorarán los resultados y las acciones por realizar al lado de la cama del paciente.

Las aplicaciones clínicas de IA para utilizarlas en el pronóstico, diagnóstico y tratamiento con datos de pacientes deben ser validadas en cada región, ya que una aplicación (*app*) siempre tendrá el sesgo de la población donde fue entrenada.

Conceptos clave

- Predecir la presencia de sepsis e inestabilidad es clave para abrir las puertas a un tratamiento inicial rápido y eficaz.
- La predicción de una posible inestabilidad futura solo tiene sentido si la anticipación es de muchas horas anteriores al evento.
- Cualquier nueva aplicación que ayude a predecir o diagnosticar debe demostrar ser más eficaz y específica que lo conocido hasta ahora (p. ej., ser superior al puntaje SOFA).
- Cualquier predicción muy sensible, pero poco específica, no debería ser adoptada, ya que solo estresa al sistema con bajo impacto de mejora de la atención.

Referencias bibliográficas

1. Boussina A, Shashikumar SP, Malhotra A, Owens RL, El-Kareh R, Longhurst CA, et al. Impact of a deep learning sepsis prediction model on quality of care and survival. *NPJ Digit Med*. 2024;7(1):14. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00986-6>
2. Giannini HH, Ginestra JC, Chivers C, Draugelis M, Hanish A, Schweickert WD, et al. A machine learning algorithm to predict severe sepsis and septic shock: development, implementation and impact on clinical practice. *Crit Care Med*. 2019;47(11):1485-92. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003891>
3. Barton C, Chettipally U, Zhou Y, Jiang Z, Lynn-Palevsky A, Le S, et al. Evaluation of a machine learning algorithm for up to 48-hour advance prediction of sepsis using six vital signs. *Comput Biol Med*. 2019;109:79-84. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2019.04.027>
4. Yang M, Liu C, Wang X, Li Y, Gao H, Liu X, et al. An explainable artificial intelligence predictor for early detection of sepsis. *Crit Care Med*. 2020;48(11):e1091-e1096. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004550>
5. Lauritsen SM, Kalør ME, Kongsgaard EL, Lauritsen K, Jørgensen MJ, Lange J, et al. Early detection of sepsis utilizing deep learning on electronic health record event sequences. *Artif Intell Med*. 2020;104:101820. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101820>
6. Shashikumar SP, Josef CS, Sharma A, Nemati S. DeepAI-SE—An interpretable and recurrent neural survival model for early prediction of sepsis. *Artif Intell Med*. 2021;113:102036. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2021.102036>
7. Burdick H, Pino E, Gabel-Comeau D, McCoy A, Gu C, Roberts J, et al. Effect of a sepsis prediction algorithm on patient mortality, length of stay and readmission: A prospective multicentre clinical outcomes evaluation of real-world patient data from US hospitals. *BMJ Health Care Inform*. 2020;27(1):e100109. <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2019-100109>
8. Persson I, Östling A, Arlbrandt M, Söderberg J, Becedas D. A machine learning sepsis prediction algorithm for intended intensive care unit use (NAVVOY Sepsis): Proof-of-concept study. *JMIR Form Res*. 2021;5(9):e28000. <https://doi.org/10.2196/28000>
9. Pappada SM, Owais MH, Feeney JJ, Salinas J, Chaney B, Duggan J, et al. Development and validation of a sepsis risk index supporting early identification of ICU-acquired sepsis: An observational study. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2024;43(6):101430. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2024.101430>
10. Bhargava A, López-Espina C, Schmalz L, Khan S, Watson GL, Urdiales D, et al. FDA-authorized AI/ML tool for sepsis prediction: development and validation. *NEJM AI*. 2024;1(12). <https://doi.org/10.1056/AIoa2400867>
11. Taneja I, Damhorst GL, Lopez-Espina C, Zhao SD, Zhu R, Jhan S, et al. Diagnostic and prognostic capabilities of a biomarker and EMR-based machine learning algorithm for sepsis. *Clin Transl Sci*. 2021;14(4):1578-89. <https://doi.org/10.1111/cts.13030>
12. Wang D, Li J, Sun Y, Dong X, Zhang X, Liu S, et al. A machine learning model for accurate prediction of sepsis in ICU patients. *Front Public Health*. 2021;9:54348. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.754348>
13. Aguirre U, Urrechaga E. Diagnostic performance of machine learning models using cell population data for the detection of sepsis: a comparative study. *Clin Chem Lab Med*. 2022;61(2):356-65. <https://doi.org/10.1515/cclm-2022-0713>
14. Kijpaisalratana N, Saoraya J, Nhuboonaew P, Vongkullbhisnan K, Musikatavon K. Real-time machine learning-assisted sepsis alert enhances the timeliness of antibiotic adminis-

- tration and diagnostic accuracy in emergency department patients with sepsis: a cluster-randomized trial. *Intern Emerg Med.* 2024;19:1415-24. <https://doi.org/10.1007/s11739-024-03535-5>
15. Valik JK, Ward L, Tanushi H, Johansson AF, Färnert A, Mogenssen ML, et al. Predicting sepsis onset using a machine learned causal probabilistic network algorithm based on electronic health records data. *Sci Rep.* 2023;13(1):11760. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38858-4>
 16. Zheng L, Lin F, Zhu C, Liu G, Wu X, Wu Z, et al. Machine learning algorithms identify pathogen-specific biomarkers of clinical and metabolomic characteristics in septic patients with bacterial infections. *Biomed Res Int.* 2020;2020:6950576. <https://doi.org/10.1155/2020/6950576>
 17. Park JY, Hsu T-C, Hu J-R, Chen C-Y, Hsu W-T, Lee M, et al. Predicting sepsis mortality in a population-based national database: Machine learning approach. *J Med Internet Res.* 2022;24(4):e29982. <https://doi.org/10.2196/29982>
 18. Rodríguez A, Mendoza D, Ascuntar J, Jaimes F. Supervised classification techniques for prediction of mortality in adult patients with sepsis. *Am J Emerg Med.* 2021;45:392-7. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.09.013>
 19. Li K, Shi Q, Liu S, Xie Y, Liu J. Predicting in-hospital mortality in ICU patients with sepsis using gradient boosting decision trees. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(19):e25813. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000025813>
 20. Adams R, Henry KE, Sridharan A, Soleimani H, Zhan A, Rawat N, et al. Prospective, multi-site study of patient outcomes after implementation of the TREWS machine learning-based early warning system for sepsis. *Nat Med.* 2022;28(7):1455-60. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01894-0>
 21. Park SW, Yeo NY, Kang S, Ha T, Kim T-H, Lee D, et al. Early prediction of mortality for septic patients visiting emergency room based on explainable machine learning: A real-world multicenter study. *J Korean Med Sci.* 2024;39(5):e53. <https://doi.org/10.3346/jkms.2024.39.e53>
 22. Jiang Z, Bo L, Wang L, Xie Y, Cao J, Yao Y, et al. Interpretable machine-learning model for real-time, clustered risk factor analysis of sepsis and septic death in critical care. *Comput Methods Programs Biomed.* 2023;241:107772. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2023.107772>
 23. Zhang G, Shao F, Yuan W, Wu J, Qi X, Gao J, et al. Predicting sepsis in-hospital mortality with machine learning: A multicenter study using clinical and inflammatory biomarkers. *Eur J Med Res.* 2024;29(1):156. <https://doi.org/10.1186/s40001-024-01756-0>
 24. Wang L, Wu Y-H, Ren Y, Sun F-F, Tao S-H, Lin H-X, et al. Establishment and verification of an artificial intelligence prediction model for children with sepsis. *Pediatr Infect Dis J.* 2024;43(8):736-42. <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000004376>
 25. Bataille B, de Selle J, Moussot P-E, Marty P, Silva S, Coquet P. Machine learning methods to improve bedside fluid responsiveness prediction in severe sepsis or septic shock: An observational study. *Br J Anaesth.* 2021;126(4):826-34. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.11.039>
 26. Song X, Liu M, Waitman LR, Patel A, Simpson S. Clinical factors associated with rapid treatment of sepsis. *PLoS One.* 2021;16(5):e0250923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250923>
 27. Ceren Ates H, Alsharawani A, Hagel S, Cotta MO, Roberts JA, Dincer C, et al. Unraveling the impact of therapeutic drug monitoring via machine learning for patients with sepsis. *Cell Rep Med.* 2024;5(8):101681. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2024.101681>
 28. Henry K, Adams R, Parent C, Soleimani H, Sridharan A, Johnson L, et al. Factors driving provider adoption of the TREWS machine learning-based early warning system and its effects on sepsis treatment timing. *Nat Med.* 2022;28(7):1447-54. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01895-z>
 29. Bueno C. Entrevista. Ramón López de Mántaras. Los problemas más importantes de la IA aún no están resueltos. *Fundación Ramón Areces.* 2020;28:1-11. Disponible en: <https://www.fundacionareces.es/recursos/doc/portal/2023/07/21/entrevista-ramon-lopez-de-mantaras.pdf>
 30. López de Mántaras R, Brunet P. Qué es la inteligencia artificial. *PAPELES de relaciones ecosociales y cambio global.* 2023/2024;164:13-21. Disponible en: [https://www.dialnet-QueEsLaInteligenciaArtificial-9287111%20\(3\).pdf](https://www.dialnet-QueEsLaInteligenciaArtificial-9287111%20(3).pdf)
 31. Bignami EG, Berdini M, Panizzi M, Domenichetti T, Bezzi F, Allai S, et al. Artificial intelligence in sepsis management: An overview for clinicians. *J Clin Med.* 2025;14(1):286. <https://doi.org/10.3390/jcm14010286>

