

MEDICINA CRÍTICA

COLEGIO MEXICANO DE MEDICINA CRÍTICA, A.C.



JULIO-AGOSTO 2026 VOLUMEN 40, NÚMERO 4

EDITORIAL

Entre la innovación tecnológica y la fisiología respiratoria

IN MEMORIAM

In memoriam: Dr. José Elizalde

TEMAS DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de la precarga mediante ultrasonografía en pacientes con modificación de la circulación portal

Utilidad de la excursión y engrosamiento diafragmático vs índice de Tobin como predictor de éxito de extubación en el paciente crítico de alto riesgo en la Unidad de Cuidados Intensivos

Comparación del índice procalcitonina/albúmina vs marcadores de inflamación como predictores de mortalidad en el traumatismo craneoencefálico

Importancia de la autorregulación vascular cerebral en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos

Asociación entre debilidad muscular adquirida en pacientes críticamente enfermos multirresistentes: un modelo de interacción compleja; MIRANDA Trial

Equipo de respuesta rápida, escala NEWS y telemetría clínica: experiencia en un Hospital de Tercer Nivel en México

Impacto de la humanización en cuidados críticos sobre la satisfacción familiar: un estudio observacional y transversal mediante el instrumento FS-ICU 34 en un hospital privado de tercer nivel en México

Prevalencia y perfil microbiológico de sobreinfecciones bacterianas y fúngicas en pacientes hospitalizados con COVID-19

Índices de choque y lactato en choque séptico: análisis de correlación y regresión lineal en un estudio retrospectivo

TEMA DE REVISIÓN

Abordaje del paciente con obesidad sometido a cirugía bariátrica en la unidad de cuidados intensivos

CASOS CLÍNICOS

Azul de metileno como terapia adyuvante en choque refractario vasopléjico: presentación de un caso clínico

Lesión catastrófica de la aorta secundaria a compresiones torácicas durante reanimación: reporte de caso



Indizada e incluida en:

Medigraphic: Literatura Biomédica · PERIODICA: Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM · LATINDEX: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal · Biblioteca Virtual en Salud (BVS, Brasil) · Universitätsbibliothek Regensburg, Alemania · Biblioteca de la Universidad Federal de São Paulo, Brasil · Biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM · Biblioteca del Instituto de Biotecnología, UNAM · Biblioteca de la Universidad Norte de Paraná, Brasil · Biblioteca Médica Estatal del Ministerio de Patrimonio y Cultura, Italia · Universidad de Lausanne, Suiza · Fundación Ginebrina para la Formación y la Investigación Médica, Suiza · Asociación Italiana de Bibliotecas (AIB) · Google Académico · Scielo.

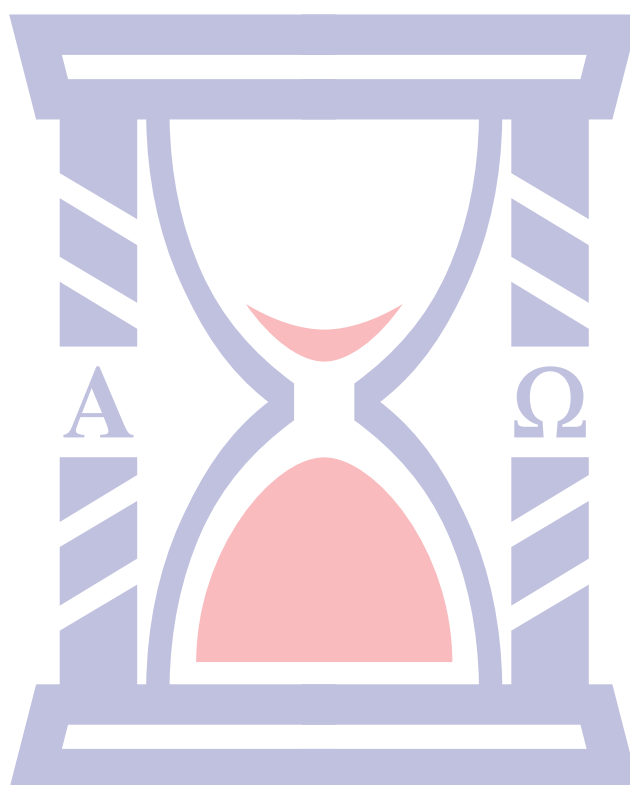
MEDICINA CRÍTICA

COLEGIO MEXICANO DE MEDICINA CRÍTICA, A.C.



COMMEC
Colegio Mexicano
de Medicina Crítica, A.C.

JULIO-AGOSTO 2026 VOLUMEN 40, NÚMERO 4



Indizada e incluida en:

Medigraphic: Literatura Biomédica • PERIODICA: Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM • LATINDEX: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal • Biblioteca Virtual en Salud (BVS, Brasil) • Universitätsbibliothek Regensburg, Alemania • Biblioteca de la Universidad Federal de São Paulo, Brasil • Biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM • Biblioteca del Instituto de Biotecnología, UNAM • Biblioteca de la Universidad Norte de Paraná, Brasil • Biblioteca Médica Estatal del Ministerio de Patrimonio y Cultura, Italia • Universidad de Laussane, Suiza • Fundación Ginebrina para la Formación y la Investigación Médica, Suiza • Asociación Italiana de Bibliotecas (AIB) • Google Académico • SciELO.

Contenido

MEDICINA CRÍTICA

COLEGIO MEXICANO DE MEDICINA CRÍTICA, A.C.

Antes Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva

Órgano Oficial del Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A. C.
(antes Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva, A. C.)

Official Journal of the Mexican College of Critical Care Medicine, A. C.
(former Mexican Association of Critical and Intensive Care Medicine, A. C.)

Cuerpo Editorial

Editor

Dr. Jesús Ojino Sosa García

Coeditor

Dr. Oscar Rojo del Moral

Editores asociados

Dra. Martha Susana Pérez Cornejo
Dr. Silvio Antonio Ñamendys Silva
Dr. Eduardo Garrido Aguirre
Dr. Manuel Alberto Guerrero Gutiérrez
Dr. Roger Mena Arceo
Acad. Dr. Raúl Carrillo Esper
Dr. Ángel Carlos Bassols Ricárdez
Dr. Mauricio González Ponce
Dr. Carlos Jiménez Correa

Editores honorarios

Dr. Guillermo Díaz Mejía[†]
Dr. Juan Pescina Casas[†]
Dr. Ignacio Morales Camporredondo[†]
Dr. Elpidio Cruz Martínez[†]
Acad. Dr. José J. Elizalde González[†]
Dr. Jesús Martínez Sánchez
Dr. Javier Ramírez Acosta
Acad. Dr. Manuel Antonio Díaz de León Ponce
Dr. Guillermo Castorena Arellano
Dr. Ulises Wilfrido Cerón Díaz
Dr. César Cruz Lozano

Comité Editorial Nacional

Acad. Dr. Pablo Álvarez Maldonado
Dr. Ricardo Campos Cerda
Dra. María Chacón Gómez
Dr. Carlos Eduardo Chávez Pérez
Dra. Janet Silvia Aguirre Sánchez
Dra. Vanessa Fuchs Tarlovsky
Dra. Ma. Natalia Gómez González
Dra. Yazmín Guillén Dolores
Dra. Carmen M. Hernández Cárdenas
Dr. José Antonio Hernández Pacheco
Dra. Braulia Aurelia Martínez Díaz
Dr. Ricardo Martínez Zubieta
Dr. Julio César Mijangos Méndez
Dr. Enrique Monares Zepeda

Dr. Marco Antonio Montes de Oca Sandoval
Dra. María del Rosario Muñoz Ramírez
Dr. Miguel Ángel Nares Tórices
Dr. Paul Palacios Moguel
Dr. Axel Pedraza Montenegro
Dr. César Alejandro Rojas Gómez
Dr. Giovanni Sanabria Trujillo
Dr. Jorge R. Sánchez Medina
Dr. Víctor Manuel Sánchez Nava
Dr. Otoniel Toledo Salinas
Dr. Juan Pablo Vázquez Mathieu
Dr. Jesús Zúñiga Sedano
Dra. Juana María Cerda Arteaga
Dr. José de Jesús Zaragoza Galván

Comité Internacional

Dr. Jhon Jairo Botello Jaimes (Colombia)



Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A.C.