Telemedicina en la Unidad de Cuidados Intensivos: impacto en la optimización de recursos y mejora de la calidad asistencial

DR. LUIS A. FLORES, DRA. KARINA LOZANO, DR. CRISTIAN G. CEREZO, DR. MARIO KENAR

Introducción

La Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) es un entorno especializado que atiende a pacientes en estado crítico, y requiere de recursos humanos y tecnológicos altamente complejos. No obstante, el aumento en la demanda de atención intensiva, junto con la escasez de intensivistas y las restricciones económicas de los sistemas de salud, plantea desafíos significativos para garantizar una atención de calidad. En este contexto, la telemedicina aplicada a la UCI (tele-UCI) surge como una solución innovadora que combina avances tecnológicos y organizativos para optimizar recursos y mejorar los resultados clínicos. Este enfoque permite a los intensivistas supervisar y gestionar pacientes de forma remota, mediante sistemas audiovisuales y plataformas de datos en tiempo real, complementando la atención presencial. Evidencia reciente indica que la tele-UCI no solo facilita el monitoreo continuo, sino que también promueve la adherencia a guías clínicas y reduce costos asociados a estancias prolongadas o complicaciones prevenibles.

En este artículo, se evalúa el impacto de la tele-UCI, con énfasis en la optimización de recursos y la mejora de la calidad asistencial, respaldado por estudios actualizados.

Objetivos de aprendizaje

- Comprender el impacto de la telemedicina en la optimización de recursos humanos y materiales en las UCI.
- Evaluar cómo la tele-UCI mejora la calidad asistencial mediante la reducción de la mortalidad, la adherencia a guías clínicas y la capacitación del personal.
- Identificar los desafíos y perspectivas futuras de la tele-UCI, incluso las barreras tecnológicas y organizativas.

Desarrollo

Optimización de recursos mediante la tele-UCI

La tele-UCI aborda directamente la escasez de intensivistas, un problema crítico en diversas regiones.

Por ejemplo, en los Estados Unidos, se proyecta que, para 2030, solo se cubrirá el 65% de las horas necesarias de estos especialistas, lo que compromete el modelo “cerrado” de UCI dirigido exclusivamente por intensivistas.¹

Mediante el modelo “hub-and-spoke” (centro y radios), la telemedicina conecta centros de referencia con unidades periféricas, lo que hace posible que un solo intensivista supervise múltiples UCI remotas. Esto extiende la experiencia médica a hospitales rurales o con recursos limitados, evitando traslados de personal o pacientes. Un estudio multicéntrico reciente mostró que la tele-UCI redujo un 15% los traslados interhospitalarios, y disminuyó los costos logísticos y los tiempos de respuesta al gestionar casos complejos de forma remota.²

Asimismo, la supervisión remota optimiza el uso de camas de la UCI, un recurso crítico y costoso. En un análisis retrospectivo, se halló que las UCI con telemedicina acortaron la estancia media en 0.62 días (IC95% de -1.21 a -0.04), esto incrementó la rotación de pacientes y alivió la presión sobre la capacidad hospitalaria.³ Este beneficio se atribuye a la detección temprana de deterioros clínicos y a intervenciones oportunas, facilitadas por sistemas de monitoreo continuo y alertas automáticas.

En términos de recursos humanos, la tele-UCI reduce la carga del personal de enfermería y médicos no especializados al brindar soporte experto en tiempo real. Durante la pandemia de la COVID-19, las UCI con telemedicina ampliaron su capacidad al hacer posible que enfermeras y residentes gestionaran pacientes graves bajo la guía remota de intensivistas, optimizando la fuerza laboral disponible.⁴ Sin embargo, la implementación de la tele-UCI requiere una inversión inicial en infraestructura (equipos audiovisuales, **softwares** y conectividad), lo que puede ser un obstáculo económico.⁵ A pesar de ello, algunos modelos financieros sugieren que los ahorros a largo plazo, deriva-

dos de la reducción de complicaciones y estancias, compensan dichos costos.

Mejora de la calidad asistencial

La calidad asistencial en las UCI se evalúa mediante indicadores, como mortalidad, adherencia a guías clínicas y satisfacción del personal y los pacientes. Los primeros estudios sobre tele-UCI mostraron resultados mixtos. En 2004, un estudio observacional reportó una menor tasa de mortalidad hospitalaria (9,4% vs. 12,9%; RR 0,73; IC95% 0,55-0,95) y una estancia en la UCI más corta (3,63 días [IC95% 3,21-4,04] vs. 4,35 días [IC95% 3,93-4,78]) durante períodos de atención remota.⁶ Sin embargo, en un análisis de 2009, no se hallaron diferencias significativas en la tasa de mortalidad ni la estancia tras ajustar por gravedad.⁷

Investigaciones más amplias y recientes han sido más consistentes. Según un metanálisis de 2011, con 13 estudios y 41.374 pacientes, la tele-UCI redujo la mortalidad en las UCI (OR 0,82; IC95% 0,66-0,97) y la estancia en la UCI (diferencia media: -1,26 días; IC95% de -2,21 a -0,30), aunque no impactó sobre la mortalidad ni la estancia hospitalarias totales.⁸ De manera similar, en un metanálisis de 19 ensayos, en 2017, se confirmaron reducciones en la mortalidad y la estancia en la UCI, sin mejoras en los indicadores hospitalarios globales.⁹ Por el contrario, en un ensayo clínico aleatorizado llevado a cabo en Brasil, no se hallaron efectos significativos en la estancia ni la mortalidad, y sugiere limitaciones en el modelo actual de telemedicina.¹⁰

La supervisión remota también mejora la prevención de eventos adversos. En un estudio observacional, se comunicó un aumento del 40% en la adherencia a prácticas óptimas de ventilación en las UCI con telemedicina, con una reducción de lesiones pulmonares asociadas.¹¹ Además, la tele-UCI fortalece la formación del personal local al facilitar la interacción con especialistas remotos. Durante la pandemia en la Argentina, las “tele-revistas” promovieron la coordinación y el aprendizaje entre profesionales de distintas regiones.¹² En otro caso, la revisión de eventos críticos grabados por tele-UCI sirvió como herramienta educativa, mejorando la gestión “al lado de la cama del paciente” y la comunicación multidisciplinaria.¹³

No obstante, los beneficios varían según factores organizativos. Un estudio etnográfico destacó que las UCI con alta aceptación del personal y colaboración fluida con equipos remotos obtienen mejores resultados, mientras que la resistencia cultural o la falta de protocolos consistentes limitan su eficacia.¹⁴ Cabe señalar que la tele-UCI no sustituye a los intensivistas presenciales en casos complejos que demandan intervenciones inmediatas.

Desafíos y perspectivas futuras

La tele-UCI enfrenta barreras, como la dependencia de una conectividad estable, crucial en áreas rurales, y la falta de estandarización en sus modelos (monito-

reo continuo vs. consultivo), lo que genera resultados heterogéneos.¹⁵ Además, la inequidad en el acceso a esta tecnología podría ampliar las brechas entre hospitales con distintos recursos económicos.

El futuro de la tele-UCI requiere investigaciones que definan la “dosis” óptima de intervención remota (pacientes por intensivista, horas de cobertura) y las competencias del personal. La integración con la inteligencia artificial y el análisis predictivo podría potenciar su capacidad para prevenir complicaciones, y así optimizar aún más los recursos y la calidad asistencial.

Conclusiones

La telemedicina en la UCI transforma la atención intensiva al optimizar recursos humanos y materiales, extender la experiencia de los intensivistas, reducir traslados y mejorar la gestión de camas. Asimismo, eleva la calidad asistencial al disminuir la mortalidad en la UCI, aumentar la adherencia a guías clínicas y fortalecer la capacitación del personal. Aunque los costos iniciales y las barreras organizativas son retos importantes, la evidencia respalda su viabilidad a largo plazo en sistemas de salud modernos. Para maximizar su impacto, se deben adaptar los modelos a los contextos locales, fomentar una implementación colaborativa e investigar enfoques híbridos que integren lo mejor de la atención presencial y la remota. En un escenario de creciente demanda de cuidados intensivos, la tele-UCI se consolida como una estrategia clave para los desafíos del siglo XXI.

Conceptos clave

- Optimización de recursos: la tele-UCI aborda la escasez de intensivistas mediante el modelo “hub-and-spoke”, al permitir la supervisión remota de múltiples unidades, reduciendo los traslados (15%) y la duración media de la estancia (0,62 días).
- Mejora de la calidad asistencial: estudios muestran que la tele-UCI reduce la mortalidad en la UCI (OR 0,82) y mejora la adherencia a prácticas óptimas, como la ventilación (40% más), aunque los resultados varían según la implementación.
- Soporte durante crisis: durante la pandemia de la COVID-19, la tele-UCI amplió la capacidad de las UCI al guiar a personal no especializado, optimizando la fuerza laboral.
- Desafíos de implementación: la tele-UCI requiere inversión inicial en infraestructura y enfrenta barreras, como conectividad inestable y resistencia cultural, que afectan su eficacia.
- Perspectivas futuras: la integración con inteligencia artificial y la estandarización de modelos (monitoreo continuo vs. consultivo) son clave para maximizar el impacto de la tele-UCI en el futuro.