Consejo Directivo 2025-2026

Presidente

Dra. Martha Susana Pérez Cornejo

Vicepresidente

Dr. José de Jesús Zaragoza Galván

Primer Secretario Propietario

Dra. Juana María Cerda Arteaga

Primer Secretario Suplente

Dr. Carlos Eduardo Chávez Pérez

Segundo Secretario Propietario

Dra. María Chacón Gómez

Segundo Secretario Suplente

Dr. Celso Enrique Aguilar Alvarado

Tesorero

Dr. José Manuel Lomelí Terán

Subtesorero

Dra. María del Rosario Muñoz Ramírez

Comisiones

Comisión de Gestión y Calidad

Comisión de Planificación

Comisión de Educación

Comisión de Página Web y Medios Electrónicos

Comisión de Relaciones Internacionales

Comisión de Credenciales/Membresías

Comisión Editorial

Comisión de Filiales

Comisión de Ética

Sesiones mensuales

Comisión de Honor y Justicia

Medicina Crítica, Vol. 40, No. 4, Julio-Agosto 2026, es una publicación bimestral editada por el Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A.C. Cincinnati 40, Col. Noche Buena, 03720, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México, México. Tel: 55 55 98 16 84, Página oficial www.medigraphic.com/medicinacritica Correo electrónico: contacto@commec.org. Editor responsable: Dr. Jesús Ojino Sosa García. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-101119141500-102, e-ISSN 3122-4350, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número Dra. María de la Luz Rosales Jiménez. Arte, diseño y composición tipográfica por **Graphimedic, SA de CV**, Coquimbo 936, Col. Lindavista, 07300, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México. Tels: 55 8589-8527 al 32. Correo electrónico: graphimedic@medigraphic.com. Fecha de última modificación 29 de Septiembre de 2026. Tamaño del archivo 3,933 KB. El contenido de los artículos, así como las fotografías son responsabilidad exclusiva de los autores. La reproducción parcial o total sólo podrá hacerse previa autorización del editor de la revista. Toda correspondencia debe ser dirigida al editor responsable.

Disponible en versión completa en <http://www.medigraphic.com/medicinacritica>

EDITORIAL / EDITORIAL

258 **Entre la innovación tecnológica y la fisiología respiratoria**

Between technological innovation and respiratory physiology

Eduardo Garrido Aguirre

IN MEMORIAM / IN MEMORIAM

261 **In memoriam: Dr. José Elizalde**

In memoriam: José Elizalde, MD

Andrés Esteban, Óscar Peñuelas

TEMAS DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH WORKS

262 **Evaluación de la precarga mediante ultrasonografía en pacientes con modificación de la circulación portal**

Preload evaluation by ultrasound in patients with modifications in portal circulation

Erika Magali Flores Mora, Jorge García Fabregat Padilla,
Carlos Eduardo Chávez Pérez, Víctor Manuel Sánchez Nava

269 **Utilidad de la excursión y engrosamiento diafragmático vs índice de Tobin como predictor de éxito de extubación en el paciente crítico de alto riesgo en la Unidad de Cuidados Intensivos**

Utility of diaphragmatic excursion and thickening vs Tobin index as a predictor of extubation success in high-risk critically ill patients in the Intensive Care Unit

Alma Yaneth Jaime Zúñiga, Carlos Eduardo Castañeda Vargas, Ana Alicia Velarde Pineda

274 **Comparación del índice procalcitonina/albúmina vs marcadores de inflamación como predictores de mortalidad en el traumatismo craneoencefálico**

Comparison of the procalcitonin/albumin ratio vs inflammatory markers as predictors of mortality in head trauma

Celenys Bermúdez Lago, Carlos Galves Banda, Rolando García López,
Clotilde Fuentes Orozco, Morfin Heredia Michael Bolivar, Isaí Adame Mondragón

281 **Importancia de la autorregulación vascular cerebral en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos**

Importance of cerebrovascular autoregulation in neurocritical and non-neurological critical patients

Cándida Yasmín Jiménez Guevara, Netzahualcóyotl González Pérez, Griselda Villafuerte Toral,
Lilia López Carrillo, Ingrid Adriana Coronado Pérez, Lizaura Acuecuxatl Gómez Flores

286 **Asociación entre debilidad muscular adquirida en pacientes críticamente enfermos multirresistentes: un modelo de interacción compleja; MIRANDA Trial**

Association between acquired muscle weakness in critically ill patients and multi-resistant infections: a complex interaction model; MIRANDA Trial

Nancy Rubí Correa Beauregard, Jorge López Fermín,
Jennifer Ulloa Yépez, Manuel Martínez Rojas

294 Equipo de respuesta rápida, escala NEWS y telemetría clínica: experiencia en un Hospital de Tercer Nivel en México

Rapid response team, NEWS score and clinical telemetry: experience at a Tertiary Hospital in Mexico

Stephanie Paola Sansón Tinoco, Juan Javier Sánchez Zavala

301 Impacto de la humanización en cuidados críticos sobre la satisfacción familiar: un estudio observacional y transversal mediante el instrumento FS-ICU 34 en un hospital privado de tercer nivel en México

Impact of humanization in critical care on family satisfaction: a cross-sectional observational study using the FS-ICU 34 instrument at a private tertiary-care hospital in Mexico

Daniel Rueda Ojeda, Dulce María Benita Dector Lira, Diana Enríquez Santos, Eduardo Mercado Cruz

308 Prevalencia y perfil microbiológico de sobreinfecciones bacterianas y fúngicas en pacientes hospitalizados con COVID-19

Bacterial and fungal superinfections in hospitalized COVID-19 patients: a retrospective cohort study

María Dioselina Ruiz Barrera, José de Jesús Garduño García, Dioselina García Cortés

316 Índices de choque y lactato en choque séptico: análisis de correlación y regresión lineal en un estudio retrospectivo

Shock indices and lactate in septic shock: correlation and linear regression analysis in a retrospective study

Roberto Jesús Arellano Jurado, Elizabeth Mendoza Portillo, José Juan Lozano Nuevo, Jorge Alejandro Ayala San Pedro, Mayra Nayeli Estrada García

TEMA DE REVISIÓN / SYSTEMATIC REVIEW

326 Abordaje del paciente con obesidad sometido a cirugía bariátrica en la unidad de cuidados intensivos

Approach to patients with obesity undergoing bariatric surgery in the intensive care unit

Manuel Alberto Guerrero Gutiérrez, Jesús Elías Ortiz Gómez, Orlando Rubén Pérez Nieto, Diego Escarramán Martínez, Marisa Minutti Palacios, Jorge Mario Antolínez Motta, Gerardo Alberto Solís Pérez, Juan Carlos Flores Carrillo, Ignacio Rodríguez Guevara, Clemente Humberto Zúñiga Gil

CASOS CLÍNICOS / CLINICAL CASES

333 Azul de metileno como terapia adyuvante en choque refractario vasopléjico: presentación de un caso clínico

Methylene blue as an adjunctive therapy in refractory vasoplegic shock: a case report

Magali Gutiérrez Macías, Juan Diego de Jesús Macías Limón, Dana Isabel Ríos Ramírez

336 Lesión catastrófica de la aorta secundaria a compresiones torácicas durante reanimación: reporte de caso

Catastrophic aortic injury secondary to chest compressions during resuscitation: a case report

Carlos Andrés Castro Galvis, Maikol Belalcazar González, Álvaro Francisco Rosas, Ronie Álvarez Maldonado



Entre la innovación tecnológica y la fisiología respiratoria

Between technological innovation and respiratory physiology

Eduardo Garrido Aguirre*

La ventilación mecánica ha experimentado una transformación tecnológica durante las últimas décadas. De los modos convencionales controlados por volumen o presión hemos pasado a disponer de ventiladores capaces de ajustar automáticamente múltiples variables, interpretar la interacción paciente-ventilador e incluso modificar su comportamiento en función de objetivos fisiológicos previamente establecidos. Modos adaptativos, proporcionales, automatizados y sistemas de circuito cerrado forman hoy parte de un arsenal tecnológico cada vez más amplio.^{1,2}

Ante esta evolución surge una cuestión fundamental: ¿necesitamos realmente tantos modos ventilatorios? Más que en el número de modalidades disponibles, la respuesta parece encontrarse en nuestra capacidad para utilizarlas de manera racional y, sobre todo, en la evidencia de que aporten beneficios clínicamente relevantes. La comprensión de la fisiología respiratoria y de la interacción paciente-ventilador continúa siendo indispensable para emplear esta tecnología como una herramienta y no convertirla, por sí misma, en un estándar de tratamiento.^{1,3}

La incorporación de nuevos modos de ventilación persigue objetivos legítimos: mejorar la sincronía paciente-ventilador, reducir el trabajo respiratorio, facilitar la transición hacia la ventilación espontánea, disminuir la necesidad de ajustes manuales y, potencialmente, reducir la duración de la ventilación mecánica. Sistemas como la ventilación con soporte adaptativo (ASV), INTELLiVENT-ASV, la ventilación asistida proporcional (PAV+) o la asistencia ventilatoria ajustada neuralmente (NAVA) representan diferentes aproximaciones a un mismo problema: adaptar el ventilador al paciente y no únicamente el paciente al ventilador.⁴⁻⁷

Este objetivo no es trivial. La asincronía paciente-ventilador se ha asociado con mayor duración de la ventilación mecánica y mayor estancia en cuidados intensivos, aunque establecer causalidad sigue siendo complejo.⁸

El verdadero valor de esta evolución tecnológica debe juzgarse por el problema clínico que pretende resolver. La fisiología respiratoria es dinámica: la mecá-

nica pulmonar, el impulso respiratorio, la producción de CO₂, la demanda metabólica y las necesidades de soporte pueden modificarse considerablemente en cuestión de horas y varían de un paciente a otro. Un modo capaz de responder automáticamente a estos cambios podría, al menos conceptualmente, ofrecer ventajas sobre estrategias dependientes exclusivamente de ajustes intermitentes realizados por el equipo clínico.^{2,4}

Sin embargo, la innovación tecnológica no necesariamente implica beneficio ni superioridad clínica frente al tratamiento convencional. Uno de los problemas de la ventilación mecánica contemporánea es precisamente la tendencia a confundir sofisticación con superioridad.

Muchos modos avanzados consiguen mejoras en variables intermedias: mayor tiempo dentro de objetivos ventilatorios, menor número de intervenciones manuales, mejor sincronía, reducción del trabajo respiratorio o una adaptación más rápida a determinados cambios fisiológicos.⁴⁻⁷ Pero demostrar que estas ventajas se traducen de forma consistente en menor mortalidad, menos días de ventilación mecánica, menor incidencia de lesión pulmonar inducida por ventilación o menor estancia hospitalaria continúa siendo mucho más difícil.

El ejemplo de PAV+ es ilustrativo. Metaanálisis recientes sugieren posibles beneficios sobre el éxito del destete o la reintubación en comparación con la ventilación con presión de soporte.^{9,10} Sin embargo, un ensayo clínico multicéntrico publicado recientemente no encontró una reducción significativa en el tiempo hasta la liberación exitosa de la ventilación mecánica con PAV+ frente a presión de soporte.¹¹ Esta aparente discordancia recuerda una regla esencial de la medicina basada en evidencia: una mejor variable fisiológica no necesariamente se convierte en un mejor desenlace clínico.

Algo similar ocurre con NAVA. Un metaanálisis de ensayos aleatorizados encontró un incremento modesto de los días libres de ventilación y menor fracaso del destete, pero sin demostrar una reducción significativa de la mortalidad ni de otros desenlaces clínicos mayores.⁶

ASV también ha mostrado resultados prometedores. Un metaanálisis de pacientes postoperados de cirugía cardíaca encontró menor tiempo hasta la extubación frente a estrategias convencionales, aunque sin diferencias significativas en reintubación, estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI) o estancia hospitalaria.⁵ Otra revisión publicada en 2025 encontró una reducción de la duración de la ventilación frente a ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV), pero nue-

* Hospital Angeles Pedregal.

Citar como: Garrido AE. Entre la innovación tecnológica y la fisiología respiratoria. Med Crit. 2026;40(4):258-260. <https://dx.doi.org/10.35366/124245>

www.medigraphic.com/medicinacritica

vamente sin una diferencia significativa en estancia en cuidados intensivos y con heterogeneidad importante entre los estudios.¹²

INTELLiVENT-ASV lleva este concepto un paso más adelante al incorporar un sistema de circuito cerrado capaz de realizar ajustes automatizados basándose en información fisiológica. La evidencia disponible indica que puede mantener de forma eficaz determinados objetivos ventilatorios y reducir intervenciones manuales, pero hasta ahora no se ha establecido de forma convincente su superioridad en desenlaces centrados en el paciente frente al manejo convencional.⁴

DIFERENTES NOMBRES, PRINCIPIOS FISIOLÓGICOS COMUNES

Existe además otro fenómeno que merece atención. La multiplicación de nombres comerciales y algoritmos propietarios puede crear la impresión de que cada nuevo modo representa un concepto fisiológico completamente diferente, cuando en realidad muchos comparten principios fundamentales. Detrás de algoritmos cada vez más complejos continúan existiendo variables conocidas: presión, volumen, flujo, tiempo, esfuerzo respiratorio, distensibilidad, resistencia y control del intercambio gaseoso.

La nomenclatura de los modos ventilatorios se ha convertido, de hecho, en un problema suficientemente relevante como para justificar el desarrollo de sistemas formales de clasificación. La taxonomía propuesta por Chatburn y colaboradores buscó precisamente clasificar los modos de acuerdo con sus características fundamentales (variable de control, secuencia respiratoria y esquema de control) y no únicamente mediante el nombre asignado por cada fabricante.³

En 2025 se publicó una actualización de esta taxonomía que vuelve a señalar un problema vigente: el desarrollo tecnológico y la multiplicación de nombres comerciales dificultan la comprensión, comparación y enseñanza de los modos ventilatorios.¹ En otras palabras, dos modalidades con nombres aparentemente diferentes pueden compartir principios de funcionamiento muy similares.

La cuestión relevante es determinar cuánto valor adicional aportan estos modos frente a una estrategia convencional correctamente aplicada por un clínico experto. Algunos algoritmos pueden realizar ajustes con una frecuencia, continuidad y velocidad imposibles para un ser humano. Pero eso no significa que puedan sustituir la interpretación fisiopatológica.

NINGÚN ALGORITMO SUSTITUYE LA COMPRENSIÓN DE LA FISIOLOGÍA

El apoyo tecnológico es indispensable en la medicina moderna, pero difícilmente proporcionará por sí mismo

todas las respuestas. El clínico debe conocer los avances tecnológicos y reconocer los escenarios específicos en los que cada herramienta puede proporcionar el mayor beneficio.

Un ventilador puede calcular una frecuencia respiratoria objetivo, modificar el soporte inspiratorio, adaptar la asistencia al esfuerzo del paciente o ajustar determinados objetivos de ventilación y oxigenación. Pero corresponde al clínico interpretar si esas decisiones son apropiadas para el contexto fisiopatológico particular.

Un paciente con síndrome de dificultad respiratoria aguda, otro con enfermedad pulmonar obstructiva, un paciente postoperatorio y otro en proceso de liberación de la ventilación mecánica pueden compartir el mismo ventilador, pero difícilmente comparten las mismas necesidades. Paradójicamente, cuanto más inteligente se vuelve el ventilador, mayor debería ser nuestra comprensión de qué está haciendo y por qué lo está haciendo.

AUTOMATIZACIÓN SIN PÉRDIDA DEL RAZONAMIENTO CLÍNICO

La automatización introduce además un riesgo que merece consideración: la posible pérdida progresiva de determinadas competencias. Cuando un algoritmo decide una parte importante de los ajustes ventilatorios, existe la posibilidad de que el clínico termine aceptando las decisiones de la máquina sin comprender completamente cómo fueron tomadas.

La tecnología puede disminuir la carga cognitiva asociada con tareas repetitivas, pero su propósito no debería ser sustituir el razonamiento fisiológico. El verdadero valor de la automatización aparece cuando libera tiempo y capacidad cognitiva para que el profesional pueda concentrarse en decisiones de mayor complejidad.

Más que identificar cuál es el mejor modo ventilatorio, resulta necesario definir qué problema clínico pretendemos resolver con él. Si un modo mejora la interacción paciente-ventilador, disminuye intervenciones innecesarias y permite mantener al paciente dentro de objetivos de ventilación protectora, su utilización puede estar plenamente justificada. Si además facilita la liberación de la ventilación mecánica o reduce complicaciones clínicamente relevantes, su valor será todavía mayor. Pero incorporar tecnología únicamente porque es nueva o porque ofrece mayor automatización difícilmente constituye progreso.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) Y VENTILACIÓN MECÁNICA: EL SIGUIENTE PASO

El futuro probablemente estará marcado por sistemas cada vez más automatizados, capaces de integrar mecánica respiratoria, intercambio gaseoso, actividad neu-

ral, hemodinamia y otras variables fisiológicas en tiempo real. La IA y el aprendizaje automático posiblemente ampliarán aún más estas capacidades. Ya se investigan modelos destinados a predecir el éxito de la extubación, optimizar parámetros ventilatorios, anticipar complicaciones y apoyar estrategias individualizadas.¹³⁻¹⁵ Sin embargo, la incorporación de IA plantea problemas que todavía deben resolverse: calidad y estandarización de los datos, validación externa, interpretabilidad de los algoritmos, interoperabilidad, seguridad, sesgos y responsabilidad sobre las decisiones clínicas.^{13,14} Por ello, al menos en el futuro previsible, parece más razonable concebir estos sistemas como herramientas de inteligencia aumentada y apoyo a la decisión que como sustitutos autónomos del clínico.