Referencias bibliográficas

1. Kahn JM, Le T, Angus DC, Cox CE, Hough CL, White DB, et al. The epidemiology of chronic critical illness in the United States. *Crit Care Med*. 2015;43(2):282-7. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000710>
2. Feng X, Zhang G, Zhang S, Chen D, Zhou M, Zeng L, et al. The effect of a three-level remote alliance on critical care in grassroots areas: a multi-center, retrospective study. *J Multidiscip Healthc*. 2022;15:2809-15. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S390711>
3. Becker CD, Fusaro M, Al Aseri Z, Millerman K. Effects of telemedicine ICU intervention on care standardization and patient outcomes: an observational study. *Crit Care Explor*. 2020;2(7):e0165. <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000000165>
4. Subramanian S, Pamplin JC, Hravnak M, Hielsberg C, Riker R, Rincon F, et al. Tele-critical care: an update from the Society of Critical Care Medicine Tele-ICU Committee. *Crit Care Med*. 2020;48(4):553-61. <https://doi.org/10.1097/CCM.00000000000004190>
5. Udeh C, Udeh B, Rahman N, Canfield C, Campbell J, Hata JS. Telemedicine/virtual ICU: where are we and where are we going? *Methodist Debakey Cardiovasc J*. 2018;14(2):126-33. <https://doi.org/10.14797/mdcj-14-2-126>
6. Breslow MJ, Rosenfeld BA, Doerfler M, Burke G, Yates G, Stone DJ, et al. Effect of a multiple-site intensive care unit telemedicine program on clinical and economic outcomes: an alternative paradigm for intensivist staffing. *Crit Care Med*. 2004;32(1):31-8. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000104204.61296.41>
7. Thomas EJ, Lucke JF, Wueste L, Weavind L, Patel B. Association of telemedicine for remote monitoring of intensive care patients with mortality, complications, and length of stay. *JAMA*. 2009;302(24):2671-8. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.1902>
8. Young LB, Chan PS, Lu X, Nallamothu BK, Sasson C, Cram PM. Impact of telemedicine intensive care unit coverage on patient outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med*. 2011;171(6):498-506. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2011.61>
9. Chen J, Sun D, Yang W, Liu M, Zhang S, Peng J, et al. Clinical and economic outcomes of telemedicine programs in the intensive care unit: a systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care Med*. 2018;33(7):383-93. <https://doi.org/10.1177/0885066617726942>
10. Pereira AJ, Noritomi DT, Dos Santos MC, Correa TD, Ferraz LJR, Schettino GPP, et al. Effect of Tele-ICU on clinical outcomes of critically ill patients: the TELESCOPE randomized clinical trial. *JAMA*. 2024;332(21):1798-1807. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.20651>
11. Lilly CM, McLaughlin JM, Zhao H, Baker SP, Cody S, Irwin RS, et al. A multicenter study of ICU telemedicine reengineering of adult critical care. *Chest*. 2014;145(3):500-7. <https://doi.org/10.1378/chest.13-1973>
12. Silberman P, López E, Medina A, Díaz Bazán JM, Gómez Marquisio MD, López GA. Tele-revistas en unidades de terapia intensiva: coordinación asistencial y aprendizaje en el marco de la pandemia. *Revista Argentina De Salud Pública* 2020;12:e6. Disponible en: <https://rasp.msal.gov.ar/index.php/rasp/article/view/76>
13. Gold AK, Huffenberger A, Lane-Fall M, López JLP, Rock KC. Leveraging telemedicine for quality improvement video review of critical ICU events: a novel multidisciplinary form of education. *Crit Care Explor*. 2021;3(9):e0536. <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000000536>
14. Kahn JM, Rak KJ, Kuza CC, Ashcraft LE, Barnato AE, Fleck JC, et al. Determinants of intensive care unit telemedicine effectiveness: an ethnographic study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;199(8):970-9. <https://doi.org/10.1164/rccm.201802-0259OC>
15. Guinemer C, Boeker M, Fürstenau D, Poncette A-S, Weiss B, Mörgeli R, et al. Telemedicine in intensive care units: scoping review. *J Med Internet Res*. 2021;23(11):e32264. <https://doi.org/10.2196/32264>

INVESTIGACIÓN, MEDICINA BASADA EN EVIDENCIA Y SOSTENIBILIDAD

Hacia una Unidad de Cuidados Intensivos verde. Estrategias para reducir la huella ambiental en cuidados intensivos

DR. MARIANO G. ANDRADA, DRA. GRACIELA CUETO, BIOC. GABRIELA D'ISA, DR. ALEJANDRO RISSO VÁZQUEZ

Introducción

Poder atenuar el cambio climático es un desafío para el sistema de salud, los eventos climáticos extremos (altas temperaturas, fuertes vientos, intensas lluvias, etc.) impactan en la salud produciendo desde trastornos mentales, desnutrición, desplazamiento, hasta la diseminación de enfermedades infecciosas que afectan a la población mundial.¹ La carga de enfermedades relacionadas con el cambio climático está creciendo y, a su vez, contribuye a él.

El impacto ambiental de la unidad de cuidados intensivos (UCI) es considerable debido al nivel de recursos consumidos, al gasto energético y a la gran cantidad de desechos médicos. Para abordar este impacto surge un movimiento denominado *Global Green ICU*,² comprometido en iniciativas de sustentabilidad. La *European Society of Intensive Care Medicine* (ESICM) da directivas para un cuidado de las UCI sustentable.³ Otro ejemplo de una UCI verde es la iniciativa *Choosing Wisely*, que plantea usar menos recursos manteniendo el mismo nivel de cuidado.⁴

Se propone actuar en cuatro áreas clave: atención clínica, investigación e innovación, educación del personal sanitario y liderazgo institucional. Las acciones se categorizan en niveles según su complejidad y costo, desde intervenciones simples y de bajo impacto hasta transformaciones estructurales, y se organizan en tres niveles según su complejidad e inversión:

- **Nivel 1:** bajo costo y fácil implementación (p. ej., ahorro energético, reutilización de materiales, educación del personal).
- **Nivel 2:** inversión moderada (p. ej., digitalización, equipos más eficientes).
- **Nivel 3:** mayor impacto y costo (p. ej., energía renovable, rediseño de edificios, cambio cultural).

Estas iniciativas promueven la creación de equipos multidisciplinarios dentro de las UCI para identificar y eliminar prácticas clínicas de bajo valor, y adaptarlas al contexto local.

Objetivos de aprendizaje

- Analizar estrategias sostenibles en las UCI que permitan reducir su impacto ambiental —incluye el consumo energético, el uso de recursos y la contaminación— mediante un enfoque interdisciplinario que considere la seguridad del paciente, la viabilidad económica y las innovaciones tecnológicas.

Módulo 1: Introducción a la sostenibilidad en el entorno hospitalario

- Impacto ambiental del sector de la salud**
- Concepto de “hospitales verdes” y su aplicación en las UCI. Normativas y certificaciones ambientales en hospitales (incluye normativas locales)**

El sector de la salud es esencial para la promoción y protección de la vida humana, genera un impacto ambiental a través del consumo de recursos, de los residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero. La UCI es el área dentro del sistema de salud que más recursos, tecnología y energía consume.³ Se estima que el sistema sanitario global es responsable de aproximadamente el 4,4% de las emisiones netas de carbono en el mundo.⁵ Este impacto se debe al uso constante de energía, al transporte de insumos y pacientes, al consumo de productos farmacéuticos y la generación de desechos clínicos peligrosos.

A partir del artículo de Baid, se pueden identificar estrategias específicas orientadas a la reducción del consumo energético y de recursos en las UCI, como parte de un enfoque integral hacia la sostenibilidad ambiental. Estas estrategias tienen como objetivo disminuir la huella ecológica y mejorar la eficiencia operativa sin comprometer la calidad de la atención.

Uno de los ejes fundamentales para lograr este objetivo es la evaluación del consumo energético a través de herramientas, como el análisis de ciclo de vida (*Life cycle assessment*). Esta metodología identifica los procesos clínicos o logísticos que demandan mayor cantidad de energía o recursos materiales, y así

facilita una toma de decisiones basada en evidencia. El análisis de flujo de materiales (*Material flow analysis*), complementariamente, permite trazar el recorrido de los recursos utilizados, desde su adquisición hasta su descarte, y ayuda a detectar ineficiencias en el uso de insumos y energía. La optimización del uso de la energía en la UCI mediante la incorporación de tecnologías eficientes, como la modernización de equipos biomédicos y sistemas de climatización, resulta clave, dado que estos componentes representan una parte sustancial del consumo energético en esta área. La transición hacia sistemas automatizados de iluminación y ventilación, con sensores de presencia y control ambiental, también se presenta como una medida de bajo impacto clínico y de alto potencial de ahorro energético.