La ventilación mecánica podría evolucionar desde un sistema que simplemente ejecuta parámetros prescritos hacia otro que analiza información continuamente, propone modificaciones y adapta estrategias individualizadas. Pero incluso en ese escenario seguirá existiendo un principio difícil de automatizar por completo: comprender al paciente que está conectado al ventilador.

Quizá, entonces, no necesitemos memorizar cada nuevo modo que aparece en el mercado; necesitamos comprender los principios que los gobiernan, reconocer qué problema intentan resolver, conocer sus limitaciones y, sobre todo, exigir evidencia de que la complejidad añadida produce un beneficio clínicamente relevante.

Porque en ventilación mecánica, como en muchas áreas de la medicina, más tecnología no necesariamente significa mejor medicina. La verdadera innovación ocurre cuando la tecnología amplifica y no sustituye el razonamiento clínico.

REFERENCIAS

1. Fajardo-Campoverdi A, Mireles-Cabodevila E, Medina A, Ibarra-Estrada M, Baltazar-Torres J, Chatburn R. Update of the taxonomy of mechanical ventilation modes. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2025;49(10):502211. doi: 10.1016/j.medine.2025.502211.
2. Chatburn RL. How to interpret ventilator waveforms using the taxonomy for modes of mechanical ventilation. *Respir Care*. 2026;71(6):566-587. doi: 10.1177/19433654251395626.
3. Chatburn RL, El-Khatib M, Mireles-Cabodevila E. A taxonomy for mechanical ventilation: 10 fundamental maxims. *Respir Care*. 2014;59(11):1747-1763. doi: 10.4187/respcare.03057.
4. Botta M, Wenstedt EFE, Tsonas AM, Buiteman-Kruizinga LA, van Meenen DMP, Korsten HHM, et al. Effectiveness, safety and efficacy of INTELLiVENT-Adaptive Support Ventilation, a closed-loop ventilation mode for use in ICU patients: a systematic review. *Expert Rev Respir Med*. 2021;15(11):1403-1413.
5. Tsai YC, Jhou HJ, Huang CW, Lee CH, Chen PH, Hsu SD. Effectiveness of adaptive support ventilation in facilitating weaning from mechanical ventilation in postoperative patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2024;38(9):1978-1986. doi: 10.1053/j.jvca.2024.04.030.
6. Pinto CB, Leite D, Brandao M, Nedel W. Clinical outcomes in patients undergoing invasive mechanical ventilation using NAVA and other ventilation modes: a systematic review and meta-analysis. *J Crit Care*. 2023;76:154287. doi: 10.1016/j.jcrc.2023.154287.
7. Ou-Yang LJ, Chen PH, Jhou HJ, Su VYF, Lee CH. Proportional assist ventilation versus pressure support ventilation for weaning from mechanical ventilation: a meta-analysis and trial sequential analysis. *Crit Care*. 2020;24:556.
8. de Bie MJ, Rietveld PJ, van der Velde-Quist F, van Geloven N, Snoep JWM, de Jonge E, et al. The association between patient-ventilator asynchrony and clinical outcomes in mechanically ventilated patients: a systematic review. *Crit Care Med*. 2025;53(11):e2261-e2270. doi: 10.1097/CCM.0000000000006816.
9. Wang Y, Da X, Kang X, Liu L, Zhao R, Zhu Z, et al. Effect of proportional assist ventilation plus versus pressure support ventilation on successful weaning in critically ill adults: a systematic review, meta-analysis, and trial sequential analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2026;13:1775614. doi: 10.3389/fmed.2026.1775614.
10. Eyiah N, Sohail A, Ali SA, Naeem M, Hanif A, Saleem AS, et al. Proportional assist ventilation versus pressure support ventilation for weaning from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Anesth Analg Crit Care*. 2026;6(1):44. doi: 10.1186/s44158-026-00355-1.
11. Bosma KJ, Burns KEA, Martin CM, Skrobik Y, Mancebo Cortés J, Mulligan S, et al. Proportional-assist ventilation for minimizing the duration of mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 2025;393(11):1088-1103. doi: 10.1056/NEJMoa2505708.
12. Abdelbaky AM, Elmasry WG, Awad AH. Comparison between synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV) and adaptive support ventilation (ASV) on patient outcomes in critically ill patients: a systematic review and meta-Analysis. *Cureus*. 2025;17(3):e81165. doi: 10.7759/cureus.81165.
13. Singh NP, Mujawar MA, Golani A. Role of artificial intelligence in enhancing mechanical ventilation: a peek into the future. *Indian J Anaesth*. 2025;69(7):722-728. doi: 10.4103/ija.ija_995_24.
14. Xu Y, Xue J, Deng Y, Tu L, Ding Y, Zhang Y, et al. Advances in machine learning for mechanically ventilated patients. *Int J Gen Med*. 2025;18:3301-3311. doi: 10.2147/IJGM.S515170.
15. Viderman D, Ayazbay A, Kalzhan B, Bayakhmetova S, Tungushpayev M, Abdildin Y. Artificial intelligence in the management of patients with respiratory failure requiring mechanical ventilation: a scoping review. *J Clin Med*. 2024;13(24):7535. doi: 10.3390/jcm13247535.

Correspondencia:

Dr. Eduardo Garrido Aguirre

E-mail: e_garridoa@hotmail.com



In memoriam: Dr. José Elizalde

In memoriam: José Elizalde, MD

Andrés Esteban,* Óscar Peñuelas†

Conocí al Dr. José Elizalde con motivo de un curso sobre *ventilación mecánica* organizado por él en el Hospital ABC. Desde el primer momento fue sencillo percibir que se trataba de una persona seria, un médico riguroso y un amigo afectuoso, pero desde mi punto de vista, la característica que más destacaba era su enorme rigor tanto en su actividad profesional como científica.

Ya desde el inicio pude apreciar su gran interés por la investigación clínica y su capacidad de liderazgo, que le permitía reclutar colaboradores para llevar adelante proyectos en los que creía firmemente. Esta faceta de su personalidad facilitó la colaboración de muchos intensivistas mexicanos en los estudios de epidemiología y los ensayos clínicos, llevados a cabo para tratar de dilucidar cómo se realizaba la ventilación mecánica en las unidades de terapia intensiva, para más adelante analizar cuáles eran los mejores métodos para realizar correctamente esa ventilación y, posteriormente, su retirada. Buena muestra de lo útil de esta colaboración, siempre trabajando en equipo, son las relevantes publicaciones a las que dieron lugar los hallazgos. Entre las revistas que publicaron los resultados de estas colaboraciones están *Intensive Care Med*, *Chest*, *JAMA*, *Clin J Am Soc Nephrol* y *Am J Resp Crit Care Med*. Ha sido un largo y feliz periodo de trabajo en conjunto y de disfrutar con la valoración de los hallazgos.

De todavía mayor importancia ha sido su labor asistencial, siendo un médico sobresaliente y muy respetado, que aplicó su vasto saber y una gran sensación de seguridad y esperanza a sus pacientes y un meritorio saber hacer a sus alumnos. En esa medida, algunos nos sentimos parte de la escuela del VENTILAGROUP, que nos ha proporcionado una aventura de conocimiento en la ventilación mecánica y de transmisión de los valores de honestidad, servicio público y curiosidad científica. Estos valores perdurarán como legado universal del Dr. José Elizalde y se mantendrán en el eje de la práctica clínica en las unidades de terapia intensiva.



Hemos dejado de tener físicamente entre nosotros a una persona a la que respetábamos y admirábamos. Es de esas figuras que dejan huella y que realmente no mueren hasta que lo hagamos aquellos que le conocimos y pudimos presumir de su amistad. Ha sido una persona, un médico y un investigador con mayúsculas.

Gracias por todo lo que has aportado a nuestras vidas.

Nuestras más sinceras condolencias al entorno familiar del Dr. José Elizalde y a todos los amigos intensivistas mexicanos.

Hoy recuerdo a los muertos de mi casa.
Octavio Paz, *Libertad bajo palabra* (1960).

Correspondencia:

Andrés Esteban

E-mail: aesteban@ucigetafe.com

* Exjefe del Servicio de Medicina Intensiva del Hospital Universitario de Getafe. Madrid, España.

† Servicio de Medicina Intensiva del Hospital Universitario de Getafe. Madrid, España.