En cuanto al uso racional de recursos materiales, se recomienda **reducir** el empleo de **productos descartables** cuando sea posible, y promover alternativas **reutilizables** que cumplan con los estándares de bioseguridad. La evaluación crítica de protocolos clínicos que impliquen un consumo elevado de insumos (p. ej., uso rutinario de sondas, guantes o soluciones intravenosas) permite identificar oportunidades para minimizar el desperdicio. En este sentido, la revisión de prácticas clínicas de bajo valor se convierte en una herramienta para alinear la eficiencia ambiental con la eficacia terapéutica.

Asimismo, la **implementación** de estas estrategias debe ir acompañada de un **enfoque institucional**, mediante la formación de equipos multidisciplinarios que diseñen e implementen planes de sostenibilidad energética adaptados al contexto local. Esta participación colaborativa favorece la apropiación de los cambios por parte del personal y facilita la superación de resistencias organizacionales. La reducción del consumo energético y de recursos en las UCI requiere una combinación de diagnóstico técnico, innovación tecnológica y compromiso institucional.

El concepto de “hospital verde” hace referencia a un modelo de institución sanitaria comprometida con la sostenibilidad ambiental, la eficiencia energética, la gestión responsable de residuos y la promoción de prácticas saludables para el medio ambiente y la comunidad.⁶ La evidencia sugiere que es posible mantener una atención de alta calidad para el paciente, mientras se adoptan medidas que reducen la huella ecológica del entorno crítico.^{3,7}

Existen diversas normativas y certificaciones que orientan a los hospitales en el camino hacia la sostenibilidad. A nivel internacional, se destacan certificaciones, como la ISO 14001 (gestión ambiental) y la LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), que establecen estándares para la eficiencia energética, el uso responsable del agua, los materiales sostenibles y la calidad ambiental interior. En algunos países, como la Argentina, existen regulaciones específicas, por ejemplo, las enmarcadas en la Ley Gene-

ral del Ambiente N.º 25.675,⁸ y disposiciones locales emitidas por ministerios de salud y medio ambiente, que exigen el tratamiento adecuado de residuos patogénicos, la eficiencia en el consumo de recursos y el cumplimiento de estándares de infraestructura sanitaria sostenible.

Módulo 2: Energía y eficiencia en la UCI

- a. **Uso eficiente de la iluminación: ventajas de las luces natural y led**
- b. **Estrategias para reducir el consumo eléctrico de equipos médicos**
- c. **Implementación de energías renovables en hospitales**
- d. **Aspectos económicos de la implementación de energías renovables**

La eficiencia energética en la UCI representa un eje fundamental para reducir su huella ecológica, considerando que estas áreas hospitalarias operan las 24 horas, con alta densidad tecnológica y requerimientos ambientales estrictos. La iluminación representa una proporción considerable del consumo energético en las UCI. El uso de luz natural se asocia a beneficios no solo ambientales, sino también clínicos, como menor incidencia de delirio y estancias hospitalarias más breves.⁹ La sustitución de sistemas de iluminación convencionales por tecnología led permite reducir el consumo hasta un 80%, además de prolongar la vida útil de los dispositivos. La implementación de sensores de presencia y automatización del encendido/apagado son medidas de bajo costo y alto impacto.³ Los sistemas de climatización y los equipos biomédicos son grandes consumidores de energía en la UCI. La modernización de estos equipos con versiones de alta eficiencia energética, sumada a prácticas, como el apagado de dispositivos no esenciales y el uso de energía bajo demanda, permiten una gestión energética más racional. El mantenimiento preventivo y el etiquetado energético son prácticas recomendadas por organismos internacionales para optimizar estos sistemas.

La instalación de paneles solares o sistemas híbridos para suplir parte de la demanda eléctrica de la UCI es una medida en crecimiento. Aunque la inversión inicial es significativa, los beneficios a largo plazo en reducción de emisiones y autonomía energética son considerables. Proyectos piloto en hospitales europeos han demostrado que es posible suplir hasta el 40% de la demanda energética total mediante fuentes renovables.¹⁰ Los análisis de costo-beneficio muestran que la implementación de energías renovables resulta rentable en el mediano plazo (5-10 años), además de ofrecer resiliencia frente a crisis energéticas y reducción de la dependencia de combustibles fósiles. Se destaca la importancia de acceder a financiamiento institucional o estatal y la posibilidad de incorporar estos proyectos en planes de infraestructura hospitalaria sustentable.^{3,11}

Módulo 3: Gestión de residuos y reciclaje

- a. Separación de residuos hospitalarios: biocontaminantes, reciclables y peligrosos
- b. Reducción de plásticos de un solo uso en la UCI
- c. Reciclaje de metales y componentes electrónicos en equipos biomédicos
- d. Normativas locales sobre el tratamiento de residuos hospitalarios

La separación de residuos hospitalarios en las UCI debe realizarse en el punto de generación, clasificando los residuos en tres grandes categorías: biocontaminantes, reciclables y peligrosos.

Los residuos biocontaminantes incluyen materiales que han estado en contacto con fluidos corporales o pacientes con enfermedades transmisibles (como gasas, sondas o guantes contaminados) y deben descartarse en bolsas rojas o blancas rotuladas como riesgo biológico, destinadas a un tratamiento especial o la incineración. Los residuos reciclables, como envases plásticos limpios, papeles o cartón, deben separarse en bolsas verdes o azules, siempre que no hayan estado en contacto con materiales infecciosos. Por su parte, los residuos peligrosos no biológicos, como medicamentos vencidos, pilas, productos químicos o elementos cortopunzantes (aguja, bisturí), requieren contenedores rígidos y diferenciados (amarillos, negros o blancos) según el tipo. Los plásticos descartables representan una porción significativa del residuo hospitalario. Se ha demostrado que las iniciativas, como el reemplazo de batas y campos quirúrgicos por opciones reutilizables, disminuyen tanto los costos como los residuos generados.¹² También se promueve el uso racional de guantes, mascarillas y sondas, evitando su uso innecesario sin comprometer la bioseguridad. Los equipos médicos en desuso contienen metales valiosos y componentes electrónicos reciclables. La gestión adecuada incluye el desensamblaje, el reciclaje y la disposición final responsable, promoviendo alianzas con empresas autorizadas. La economía circular aplicada al equipamiento biomédico es una tendencia en crecimiento que genera beneficios tanto ambientales como económicos.¹³ En la Argentina, la Ley General del Ambiente N.º 25.675 establece el principio de sustentabilidad, y la Ley N.º 24.051¹⁴ regula los residuos peligrosos. Las jurisdicciones locales han complementado estas normativas: la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Ley N.º 154)¹⁵ y la Provincia de Buenos Aires (Ley N.º 11.347)¹⁶ imponen obligaciones específicas para establecimientos de salud en cuanto a la segregación, recolección, transporte y tratamiento de residuos sanitarios.

Módulo 4: Uso responsable de insumos médicos y farmacológicos

- a. Optimización en la administración de fármacos para reducir el desperdicio

- b. Impacto ambiental de los desechos farmacéuticos y estrategias de mitigación
- c. Alternativas a los materiales desechables en la atención del paciente

El uso responsable de insumos médicos y farmacológicos en una UCI implica asegurar la calidad y seguridad de la atención, evitando el desperdicio de recursos. La UCI es un importante generador de residuos. Los medicamentos contribuyen al impacto ambiental especialmente en cuidados intensivos, lo que indica un rol importante para los farmacéuticos en el establecimiento de una UCI ambientalmente sustentable.^{13,17} Ellos deben asegurar que se administren solo los medicamentos necesarios dentro de la UCI, revisando diariamente los que recibe el paciente, asesorando sobre la fecha de interrupción de los fármacos de uso temporal;⁷ seleccionando la vía de administración correcta del medicamento (enteral o parenteral),¹⁸ la velocidad de infusión y el volumen apropiado de soluciones o jeringas por usar.¹⁹ Cambiar la vía de administración del paracetamol, de parenteral a oral, reduce las emisiones de carbono hasta 16 veces.²⁰ Finalmente, una tarea importante radica en reducir y gestionar los residuos farmacéuticos, por ejemplo, controlando la fecha de caducidad, cambiando la existencia a jeringas precargadas, esterilizadas y listas para administrar;²¹ asesorando sobre el uso más extendido de bolsas de infusión no manipuladas.

La enfermería en la UCI es una de las principales fuerzas laborales; por lo tanto, su participación es fundamental para reducir la huella ambiental. En cada turno, controlan los parámetros de los pacientes, preparan y administran medicación, hidratación y nutrición, cuidado personal y cambian la ropa de cama, todo lo cual implica recursos con impacto ambiental.^{22,23} Los principios de la economía circular fomentan el uso de suministros reutilizables^{3,24} para evitar generar grandes volúmenes de residuos, como batas reutilizables,¹² el uso de agua no estéril para limpieza bucal o irrigación enteral, reducción de los cambios rutinarios a semanales de vías intravenosas, cambio de tubuladuras del respirador solo si están sucias. Evitar el uso innecesario de guantes y equipo de protección personal son otras de las prácticas para reducir el desperdicio excesivo.²⁵ Es esencial que todo el equipo de salud se asegure de que los residuos se descarten en el contenedor adecuado evitando la incineración innecesaria y apoyando el reciclaje cuando sea posible.