Citar como: Esteban A, Peñuelas Ó. In memoriam: Dr. José Elizalde. Med Crit. 2026;40(4):261. <https://dx.doi.org/10.35366/124246>



Evaluación de la precarga mediante ultrasonografía en pacientes con modificación de la circulación portal

Preload evaluation by ultrasound in patients with modifications in portal circulation



Erika Magali Flores Mora,* Jorge García Fabregat Padilla,* Carlos Eduardo Chávez Pérez,* Víctor Manuel Sánchez Nava*

RESUMEN

Introducción: la evaluación precisa del volumen de líquidos en pacientes críticos, especialmente en aquellos con modificaciones en la circulación portal tras procedimientos quirúrgicos específicos, representa un desafío clínico importante. Los métodos tradicionales, como la presión venosa central y la presión de oclusión de la arteria pulmonar, presentan limitaciones en su fiabilidad, inducidas por alteraciones anatómicas y fisiológicas. La ultrasonografía renal, una técnica no invasiva y de fácil acceso, ha emergido como una alternativa prometedora para valorar la precarga y la congestión venosa sistémica, permitiendo una evaluación dinámica y repetible en el ámbito de la medicina crítica. **Objetivos:** evaluar la utilidad de la ultrasonografía renal para medir la precarga en pacientes postoperados con modificaciones en la circulación portal. Se pretende analizar la correlación de los parámetros ecográficos renales, como el patrón de flujo intrarrenal, con los métodos invasivos tradicionales y determinar su capacidad predictiva para mejorar la gestión hemodinámica en este grupo de pacientes. **Material y métodos:** estudio retrospectivo, observacional, transversal y analítico en pacientes mayores de 18 años ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos tras cirugías que alteran la circulación portal. Se incluyeron pacientes con monitoreo hemodinámico invasivo y evaluados con ultrasonografía renal en el periodo postoperatorio. La comparación de las mediciones ecográficas con los valores invasivos se realizó mediante análisis estadístico descriptivo, pruebas de hipótesis y modelos de regresión logística, considerando una significancia estadística de $p \leq 0.05$. **Resultados:** se incluyeron 10 pacientes, 70% hombres, con edad promedio de 58.3 ± 18.9 años. El trasplante hepático fue la cirugía más frecuente (80%). Se observó una correlación significativa entre la forma de la curva de flujo venoso renal y parámetros hemodinámicos invasivos como la presión venosa central ($r = 0.841$, $p = 0.002$), la presión en cuña ($r = 0.801$, $p = 0.005$), las resistencias vasculares sistémicas indexadas ($r = -0.661$, $p = 0.037$) y el índice cardíaco ($r = 0.801$, $p = 0.005$). Se identificaron diferencias significativas en la presión venosa central, la presión en cuña, las resistencias vasculares sistémicas indexadas y el índice cardíaco según el tipo de curva de flujo venoso renal. No se encontró correlación significativa con la variabilidad del volumen sistólico, el gasto cardíaco o la respuesta a la fluidoterapia. **Conclusiones:** la ultrasonografía renal demuestra ser una herramienta prometedora y no invasiva para la evaluación de la precarga y la congestión venosa sistémica en pacientes con modificaciones en la circulación portal, especialmente en el contexto de trasplante hepático. La significativa correlación entre el patrón de flujo venoso renal y mediciones invasivas como la presión venosa central y la presión en cuña sugiere que esta técnica podría ser utilizada como un predictor del estado de volumen. No obstante, se requiere de estudios con mayor tamaño de muestra para validar su utilidad en la gestión de la fluidoterapia y la predicción de respuesta a la misma.

Palabras clave: ultrasonografía renal, patrón de flujo venoso renal, precarga, congestión venosa, monitorización no invasiva, evaluación hemodinámica, cirugía hepática.

ABSTRACT

Introduction: accurate assessment of fluid volume in critically ill patients, especially those with portal circulation modifications following specific surgical procedures, represents a major clinical challenge. Traditional methods, such as central venous pressure and pulmonary artery occlusion pressure, have reliability limitations due to anatomical and physiological alterations. Renal ultrasonography, a noninvasive and easily accessible technique, has emerged as a promising alternative for assessing systemic venous preload

and congestion, allowing for a dynamic and repeatable assessment in critical care medicine. **Objectives:** to evaluate the usefulness of renal ultrasound for measuring preload in postoperative patients with portal circulation changes. The aim was to analyze the correlation of renal ultrasound parameters, such as intrarenal flow patterns, with traditional invasive methods and to determine their predictive capacity for improving hemodynamic management in this patient group. **Material and methods:** a retrospective, observational, cross-sectional, and analytical study was conducted in patients over 18 years of age admitted to Intensive Care after surgeries that altered portal circulation. Patients with invasive hemodynamic monitoring and evaluation with renal ultrasound in the postoperative period were included. Comparison of ultrasound measurements with invasive values was performed using descriptive statistical analysis, hypothesis testing, and logistic regression models, considering a statistical significance of $p \leq 0.05$. **Results:** ten patients were included, 70% men, with a mean age of 58.3 ± 18.9 years. Liver transplantation was the most frequent surgery (80%). A significant correlation was observed between the shape of the renal venous flow loop and invasive hemodynamic parameters such as central venous pressure ($r = 0.841$, $p = 0.002$), wedge pressure ($r = 0.801$, $p = 0.005$), indexed systemic vascular resistance ($r = -0.661$, $p = 0.037$), and cardiac index ($r = 0.801$, $p = 0.005$). Significant differences were identified in central venous pressure (CVP), wedge pressure, indexed systemic vascular resistance, and cardiac index according to the type of renal venous flow loop. No significant correlation was found with stroke volume variability, cardiac output, or response to fluid therapy. **Conclusions:** renal ultrasonography has proven to be a promising, noninvasive tool for assessing systemic venous preload and congestion in patients with portal circulation changes, especially in the context of liver transplantation. The significant correlation between renal venous flow pattern and invasive measurements such as CVP and wedge pressure suggests that this technique could be used as a predictor of volume status. However, studies with larger sample sizes are needed to validate its usefulness in fluid therapy management and predict response.

Keywords: renal ultrasonography, renal venous flow pattern, preload, venous congestion, noninvasive monitoring, hemodynamic assessment, liver surgery.

Abreviaturas:

IRVS = índice de resistencia vascular sistémica
PCWP = Pulmonary Capillary Wedge Pressure (presión capilar pulmonar en cuña)
POAP = presión de oclusión de la arteria pulmonar
PVC = presión venosa central
VCI = vena cava inferior
VExUS score = Venous Excess Ultrasound Score (puntuación ultrasonográfica del exceso venoso)
VVS = variabilidad del volumen sistólico

INTRODUCCIÓN

En el dinámico y complejo ámbito de la medicina crítica, la evaluación hemodinámica del paciente representa uno de los pilares fundamentales para la toma de decisiones terapéuticas.¹⁻³ Un manejo deficiente de los líquidos puede conducir a consecuencias catastróficas, que van desde la hipoperfusión tisular y el choque hasta el edema pulmonar y la disfunción orgánica múltiple.^{4,5} Históricamente, la práctica clínica se ha apoyado en parámetros estáticos y métodos invasivos como la pre-

* Hospital Zambrano Hellion. México.

Recibido: 19/09/2025. Aceptado: 20/10/2025.

Citar como: Flores MEM, Fabregat PJG, Chávez PCE, Sánchez NVM. Evaluación de la precarga mediante ultrasonografía en pacientes con modificación de la circulación portal. Med Crit. 2026;40(4):262-268. <https://dx.doi.org/10.35366/124247>

www.medigraphic.com/medicinacritica

sión venosa central (PVC) y la presión de oclusión de la arteria pulmonar (POAP) para guiar la reposición de volumen.^{6,7} Sin embargo, décadas de investigación han demostrado que estos indicadores son predictores poco fiables de la respuesta a la fluidoterapia, ya que su valor no refleja adecuadamente la posición del paciente en la curva de Frank-Starling, un principio que rige la relación entre la precarga y el volumen sistólico.⁶⁻⁹

La incapacidad de los marcadores estáticos para predecir si un paciente se beneficiará de un bolo de líquidos ha impulsado un cambio de paradigma hacia el uso de parámetros dinámicos y funcionales.⁸⁻¹⁰ Estos métodos, como la variación de la presión del pulso (VPP) o la variación del volumen sistólico (VVS), aprovechan las interacciones cardiopulmonares durante la ventilación mecánica para inferir la dependencia de la precarga.¹⁰⁻¹² No obstante, su utilidad se ve limitada por la necesidad de condiciones específicas, como la ventilación mecánica controlada y la ausencia de arritmias,

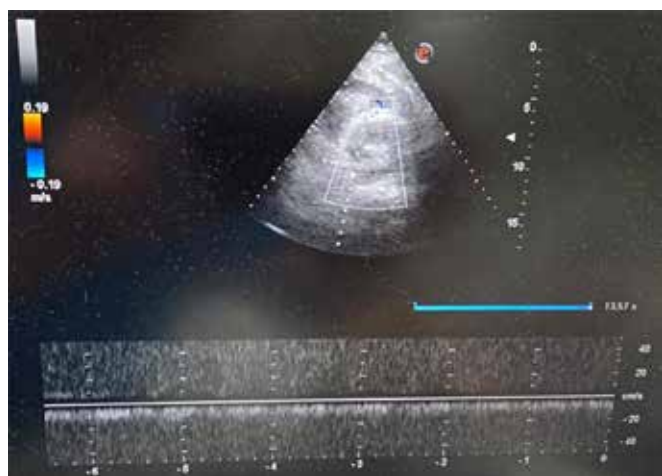


Figura 1: VExUS 1 renal.