Módulo 5: Reducción de la exposición a radiaciones y contaminantes químicos

- a. Estrategias para minimizar el uso de radiografías innecesarias
- b. Uso de métodos alternativos de diagnóstico
- c. Ventilación y purificación del aire en las UCI

La exposición innecesaria a radiaciones ionizantes y contaminantes químicos en las UCI no solo impacta en la seguridad del paciente, sino también en la salud del

personal sanitario y en la sostenibilidad ambiental del entorno hospitalario. El uso excesivo de estudios por imágenes, especialmente radiografías de tórax diarias en pacientes críticos, ha sido una práctica tradicional en las UCI. Sin embargo, la estrategia de indicación clínica en lugar de rutina no afecta negativamente los resultados clínicos y puede reducir, de manera significativa, los costos y la exposición a la radiación.²⁵

Un metanálisis publicado en el *British Medical Journal* reveló que la suspensión de prácticas diagnósticas rutinarias no esenciales (análisis de sangre o radiografías de tórax diarias) fue una práctica segura y efectiva, y que no incrementa la mortalidad ni los eventos adversos.³ A su vez, esta reducción permite disminuir el consumo de insumos médicos y energía, y minimizar los residuos peligrosos. Entre las estrategias recomendadas, se destaca el uso de herramientas no ionizantes, como la ecografía al pie de la cama, que, según se ha demostrado, tiene una precisión diagnóstica igual o más alta en diversas enfermedades críticas, como neumotórax, derrames pleurales o insuficiencia cardíaca.²⁵

La ecografía también puede reemplazar a las radiografías para confirmar la posición de sondas nasogástricas o vías centrales, así como para la evaluación dinámica de la respuesta a la fluidoterapia. El entrenamiento sistemático del equipo de salud para su uso seguro y eficiente constituye una inversión estratégica en sostenibilidad clínica.

El ambiente aéreo de las UCI puede acumular contaminantes químicos (compuestos volátiles liberados por materiales hospitalarios) y biológicos (bacterias y hongos), que implican riesgos para los pacientes y el personal. Una ventilación adecuada con recambios de aire por hora, filtros HEPA y el control de la humedad relativa son medidas esenciales para mantener estándares de seguridad y confort ambiental.²⁶ El diseño arquitectónico debe prever circuitos de aire limpio, presión negativa en habitaciones de aislamiento y zonas de descanso con aire natural o purificado. Las intervenciones simples, como el mantenimiento regular de filtros y el uso de plantas descontaminantes en espacios comunes, también pueden contribuir a mejorar el entorno.¹⁰

Módulo 6: Diseño y arquitectura sostenible en las UCI

- a. Materiales de construcción ecológicos y su aplicación en hospitales**
- b. Diseños para maximizar el uso de la luz y la ventilación natural**
- c. Integración de espacios verdes en hospitales y su impacto en la recuperación de pacientes**

En las primeras décadas de las UCI, se prestaba escasa atención a aspectos, como la estética, la ergonomía, la seguridad ambiental y la sostenibilidad. Las salas solían ser compartidas, tenían iluminación artificial constante, sin acceso a luz natural y con visitas restringidas. Esta configuración no solo afecta

la experiencia del paciente, sino que también incrementa el estrés del personal y aumenta la posibilidad de errores clínicos.²⁶ Las UCI han evolucionado hacia modelos de diseño centrados en la privacidad del paciente, la participación familiar y el bienestar del equipo sanitario. Se reconoce el rol fundamental del diseño ergonómico en la preservación del confort físico y la seguridad del personal, facilitando la movilización del paciente y reduciendo la fatiga laboral, se incorporan criterios de sustentabilidad, eficiencia energética, reducción de residuos y elección de materiales ecológicos en todas las etapas del diseño, la construcción y la operación hospitalaria.⁹

El programa *Green Guide for Health Care* ha establecido criterios para el diseño sustentable de hospitales, promoviendo una planificación arquitectónica que considere el consumo energético a largo plazo, el uso eficiente del espacio y la calidad ambiental interior. En las UCI, la disposición física tiene un impacto directo sobre el uso energético. Por ejemplo, las habitaciones individuales se asocian con una menor tasa de infecciones nosocomiales, aunque su implementación implica un consumo energético más alto. La solución reside en el diseño de espacios flexibles, que incluyan zonas de amortiguación, circulación eficiente y estructuras adaptables sin sacrificar la funcionalidad. Este tipo de diseño se basa en principios de estandarización y modularidad que maximizan la eficiencia sin comprometer la adaptabilidad operativa.¹¹ Asimismo, la selección de materiales de construcción ha cobrado importancia, se priorizan aquellos que no emiten toxinas al ambiente. En estudios recientes, se informa que ya se dispone de alternativas ecológicas para paredes, pisos, techos y accesorios hospitalarios, inclusive sanitarios de bajo consumo y superficies libres de contaminantes.²⁷

Las normativas de diseño hospitalario recomiendan niveles específicos de iluminación según la función del área: 30 lux para circulación, 300 lux para documentación y entre 3000 y 10.000 lux para procedimientos clínicos.

La evidencia sugiere que los pacientes en la UCI que reciben luz natural tienen estancias más cortas y menos incidencia de delirio, aunque estos efectos no son universales. Más allá de los beneficios clínicos, la luz natural contribuye significativamente al ahorro energético. Por ello, se promueve una cultura de eficiencia que incluye apagar dispositivos no esenciales, aprovechar la iluminación solar e incorporar sistemas inteligentes que regulen la luz según el entorno. También se propone la instalación de techos solares que cubren parcialmente la demanda eléctrica, integrando eficiencia tecnológica y autonomía energética.⁹

Históricamente, las plantas estuvieron prohibidas en espacios hospitalarios por el riesgo de infecciones, especialmente en pacientes inmunosuprimidos. Sin embargo, en estudios más recientes, se ha demostrado que su colocación en áreas comunes, como

salas de espera o jardines, puede generar efectos terapéuticos positivos. Los pacientes que tienen acceso visual o físico a elementos naturales refieren menos estrés y tasas reducidas de delirio. Al mismo tiempo, el personal de salud experimenta menos agotamiento emocional, mayor alerta y niveles de ausentismo más bajos luego de descansar en espacios verdes. Las ventanas con vistas a plantas y árboles contribuyen a una distracción positiva, aunque el impacto directo sobre la mortalidad hospitalaria es limitado. No obstante, los beneficios sobre el entorno laboral y el bienestar general son contundentes y justifican su inclusión en entornos críticos, como las UCI.⁹

Módulo 7: Implementación de estrategias y estudios de caso

- a. **Experiencias exitosas en las UCI verdes a nivel mundial**
- b. **Barreras y desafíos en la implementación de estrategias sostenibles**
- c. **Creación de planes de acción adaptados a cada institución**
- d. **El rol de la tecnología en la sostenibilidad de las UCI**
- e. **Colaboración interdisciplinaria para la implementación de estrategias**

Durante el período 2020-2021, el 65% de las 20 UCI en Nueva Zelanda y el 40% de las 153 UCI en Australia contaban con, al menos, un profesional clínico o un equipo específico encargado de implementar estrategias de sostenibilidad ambiental. Estos porcentajes reflejan un aumento en comparación con los datos de 2019-2020, que eran del 48% y 36%, respectivamente.³ Si bien no existen cifras equivalentes informadas por otros países, este incremento en Oceanía representa un cambio significativo en la cultura organizacional de los servicios críticos. Un ejemplo destacado es el caso del Hospital de Christchurch, una UCI terciaria de Nueva Zelanda, con 36 camas y aproximadamente 300 empleados. En 2018, el personal de la unidad creó un “Equipo Verde” como respuesta a la creciente preocupación por el impacto ambiental de la atención crítica. Este equipo ha actuado como motor de cambio desde adentro, promoviendo liderazgo, coordinación, educación y responsabilidad institucional para mejorar las prácticas sostenibles. Además, fomenta la adopción de conductas responsables por parte del personal de salud en áreas, como el uso de energía, el transporte, la alimentación, la gestión de residuos y la reducción de emisiones de carbono.³

El camino hacia la sostenibilidad en las UCI implica una transformación profunda del modelo tradicional de atención. Una de las principales barreras identificadas es la necesidad de consensuar objetivos realistas que puedan implementarse progresivamente. Se recomienda comenzar con intervenciones simples, de bajo costo y fácil aplicación, como campañas para apagar luces o equipos en desuso, promoción del re-

ciclaje o incentivos para el transporte compartido del personal.

La **cuantificación del impacto ambiental** es fundamental para visibilizar los logros y orientar las mejoras. Por ejemplo, una reducción del 10% en las emisiones de carbono de un sector que representa el 50% del total hospitalario implica una disminución global del 5%, mientras que esa misma reducción en un sector que solo contribuye con el 5% de las emisiones equivale a una mejora relativa del 90%. Además, los contextos energéticos influyen en la estrategia por seguir: en países con matrices altamente carbonizadas, como Australia, Alemania, China y Estados Unidos, las acciones deben enfocarse en la eficiencia energética, la transición a electricidad renovable y la electrificación hospitalaria. En cambio, en países con energía más limpia, como Francia y Suecia, se debe priorizar la optimización del uso de fármacos y dispositivos médicos, que representan focos relevantes de huella de carbono debido a su producción e importación.³ Según Hunfeld et al.,¹³ los cinco productos con mayor impacto ambiental en las UCI son: batas de aislamiento, cubrecamas, guantes no estériles, mascarillas quirúrgicas y jeringas.