Figura 2: VExUS 2 renal

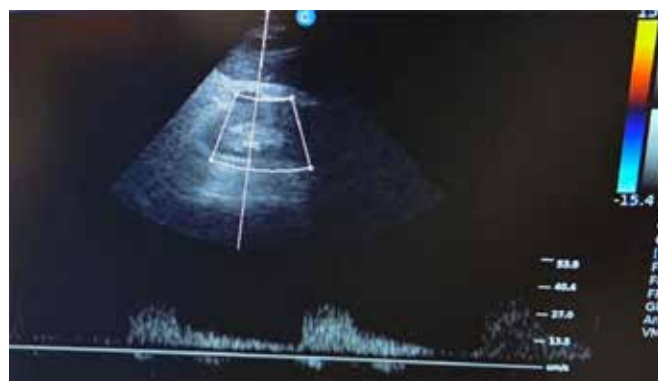


Figura 3: VExUS 3 renal.

lo que excluye a una gran proporción de pacientes en estado crítico.^{9,10,13}

Ante estas limitaciones, la ultrasonografía clínica (POCUS, por sus siglas en inglés) ha emergido como una herramienta revolucionaria, no invasiva y de rápida implementación en la cabecera del paciente.^{1,2} Técnicas como la ecocardiografía, el Doppler esofágico o el ultrasonido de la vena cava inferior (VCI) han demostrado ser altamente útiles para evaluar el estado de la precarga.^{10,14-16} Particularmente, el estudio de la VCI ha mostrado sensibilidad y especificidad altas para predecir la respuesta a líquidos en pacientes con ventilación espontánea, aunque su interpretación puede ser compleja en situaciones de presión intratorácica elevada o hipertensión abdominal.^{13,14}

Recientemente, ha cobrado especial interés la evaluación de la congestión venosa sistémica, un fenómeno fisiopatológico que se presenta en estados de sobrecarga hídrica y que se asocia con un aumento en la morbilidad y la mortalidad.^{5,17-19} En este contexto, el ultrasonido renal se ha posicionado como una herramienta prometedora para la evaluación de la volemia y la congestión en órganos diana.^{20,21} La aplicación de la ultrasonografía Doppler renal permite analizar no solo la perfusión arterial a través del índice de resistencia renal (IRR), sino también del patrón de flujo venoso intrarrenal (IRVF), el cual se ha correlacionado de manera significativa con el grado de congestión venosa y el pronóstico del paciente.^{18,20-22} Se ha demostrado que un patrón de flujo venoso discontinuo o pulsátil es un indicador de congestión severa, incluso antes de que se manifiesten cambios en los niveles séricos de creatinina o en la diuresis.^{20,21,23}

Un avance significativo en este campo es el desarrollo del índice VExUS (*Venous Excess Ultrasound Score*), una herramienta que integra el análisis de la VCI con los patrones de flujo Doppler en venas clave como la hepática, la porta y las intrarrenales (*Figuras 1 a 3*).²⁴ Esta perspectiva multimodal proporciona una visión más integral de la congestión venosa, facilitando una cuantificación más exacta y un seguimiento más preciso de la respuesta a diuréticos o la ultrafiltración.^{19,24,25}

El planteamiento de este problema de investigación radica en la necesidad de adaptar estos avances a un grupo de pacientes particularmente complejo: aquellos con modificaciones en la circulación portal, como los que han sido sometidos a cirugías mayores de resección hepática o trasplante.²⁶ En estos casos, las alteraciones anatómicas y hemodinámicas inherentes al procedimiento quirúrgico pueden invalidar la utilidad de los métodos tradicionales, haciendo que su interpretación sea poco fiable.²⁶ La evidencia actual sobre la fiabilidad de la ultrasonografía renal para evaluar la precarga y la congestión venosa en este grupo específico es limitada, lo que representa una brecha crítica en el conocimiento.

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar la utilidad de la ultrasonografía renal para medir la precarga en pacientes postoperados con modificaciones en la circulación portal. A través de la medición de parámetros como el índice de resistencia arterial y el patrón de flujo venoso intrarrenal, buscamos determinar su valor predictivo en relación con la respuesta a volumen y la mejoría hemodinámica. Adicionalmente, esta investigación contribuirá a identificar si esta técnica puede servir como un marcador temprano de estados de choque hemorrágico o séptico, condiciones frecuentes y con alta mortalidad en pacientes postquirúrgicos.^{2,4}

En conclusión, la presente investigación se justifica por la necesidad imperante de contar con herramientas diagnósticas no invasivas, reproducibles y seguras que permitan una monitorización hemodinámica personalizada en pacientes con particularidades quirúrgicas complejas.²⁷ Al explorar el potencial de la ultrasonografía renal en este subgrupo, se propone una alternativa menos invasiva y potencialmente más precisa que los métodos tradicionales, lo que podría optimizar el manejo de la volemia, mejorar los resultados clínicos y contribuir a una práctica de la medicina crítica más segura y eficaz.^{5,27}

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño. Estudio retrospectivo, observacional, transversal y analítico. El diseño retrospectivo permitió el análisis de datos preexistentes en los expedientes clínicos de pacientes que ya habían sido atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos (UCIA). La naturaleza observacional del estudio asegura que no se realizaron intervenciones directas sobre los pacientes, limitando la investigación al análisis de la información clínica ya registrada. Por último, el carácter analítico y transversal-diferencial del diseño facilitó la comparación de la utilidad clínica de la ultrasonografía renal frente a los métodos invasivos tradicionales en un momento crítico del postoperatorio, específicamente en pacientes con alteraciones de la circulación portal.

Población y entorno del estudio. El estudio se realizó en un hospital de la región norte del país y la muestra estuvo conformada por aproximadamente diez

pacientes mayores de 18 años, de ambos sexos, ingresados en la unidad de cuidados intensivos. La selección de la población se centró en pacientes que habían sido sometidos a procedimientos quirúrgicos mayores con impacto en la circulación portal, tales como: trasplante hepático, hepatectomía, trasplante pancreático, derivación portosistémica intrahepática transyugular (TIPS), derivación esplenorrenal y esplenectomía.²⁶

Este grupo de pacientes fue elegido por la complejidad que sus alteraciones anatómicas y fisiológicas imponen a la evaluación hemodinámica con métodos ecográficos convencionales.

Criterios de selección. Para la inclusión en el estudio, los pacientes debían cumplir con los siguientes criterios: ser mayores de 18 años, haber ingresado a la UCIA, haber sido sometidos a una de las cirugías con modificación de la circulación portal mencionadas, contar con monitoreo hemodinámico invasivo (PVC, POAP o presión en cuña) y tener un consentimiento institucional para el uso de sus datos clínicos. Se excluyeron del estudio a pacientes sin monitoreo hemodinámico invasivo, mujeres embarazadas o en puerperio, y sujetos con índice de masa corporal (IMC) mayor a 40.

Recolección de datos. La información se obtuvo de manera retrospectiva a partir de los expedientes clínicos electrónicos de los pacientes. Se accedió a los datos mediante cartas compromiso institucionales, asegurando la confidencialidad y el uso ético de la información. La recolección incluyó datos demográficos, antecedentes médicos relevantes y variables fisiológicas de rutina como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno y temperatura. Los datos hemodinámicos se obtuvieron tanto de los métodos invasivos de monitoreo (PVC, presiones de arteria pulmonar) como de las mediciones de ultrasonografía renal realizadas por el médico intensivista a cargo del caso. La información se registró en una base de datos creada en la plataforma *Research Electronic Data Capture* (REDCap), cumpliendo con los estándares de seguridad y confidencialidad institucionales.