El desarrollo de **planes de acción institucionales** representa una herramienta clave para implementar prácticas sostenibles de forma estructurada. Estos planes deben partir de un diagnóstico ambiental específico, considerando factores, como el tamaño del hospital, su nivel de complejidad, los recursos disponibles y la cultura interna. Deben diseñarse con una perspectiva escalonada, comenzando por intervenciones de bajo impacto económico, como la optimización del consumo energético, la formación del personal o la mejora en la gestión de residuos. Asimismo, es fundamental establecer indicadores claros y medibles, como la cantidad de residuos generados por cama/día, el consumo energético por unidad funcional o la reducción del empleo de materiales de un solo uso. Esta **evaluación continua** permite ajustar el plan y reforzar su eficacia operativa.³ La flexibilidad también es un componente esencial, ya que no todas las instituciones cuentan con los mismos recursos. Por ello, cada plan debe estar alineado con la realidad y capacidad de la institución, evitando modelos rígidos o inalcanzables, y promoviendo un enfoque incremental hacia la sostenibilidad.

La **tecnología constituye un eje central** para avanzar hacia la sostenibilidad ambiental en las UCI. Por un lado, la digitalización de los procesos clínicos y administrativos ha permitido reducir significativamente el uso de papel y mejorar la eficiencia operativa. Por otro lado, los sistemas inteligentes de climatización, ventilación e iluminación permiten adaptar el consumo energético a la ocupación real de la unidad, logrando un ahorro sustancial sin afectar la calidad de atención. Tecnologías, como sensores de movimiento, sistemas de iluminación led regulables y termostatos progra-

mables, forman parte de esta transición, al igual que los sistemas de monitoreo en tiempo real que permiten evaluar la huella de carbono de distintos procesos asistenciales.²² Además, algunas herramientas, como el análisis de ciclo de vida y el análisis de flujo de materiales, facilitan la identificación de puntos críticos en el consumo de recursos y permiten orientar las decisiones hacia prácticas de menor impacto ambiental.¹³ En paralelo, los avances en dispositivos biomédicos permiten disponer de equipamientos más eficientes, reutilizables o fabricados con materiales de bajo impacto, esto representa un paso importante en la reducción de residuos y emisiones indirectas. La tecnología también mejora la comunicación entre equipos, lo que potencia la toma de decisiones interdisciplinaria basada en datos concretos.²⁸

La sostenibilidad ambiental en las UCI no puede abordarse de manera individual ni aislada. Por el contrario, requiere la **formación de equipos interdisciplinarios** que integren las distintas áreas del cuidado crítico: medicina, enfermería, farmacia, ingeniería hospitalaria, gestión ambiental y administración.²⁹ El modelo del **“Equipo Verde de la UCI”** propone una estructura organizada y operativa para liderar y coordinar estas iniciativas. Idealmente, este equipo debe incluir representantes de todas las disciplinas implicadas, aunque su composición puede adaptarse según las posibilidades de cada institución. Lo fundamental es que funcione como un núcleo de gestión, liderazgo y formación en sostenibilidad ambiental.²⁸ La clave de su éxito radica en el enfoque colaborativo y en la capacidad de adaptar estrategias globales a contextos locales. La sostenibilidad, en este sentido, deja de ser una tarea periférica y se convierte en una responsabilidad compartida, transversal a todos los procesos clínicos y administrativos del entorno hospitalario.

Conceptos clave

Impacto ambiental, UCI sostenibles, equipo verde.

- **Impacto ambiental del sistema de salud y de las UCI:** las UCI son altamente demandantes de recursos y energía, y generan gran cantidad de residuos. Esto representa una parte significativa de la huella de carbono del sector de la salud, estimada en un 4,4% a nivel global.
- **Estrategias de sostenibilidad en cuidados críticos:** se promueve una transformación integral basada en: eficiencia energética, uso racional de insumos, gestión adecuada de residuos, digitalización, ventilación segura y diseño arquitectónico sostenible, con acciones organizadas por niveles de complejidad y costo.
- **Equipos “verdes” y enfoque interdisciplinario:** la creación de equipos multidisciplinarios dentro de las UCI (equipos verdes) permite liderar e implementar cambios sostenibles, adaptados al contexto local y con participación activa de todos los sectores del cuidado crítico.

- **Normativas y certificaciones ambientales:** existen marcos regulatorios internacionales (ISO 14001, LEED) y locales (Ley General del Ambiente) que orientan a los hospitales en prácticas sostenibles y gestión de residuos, garantizando la seguridad sanitaria y ambiental.
- **Tecnología e innovación como aliadas clave:** la incorporación de tecnologías eficientes, energías renovables, automatización inteligente y herramientas, como el análisis de ciclo de vida, facilita la toma de decisiones clínicas y operativas con un menor impacto ecológico, sin afectar la calidad asistencial.

Referencias bibliográficas

1. Otorkpa OJ, Emmanuel S, Obuye F, Otorkpa CO. Impact of climate change on global health: a comprehensive review. *International Journal of Environmental and Climate Change*. 2024;14(5):342-51. <https://doi.org/10.9734/ijeccl/2024/v14i54194>
2. McGain F, Story DA, Kayak E, Hunter P. An introduction to a new series in Intensive Care Medicine: towards a green ICU. *Intensive Care Med*. 2023;49(1):62-4. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06930-8>
3. Baid H. Essential steps towards an environmentally sustainable intensive care unit. *Intensive Crit Care Nurs*. 2024;81:103621. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2023.103621>
4. Choosing wisely and climate action. *Choosing Wisely Canada*. Disponible en: <https://choosingwiselycanada.org/climate/>
5. Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K, Wang J. Health care's climate footprint: the health sector contribution and opportunities for action. *European Journal of Public Health*. 2020;30(Suppl_5). <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa165.843>
6. Organización Mundial de la Salud. Establecimientos de salud resilientes al clima y ambientalmente sostenibles. Orientaciones de la OMS; 2020. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/338922/9789240018563-spa.pdf?sequence=1>
7. De Waele J, Hunfeld N, Baid H, Ferrer R, Iliopoulous K, Ioan A, et al. Environmental sustainability in intensive care: the path forward. An ESICM Green Paper. *Intensive Care Med*. 2024;50:1729-39. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07662-7>
8. Ley General del Ambiente N.º 25.675. *Boletín Oficial*, 28-11-2022. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25675-79980/texto>
9. Verderber S, Gray S, Suresh-Kumar S, Kercz D, Parshuram C. Intensive care unit built environments: A comprehensive literature review (2005-2020). *HERD*. 2021;14(4):368-415. <https://doi.org/10.1177/19375867211009273>
10. Halpern NA, Scruth E, Rausen M, Anderson D. Four decades of intensive care unit design evolution and thoughts for the future. *Crit Care Clin*. 2023;39(3):577-602. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2023.01.008>
11. Quaglia CP, Yu N, Thrall AP, Paolucci S. Balancing energy efficiency and structural performance through multi-objective shape optimization: Case study of a rapidly deployable origami-inspired shelter. *Energy and Buildings*. 2014;82(3):733-45. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.063>
12. Vozzola E, Overcash M, Griffing E. Environmental considerations in the selection of isolation gowns: A life cycle assessment of reusable and disposable alternatives. *Am J Inf Control*. 2018;46(8):881-6. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.02.002>

13. Hunfeld N, Diehl JC, Timmermann M, van Exter P, Bouwens J, Browne-Wilkinson S, et al. Circular material flow in the intensive care unit - environmental effects and identification of hotspots. *Intensive Care Med.* 2023;49(1):65-74. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06940-6>
14. Ley de residuos peligrosos N.º 24.051. Boletín Oficial, 17-01-1992. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24051-450>
15. Ley de regulación de residuos patogénicos N.º 154. Ciudad Autónoma de Buenos Aires (1999). BOCBA, 17-05-1999. Disponible en: <https://buenosaires.gob.ar/areas/salud/regulacion/files/LeyeslaCABA/Ley154.pdf>
16. Ley de residuos patogénicos N.º 11.347. Provincia de Buenos Aires (1992). Boletín Provincial, 18-11-1992. Disponible en: https://www.ms.gba.gov.ar/sitios/pepst/wp-content/uploads/sites/222/2017/02/Ley_11347-.pdf
17. Lenzen M, Malik A, Li M, Fry J, Weisz H, Pichler P-P, et al. The environmental footprint of health care: a global assessment. *Lancet Planet Health.* 2020;4(7):e271-9. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30121-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30121-2)
18. Eii MN, Walpole S, Aldridge C. Sustainable practice: prescribing oral over intravenous medications. *BMJ.* 2023;383:e075297. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-075297>
19. Touw H, Stobernack T, Hunfeld NGM, Pickkers P. Size does matter: sustainable choice of intravenous bags. *Intensive Care Med.* 2023;49(12):1529-30. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-07240-3>
20. Davies JF, McAlister S, Eckelman MJ, McGain F, Seglenieks R, Gutman EN, et al. Environmental and financial impacts of perioperative paracetamol use: a multicentre international life-cycle analysis. *Br J Anaesth.* 2024;133(6):1439-48. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2023.11.053>
21. Van Gelder TG, Lalmohamed A, Dorst-Mooiman KD, Dekker JC, Schinkel MJ, Sikma MA, et al. Drug waste of ready-to-administer syringes in the intensive care unit: Aseptically prepared syringes versus prefilled sterilized syringes. *Eur J Pharm Sci.* 2023;191:106590. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2023.106590>
22. McGain F, Burnham J, Lau R, Aye L, Kolle M, McAlister S. The carbon footprint of treating patients with septic shock in the intensive care unit. *Crit Care Resusc.* 2018;20(4):304-12. PMID: 30482138
23. Morrow J, Hunt S, Rogan V, Cowie K, Kopacz J, Keeler C, et al. Reducing waste in the critical care setting. *Nurs Leadersh (Tor Ont.).* 2013;26(Spec No 2013):17-26. <https://doi.org/10.12927/cjnl.2013.23362>
24. Kirchherr J, Reike D, Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling.* 2017;127:221-32. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3037579>
25. See KC. Improving environmental sustainability of intensive care units: a mini-review. *World J Crit Care Med.* 2023;12(4):217-25. <https://doi.org/10.5492/wjccm.v12.i4.217>
26. Huffling K, Schenk E. Environmental sustainability in the intensive care unit: challenges and solutions. *Crit Care Nurs Q.* 2014;37(3):235-50. <https://doi.org/10.1097/CNQ.00000000000000028>
27. Caggiano A. Energy in construction and building materials. *Materials (Basel).* 2023;16(2):504. <https://doi.org/10.3390/ma16020504>
28. Baid H, Damm E, Trent L, McGain F. Towards net zero: critical care. *BMJ.* 2023;381:e069044. <https://doi.org/10.1136/bmj-2021-069044>
29. Trent L, Law J, Grimaldi D. Created intensive care green teams, there is no time to waist. *Intensive Care Med.* 2023;49:440-3. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-07015-w>

Perspectiva de género y diversidad en el ámbito académico

Donde los sesgos del pasado se cruzan con las realidades del presente

DRA. ANALÍA OCCHIUZZI, DRA. LAURA F. BELLI, DRA. VICTORIA RODRÍGUEZ

Introducción

A propósito de la entrega del Syllabus 2025, se intentará mostrar aquellas cuestiones que atraviesan lo relativo al campo de la investigación médica y cómo estas impactan, de distintas maneras, en la práctica clínica cotidiana. Para esto, intentaremos pensar qué impacto tuvo a nivel histórico el sesgo de género en el ámbito de la investigación y qué de aquello aún persiste en lo que llamamos Medicina Basada en Evidencia. Partiremos de un camino allanado a nivel internacional: las sociedades científicas, las revistas y las organizaciones más prestigiosas del mundo hace años han abordado lo vinculado al género de manera prioritaria. La propuesta, entonces, es contemplar los alcances actuales de la temática en cuestión considerando que el incluir esta mirada necesariamente representa una mejora sustancial en términos de calidad de la atención.

Objetivos de aprendizaje

- Conocer el marco conceptual básico que se propone desde los estudios de género en el ámbito de la investigación médica.
- Identificar oportunamente aquellas situaciones que se encuentran atravesadas por la cuestión de género en las Unidades de Cuidados Intensivos, para poder así actuar en consecuencia.

Desarrollo

Presentación del tema

Si bien el enfoque puede variar según el área temática, podemos decir que la inclusión de estos conceptos en el terreno de la investigación necesariamente influye en cómo, por ejemplo, interpretamos los resultados que definen las conductas que tomamos a diario. En tanto profesionales de la salud que decidimos y definimos conductas sobre los cuerpos de otras per-

sonas, no podemos desconocer los alcances de esta temática.

Nos propondremos, entonces, pensar lo que acontece en la terapia intensiva en perspectiva de género a través de las realidades tanto de las personas usuarias, como de aquellas que integran el equipo de salud. Luego y con la intención de darle contemporaneidad a la presente producción, se abordarán los aspectos que cobran relevancia en el tratamiento y el abordaje de los cuerpos femeninos en la investigación médica, intentando justificar las razones por las cuales resulta no solo necesario, sino también urgente, incluir esta temática en los distintos espacios que conforman el espacio académico.

La perspectiva de género aplicada en la interpretación clínica

Asumiremos la premisa de que nos encontramos formando parte de un paradigma biomédico-tecnológico en crisis: la interpretación mecanicista del cuerpo no solo no es novedad, sino que también el paso del tiempo ha generado el despliegue de una inmensidad de subespecializaciones que parecen no agotarse. Esta idea cartesiana permitió que la forma en la cual la biomedicina pensara al cuerpo sea solo en términos de díadas (salud-enfermedad, normal-patológico, etc.) que excluyen cualquier intento y posibilidad de contemplar la diversidad de personas y pacientes. Si bien la interpretación reducida del cuerpo atañe a seres humanos sin distinción, claramente, los grupos llamados minoritarios padecen aún más estas categorías en sus propios cuerpos, en distintos ámbitos, incluido el académico. ¿Qué pasa cuando ni siquiera son nombrados? ¿Existe algún reparo para esto? ¿Qué consecuencias trae en la práctica clínica? ¿Qué pasa puntualmente con la invisibilización de las mujeres en el lenguaje médico?

Explorar las formas históricas de producción de saber desde otras miradas que suelen verse opacadas por el despliegue del modelo médico hegemónico podría permitir la apropiación de otros conceptos tanto o más ricos que los estrictamente anatómicos y fisiológicos vinculados con el cuerpo.

Es aquí cuando lo relativo a aquello que no se menciona, que no se describe, que no se define, revela su importancia. Se han descrito ampliamente los prejuicios y los estereotipos, es decir, la manera en la cual se invisibilizan repetida y sostenidamente a las personas “no hombres” en el ámbito de la investigación médica. A continuación, un análisis de dos de los tipos de sesgos más frecuentes en salud y cómo estos impactan en la calidad de la atención en términos de equidad.

El sesgo de género en salud

Las desigualdades en salud sufridas por personas pertenecientes a grupos minoritarios son un problema estructural de la salud (tanto de la conformación de las estructuras sanitarias, como de la atención e investigación médicas). Estas personas tienen más probabilidades de verse afectadas por diferentes obstáculos en el acceso a la salud y menos probabilidades de recibir los tratamientos y cuidados adecuados.

Los sesgos son actitudes inconscientes bajo la forma de estereotipos que afectan nuestra comprensión, acciones y decisiones sobre el mundo sin que nos demos cuenta. Este último aspecto es importante, ya que lo diferencia de los prejuicios (que son sencillamente reconocibles y pueden ser modificados con mayor facilidad). Estos sesgos —llamados también sesgos implícitos— se forman, a menudo, a través de la exposición a mensajes presentes en los medios de comunicación, en las experiencias personales y normas culturales. Pueden manifestarse de diversas formas e influyen, sin que podamos reconocerlo de manera consciente, en nuestras percepciones e interacciones con personas pertenecientes a diferentes grupos sociales.

Cabe señalar que su reconocimiento y abordaje es absolutamente central para prevenir mecanismos actitudinales o cognitivos a partir de los cuales perpetuamos prácticas discriminatorias y contribuimos al mantenimiento de la desigualdad sistémica. Tomar conciencia de nuestros sesgos implícitos —y eliminarlos si no contribuyen a la igualdad y la justicia— puede permitirnos tomar decisiones más equitativas e informadas y fomentar una sociedad más inclusiva. El sesgo androcéntrico en el campo de la salud es evidente en varios aspectos de la atención médica, desde la investigación y los ensayos clínicos hasta la forma en que los y las profesionales diagnostican y tratan a sus pacientes, pero también en la conformación de las estructuras sanitarias y la composición de los espacios de toma de decisiones.

Mediante la expresión “sesgo androcéntrico en salud” designamos a un modelo de construcción de conoci-

miento que equipara la mirada masculina con la idea de universal, omitiendo las particularidades de otras identidades y las relaciones de género de las problemáticas u objetos de estudio. La identificación de este mecanismo cognitivo muestra cómo las relaciones de género —que son relaciones de poder— se construyen sobre las diferencias culturalmente atribuidas a hombres y mujeres, y son legitimadas sobre la base de una naturalización de ellas (en el caso de la medicina, tomando los cuerpos de los varones blancos y adultos como el modelo ideal a partir del cual explicar la diferencia).

El sesgo androcéntrico se corresponde también con una mirada capacitista y hetero-cis-normativa. Lesbianas, gays, bisexuales, transgénero, *queer*, no binarios y personas con discapacidades están mucho más expuestos a sufrir las consecuencias de este sesgo en la atención clínica. Las minorías sexuales y de identidades disidentes están subrepresentadas en el campo de la salud y experimentan prejuicios, agresiones y microagresiones similares a las que experimentan las minorías raciales y étnicas. Es así como se invisibiliza a las mujeres e identidades disidentes, se estudian los problemas de salud de las mujeres prioritariamente desde la función reproductiva, se patologizan las características de las personas intersexuales y los procesos de transición.