Evaluación de la precarga y métodos de medición. La precarga fue evaluada a través de dos enfoques principales:

1. **Monitoreo invasivo:** se utilizó como estándar de referencia la medición de la presión venosa central (PVC), la presión de arteria pulmonar y la presión en cuña, registradas como parte de la atención clínica habitual.^{2,3,6,7}
2. **Ultrasonografía renal:** las mediciones ecográficas se realizaron a pie de cama. Se utilizó ultrasonografía dinámica para evaluar parámetros como el patrón de flujo venoso intrarrenal (IRVF), con el objetivo de determinar su utilidad como indicadores de precarga y respuesta a la administración de volumen en la población de estudio.^{20,21,24}

Análisis estadístico. En la estadística descriptiva se registraron frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Se reportaron medidas de tendencia central y dispersión (media y desviación estándar [DE]) para variables numéricas.

En la estadística inferencial se evaluó la distribución de la muestra por medio de la prueba de Shapiro-Wilk. Para comparar variables categóricas independientes se utilizó la prueba exacta de Fisher. Para contrastar variables numéricas entre dos grupos independientes se utilizó la prueba de t de Student. Para determinar el grado

de asociación entre variables se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman.

Se consideraron valores de $p \leq 0.05$ y un intervalo de confianza al 95% como estadísticamente significativos. Se utilizó el paquete estadístico IBM Corp. SPSS 29 para la realización del análisis.

RESULTADOS

Se incluyeron 10 pacientes, con edad promedio de 58.3 ± 18.9 años; siete (70%) fueron hombres. Las carac-

Tabla 1: Características de la población.

	Población general N = 10 n (%)	Normal/sobrecarga leve N = 5 n (%)	Sobrecarga moderada/ severa N = 5 n (%)	p
Edad (años)*	58.3 ± 18.9	60.2 ± 12.1	56.4 ± 25.4	0.770
Masculinos	7 (70)	5 (100)	2 (40)	0.167
Presión arterial sistólica, mmHg*	102.5 ± 13.0	100.8 ± 8.9	104.2 ± 17.1	0.707
Presión arterial diastólica, mmHg*	63.9 ± 9.2	62.4 ± 2.1	65.4 ± 13.4	0.646
Frecuencia cardíaca, lpm*	90.0 ± 16.0	90.0 ± 11.0	89.0 ± 22.0	0.929
Frecuencia respiratoria, rpm*	20.0 ± 1.7	20.2 ± 1.8	19.8 ± 1.8	0.733
Saturación O ₂ , %*	97.6 ± 2.6	98.6 ± 1.3	96.6 ± 3.2	0.260
Superficie corporal total,* m ²	1.98 ± 0.17	2.04 ± 0.2	1.93 ± 0.13	0.308
Tipo de cirugía				0.999
Trasplante hepático	8 (80)	4 (80)	4 (80)	—
Duodenopancreatectomía + hepatectomía derecha extendida	1 (10)	1 (20)	0 (0)	—
Whipple	1 (10)	0 (0)	1 (20)	—
Uso de vasopresores	10 (100)	5 (100)	5 (100)	—
Uso de diuréticos	4 (40)	0 (0)	4 (80)	0.048
Ventilación mecánica invasiva	9 (90)	4 (80)	5 (100)	0.999

lpm = latidos por minuto. rpm = respiraciones por minuto.

* Valores expresados en media ± desviación estándar.

Tabla 2: Características hemodinámicas.

	Población general N = 10 Media ± DE	Normal/sobrecarga leve N = 5 Media ± DE	Sobrecarga moderada/ severa N = 5 Media ± DE	p
PVC, mmHg	13.5 ± 4.1	10.8 ± 1.9	16.2 ± 4.1	0.028
PCWP, mmHg	16.9 ± 5.7	13.2 ± 2.6	20.6 ± 5.7	0.029
PAM, mmHg	76.3 ± 9.1	75.0 ± 3.5	77.6 ± 13.1	0.687
VVS, %	11.5 ± 6.2	10.4 ± 2.7	12.6 ± 8.8	0.617
RVS, dinas/cm ³	977.0 ± 289.3	1,067.4 ± 231.3	886.6 ± 338.2	0.353
IRVS	1,874.9 ± 451.3	2,161.2 ± 338.4	1,588.6 ± 372.7	0.035
Índice cardíaco, L/min/m ²	2.81 ± 0.56	2.41 ± 0.32	3.20 ± 0.48	0.015
Gasto cardíaco, L/min	5.46 ± 1.28	4.95 ± 0.95	5.96 ± 1.47	0.234
Balance de líquidos, n (%)				0.048
Negativo	1 (10)	1 (20)	0 (0)	
Neutro	3 (30)	3 (60)	0 (0)	
Positivo	6 (60)	1 (20)	5 (100)	
Clasificación PVC, n (%)				0.999
Normal	1 (10)	1 (20)	0 (0)	
Sobrecarga	9 (90)	4 (80)	5 (100)	
Respuesta a fluidoterapia, n (%)	5 (50)	2 (40)	3 (60)	0.999

DE = desviación estándar. IRVS = resistencias vasculares sistémicas indexadas. PAM = presión arterial media. PCWP = *Pulmonary Capillary Wedge Pressure* (presión capilar pulmonar en cuña) PVC = presión venosa central. RVS = resistencias vasculares sistémicas. VVS = variabilidad de volumen sistólico.

Tabla 3: Correlaciones de parámetros hemodinámicos y curva de flujo venoso renal.

Variable	Rho de Spearman	p
PVC, mmHg	0.841	0.002
PCWP, mmHg	0.801	0.005
VVS, %	0.174	0.631
RVS	-0.383	0.275
IRVS	-0.661	0.037
Índice cardiaco	0.801	0.005
Gasto cardiaco	0.303	0.378
Clasificación PVC	0.333	0.347

IRVS = resistencias vasculares sistémicas indexadas. PCWP = *Pulmonary Capillary Wedge Pressure* (presión capilar pulmonar en cuña). PVC = presión venosa central. RVS = resistencias vasculares sistémicas. VVS = variabilidad de volumen sistólico.

terísticas clínicas y hemodinámicas de la población se presentan en las [Tablas 1 y 2](#). La presión venosa central (PVC) fue de 13.5 ± 4.1 mmHg y la presión en cuña (PCWP) de 16.9 ± 5.7 mmHg. La presión arterial media (PAM) fue 76.3 ± 9.1 mmHg, la frecuencia cardiaca 90 ± 16 latidos por minuto (lpm), la variabilidad del volumen sistólico (VVS) $11.5 \pm 6.2\%$, el gasto cardiaco 5.46 ± 1.28 L/min y el índice cardiaco 2.81 ± 0.56 L/min/m².

La forma de curva de flujo venoso renal fue normal/congestión leve en cinco pacientes (50%) y congestión moderada/severa en cinco (50%). El tipo de cirugía correspondió a trasplante hepático en ocho pacientes (80%). Todos recibieron vasopresores y albúmina. Cuatro (40%) recibieron diuréticos y nueve (90%) permanecieron con ventilación mecánica invasiva. El balance de líquidos fue positivo en seis pacientes (60%). Según la clasificación de la presión venosa central, nueve pacientes (90%) presentaron sobrecarga. La respuesta a fluidoterapia se observó en cinco pacientes (50%).

Se encontró que la forma de curva de flujo venoso renal se correlacionó significativamente con la PVC ($r = 0.841$, $p = 0.002$), la presión de cuña ($r = 0.801$, $p = 0.005$), las resistencias vasculares sistémicas indexadas ($r = -0.661$, $p = 0.037$) y el índice cardiaco ($r = 0.801$, $p = 0.005$). No se encontraron correlaciones significativas con la VVS ($p = 0.631$), la resistencia vascular sistémica ($p = 0.275$), el gasto cardiaco ($p = 0.378$) ni la clasificación de PVC ($p = 0.347$) ([Tabla 3](#)).

La forma de curva mostró diferencias significativas en los valores de PVC ($p = 0.028$) ([Figura 4](#)), presión en cuña ($p = 0.029$) ([Figura 5](#)), índice de resistencia vascular sistémica (IRVS) ($p = 0.035$) e índice cardiaco ($p = 0.015$); mientras que no se observaron diferencias en VVS ($p = 0.617$), resistencia vascular sistémica (RVS) ($p = 0.353$) ni gasto cardiaco ($p = 0.234$). Finalmente, no se encontró alguna asociación entre la forma de curva y la respuesta a fluidoterapia ($p = 0.999$), ni con la clasificación de PVC ($p = 0.999$).