Otro sesgo aún presente en salud y que cabe mencionar luego de haber hecho referencia al concepto de interseccionalidad es el racial. Se trata de las asociaciones implícitas y negativas que influyen en nuestros juicios y toma de decisiones cuando estas involucran a personas por motivos raciales o étnicos. La importancia de incorporar una mirada interseccional a nuestras intervenciones en salud permite no pasar por alto uno de los problemas sistémicos con mayor impacto en el campo de la salud: la discriminación basada en la raza, la etnia o la procedencia de las personas. En todo el mundo, las minorías étnicas padecen desigualdades en el acceso a la atención médica, la calidad de la atención recibida y los resultados de salud, y las actitudes y comportamientos de los y las profesionales de la salud contribuyen directamente a profundizar estas desigualdades.

La perspectiva de género aplicada en el ámbito de la investigación clínica

Hemos visto hasta aquí conceptos básicos que invitan —como mínimo— a considerar las implicancias tangibles y concretas a la hora de interpretar los resultados, por ejemplo, de un artículo científico.

Pensemos en el cuerpo femenino haciendo las veces de objeto de estudio y de sujeto de investigación desde las históricas limitantes que sufrió, no solo desde su explícita exclusión, sino también desde lo que acontece en convenciones más sutiles propias del lenguaje. Pensemos en esa conceptualización clásica “mujer-varón” que se caracteriza por ser dicotómica,

heteronormativa y cisexista en el ámbito de la investigación, especialmente desde aquello que atraviesa en el uso de las palabras. La bibliografía sobre la importancia de la inclusión de la perspectiva de género en cuestiones vinculadas a la salud es sólida y contundente.^{1,2} Se ha observado en múltiples publicaciones cómo una mirada atenta a esta temática revela las enormes diferencias que existen en términos de manifestaciones clínicas, criterios de diagnóstico y tratamiento, entre otros.³⁻⁵

Los campos en los cuales esto se percibe son diversos, podemos, por ejemplo, mencionar que las mujeres tienen tasas más altas de reacciones adversas a medicamentos que los hombres.⁶ Aun cuando se han descrito diferencias de género tanto desde la farmacodinamia como desde la farmacocinética, estas cuestiones no suelen ser contempladas en la práctica clínica. Esto, en parte, se debe a que las mujeres han tenido históricamente menos participación en ensayos clínicos y a que no suele incluirse un análisis de resultado específico separado por género. Es interesante remarcar que no es solo una cuestión estrictamente vinculada a las mujeres: en términos de investigación, incluso dentro del laboratorio, los ratones y demás animales no humanos, son machos y deliberadamente “no hembras”.⁷ Por supuesto, los hallazgos luego se extrapolan a otras poblaciones con repercusiones no menores: entre 1997 y 2000, 8 de cada 10 medicamentos retirados del mercado por la *Food and Drug Administration* de los Estados Unidos planteaban mayores riesgos para la salud en las mujeres que en los hombres.⁸ Ahora bien, lo que intenta este texto es echar luz sobre lo relativo a los modos de decir y enunciar en la biomedicina, específicamente en el lenguaje que opera en el mundo de las publicaciones científicas.

El lenguaje inclusivo de género se introdujo en este campo como una respuesta a esta asimetría estructural y como un intento de reducir los estereotipos y la discriminación en el lenguaje que busca abolir las asimetrías al referirse y dirigirse a mujeres y hombres.⁹ Así como hace un tiempo la información sobre raza y etnicidad sufrió importantes cambios,^{10,11} lo relativo al género, sexo, identidad de género, edad y orientación sexual impresiona transitar el mismo destino. En este sentido, las recientes publicaciones de la revista *JAMA Network* que abordan la temática, junto con otras de las más prestigiosas dentro del ámbito médico dan cuenta de la importancia de contemplar lo relativo al lenguaje en pos de disminuir los sesgos metodológicos y de género.¹²

El marco internacional como posible espejo

Las llamadas *Sex and Gender Equity Research (SAGER) guidelines*¹² pusieron en evidencia cómo el lenguaje influye en distintas instancias. Puntualmente, están descritos contextos, por lo menos, adversos (disparidades en la participación y oportunidades,

menor volumen en la producción científica, menor posibilidad de ser convocadas a colaboraciones internacionales, etc.).¹²

Podríamos pensar que estas cuestiones tienen repercusiones tangibles en tanto impactan negativamente en las condiciones de posibilidad de ascenso y acceso a roles de liderazgo y jefaturas dentro del ámbito asistencial, convocatorias a becas, etc. Aun cuando hace ya casi 10 años que se han publicado las Guías SAGER, resulta llamativa la persistente resistencia de contemplar lo relativo al género y al lenguaje en nuestras latitudes. Es necesario considerar que, cuando se trata de otro tipo de “intervención” vinculada estrictamente a partes específicas del cuerpo (desde balones esofágicos que midan presiones pleurales hasta las más sofisticadas técnicas, como ECMO), se busca, con celeridad, aplicar este “nuevo conocimiento” en nuestras instituciones.

Resulta incluso llamativo cómo este tipo de actualizaciones sí son pertinentes. ¿Por qué impresiona tan difícil mencionar a las mujeres? Si esto tan básico de nombrar el género femenino aún no se puede realizar, ¿qué podemos esperar para personas trans y no binarias, por ejemplo? ¿Qué es lo que se juega realmente al intentar pensar el lenguaje desde la diversidad de los cuerpos que requieren cuidados críticos?

Conclusiones

Reflexiones finales

Aun cuando las recomendaciones de las Guías SAGER son contundentes, el rechazo y la resistencia a su aplicación ponen en evidencia la necesidad de continuar y reforzar aquellos proyectos que busquen reducir los estereotipos de género. En épocas por momentos tan adversas, los frentes de disputa son tan diversos como urgentes. Sin embargo, en tanto el lenguaje representa un fenómeno dinámico, es, por lo menos, atendible la posibilidad de pensar que, así como en otros espacios académicos, los significados, los significantes y las formas varias de interpretación han cambiado, lo mismo acontezca en el ámbito médico.

Conceptos clave

- La interpretación cartesiana y mecanicista fue una condición necesaria para que la forma en la cual la biomedicina pensara al cuerpo sea solo en términos de díadas (salud-enfermedad, normal-patológico, etc.) que excluyen cualquier intento y posibilidad de contemplar la diversidad de personas y pacientes.
- Si bien esta interpretación reducida del cuerpo atañe a seres humanos sin distinción, los grupos llamados minoritarios padecen aún más estas categorías en sus propios cuerpos, en distintos ámbitos, incluido el académico.

- Se ha observado en múltiples publicaciones cómo una mirada atenta a esta temática revela las enormes diferencias que existen en términos de manifestaciones clínicas, criterios de diagnóstico y tratamiento, entre otros.
- Las llamadas Guías SAGER¹² pusieron en evidencia cómo el lenguaje influye en distintas instancias. Puntualmente, están descritos contextos, por lo menos, adversos (disparidades en la participación y oportunidades, menor volumen en la producción científica, menor posibilidad de ser convocadas a colaboraciones internacionales, etc.)

Referencias bibliográficas

1. Davidson P, Glass N, DiGiacomo M. Global women's health issues: sex and gender matter. *Med J Austr.* 2016;205(8):346-8. <https://doi.org/10.5694/mja16.00904>
2. Doyal L. Sex, gender, and health: the need for a new approach. *BMJ.* 2001;323(7320):1061-3. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7320.1061>
3. Modra L, Higgins A, Abeygunawardana V, Vithanage RN, Bailey MJ, Bellomo R. Sex differences in treatment of adult intensive care patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2022;50(6):913-23. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000005469>
4. Betron M, Bourgeault I, Manzoor M, Paulino E, Steege R, Thompson K, Wuliji T; Global Health Workforce Network's Gender Equity Hub. Time for gender-transformative change in the health workforce. *Lancet.* 2019;393(10171):e25-e26. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30208-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30208-9)
5. Mahmood K, Eldeirawi K, Wahidi M. Association of gender with outcomes in critically ill patients. *Crit Care.* 2012;16(3):R92. <https://doi.org/10.1186/cc11355>
6. Zucker I, Prendergast B. Sex differences in pharmacokinetics predict adverse drug reactions in women. *Biol Sex Differ.* 2020;11(1):32. <https://doi.org/10.1186/s13293-020-00308-5>
7. Ciccía L. La invención de los sexos. Buenos Aires: Siglo XXI; 2022.
8. Franconi F, Brunelleschi S, Steardo L, Cuomo V. Gender differences in drug responses. *Pharmacol Res.* 2007;55(2):81-95. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2006.11.001>
9. Sczesny S, Formanowicz M, Moser F. Can gender-fair language reduce gender stereotyping and discrimination? *Front Psychol.* 2016;7:25. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00025>
10. Evans MK, Graves JL Jr, Shim RS, Tishkoff SA, Williams WW. Race in medicine - Genetic variation, social categories, and paths to health equity. *N Engl J Med.* 2021;385(14):e45. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2113749>
11. Borrell LN, Elhawary JR, Fuentes-Afflick E, Witonsky J, Bhakta N, Wu HB, et al. Race and genetic ancestry in medicine - A time for reckoning with racism. *N Engl J Med.* 2021;384(5):474-80. <https://doi.org/10.1056/NEJMms2029562>
12. Heidari S, Babor TF, De Castro P, Tort S, Curno M. Sex and gender equity in research: rationale for the SAGER guidelines and recommended use. *Res Integr Peer Rev.* 2016;1:2. <https://doi.org/10.1186/s41073-016-0007-6>