DISCUSIÓN

La evaluación hemodinámica del paciente crítico sigue siendo un desafío, especialmente en aquellos con alteraciones postquirúrgicas.^{1-3,27} Los resultados de este estudio, aunque en una muestra limitada, sugieren que la ultrasonografía renal es una herramienta prometedora.^{20,21,24} La correlación significativa entre el patrón de flujo venoso intrarrenal y parámetros invasivos, como la PVC ($r = 0.841$) y la PCWP ($r = 0.801$), valida su potencial como método no invasivo para estimar la precarga.^{18,20,24}

Este hallazgo es particularmente relevante en pacientes con trasplante hepático, donde las mediciones con catéter central pueden ser poco fiables.^{6,7,26} La capacidad del ultrasonido para detectar la congestión venosa podría facilitar un manejo más oportuno, permitiendo la diuresis o la ultrafiltración antes de que se manifiesten los signos clínicos de sobrecarga.^{19,25} Sin embargo, nuestro estudio no encontró una asociación significativa entre el flujo venoso renal y la respuesta a la fluidoterapia ($p = 0.999$), lo que contrasta con la utilidad de otros parámetros dinámicos.^{8-12,28,29} Esto su-

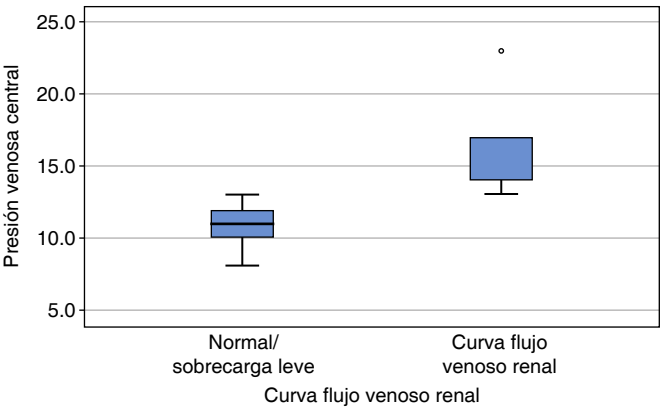


Figura 4: Boxplot presión venosa central/curva flujo venoso renal.

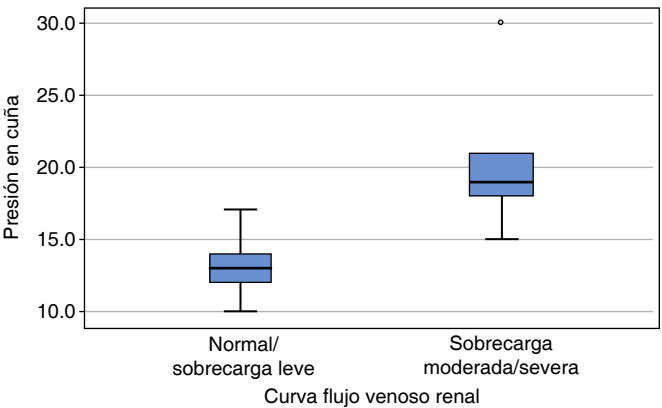


Figura 5: Boxplot presión en cuña/curva flujo venoso renal.

giere que su principal función podría ser la de identificar el momento en que el paciente ya no se beneficiará de más fluidos, más que guiar la reanimación.^{5,10,19}

CONCLUSIONES

La presente investigación demuestra que la ultrasonografía renal es una herramienta de monitoreo hemodinámico no invasiva y de gran utilidad para la evaluación de la precarga y la congestión venosa sistémica en pacientes con modificaciones en la circulación portal, principalmente aquellos postrasplante hepático.^{20,24,26} Los resultados obtenidos confirman una fuerte correlación estadísticamente significativa entre el patrón de la curva de flujo venoso renal y los parámetros hemodinámicos invasivos tradicionales, como la presión venosa central y la presión en cuña.^{18,21,24} Esta correlación sugiere que la medición no invasiva puede servir como un sustituto fiable y seguro para estas mediciones invasivas.^{24,27}

A pesar del pequeño tamaño de la muestra, el estudio ofrece un panorama valioso sobre la aplicabilidad clínica del ultrasonido renal en una población de pacientes particularmente compleja.^{26,27} La capacidad de esta técnica para reflejar el estado de congestión venosa de forma dinámica y al pie de la cama representa un avance importante en el manejo de líquidos.^{5,19} La información que proporciona puede ser utilizada para guiar las decisiones sobre cuándo iniciar diuréticos o cuándo detener la administración de líquidos, contribuyendo a la prevención de complicaciones asociadas a la sobrecarga de volumen.²⁵

No obstante, las limitaciones del estudio, principalmente el número reducido de pacientes y el diseño retrospectivo, impiden establecer conclusiones definitivas sobre su capacidad para predecir la respuesta a la fluidoterapia.^{6,7,10} La ausencia de asociación significativa entre la curva de flujo venoso y la respuesta a la fluidoterapia subraya que el ultrasonido renal, en el contexto de nuestra investigación, es más un marcador de precarga y congestión que un predictor dinámico.^{1-3,27} Por lo tanto, si bien esta técnica se perfila como una adición valiosa al arsenal diagnóstico, su uso debe ser considerado dentro de un marco clínico integral que combine diferentes parámetros.^{5,27} Es necesario que las futuras investigaciones contemplen estudios multicéntricos, prospectivos y con más pacientes para corroborar estos descubrimientos y establecer cómo pueden incorporarse en los algoritmos de manejo de fluidos.^{1-3,27}

Este trabajo contribuye al cuerpo de conocimiento que promueve el uso de herramientas no invasivas en la medicina crítica, ofreciendo una alternativa más segura y accesible para la monitorización hemodinámica en un subgrupo de pacientes de alta complejidad.

REFERENCIAS

1. Pinsky MR. Hemodynamic monitoring over the past 10 years. *Crit Care*. 2006;10(1):117. doi: 10.1186/cc3997.
2. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task Force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 2014; 40 (12): 1795-1815. doi: 10.1007/s00134-014-3525-z.
3. Pinsky MR. Hemodynamic evaluation and monitoring in the ICU. *Chest*. 2007;132(6):2020-2029. doi: 10.1378/chest.07-0073.
4. Vincent JL, De Backer D. Circulatory shock. *N Engl J Med*. 2013;369(18):1726-1734. doi: 10.1056/NEJMra1208943.
5. Malbrain ML, Marik PE, Witters I, Cordemans C, Kirkpatrick AW, Roberts DJ, Van Regenmortel N. Fluid overload, de-resuscitation, and outcomes in critically ill or injured patients: a systematic review with suggestions for clinical practice. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2014;46(5):361-380. doi: 10.5603/AIT.2014.0060.
6. Marik PE, Baram M, Vahid B. Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares. *Chest*. 2008;134(1):172-8. doi: 10.1378/chest.07-2331.
7. Osman D, Ridet C, Ray P, et al. Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge. *Crit Care Med*. 2007;35(1):64-68. doi: 10.1097/01.CCM.0000249851.94101.4F.
8. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest*. 2002;121(6):2000-2008. doi: 10.1378/chest.121.6.2000.
9. Bentzer P, Griesdale DE, Boyd J, MacLean K, Sirounis D, Ayas NT. Will this hemodynamically unstable patient respond to a bolus of intravenous fluids? *JAMA*. 2016;316(12):1298-1309. doi: 10.1001/jama.2016.12310.
10. Monnet X, Marik PE, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness: an update. *Ann Intensive Care*. 2016;6(1):111. doi: 10.1186/s13613-016-0216-7.
11. Michard F, Boussat S, Chemla D, et al. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162(1):134-138. doi: 10.1164/ajrccm.162.1.9903035.
12. Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P, et al. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. *Br J Anaesth*. 2008;101(2):200-206. doi: 10.1093/bja/aen133.
13. Lanspa MJ, Grissom CK, Hirshberg EL, Jones JP, Brown SM. Applying dynamic parameters to predict hemodynamic response to volume expansion in spontaneously breathing patients with septic shock. *Shock*. 2013;39(2):155-160. doi: 10.1097/SHK.0b013e31827f1c6a.
14. Feissel M, Michard F, Faller JP, Teboul JL. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med*. 2004;30(9):1834-1837. doi: 10.1007/s00134-004-2233-5.
15. Barjaktarevic I, Toppen WE, Hu S, et al. Ultrasound assessment of the change in carotid corrected flow time in fluid responsiveness in undifferentiated shock. *Crit Care Med*. 2018;46(11):e1040-e1046. doi: 10.1097/CCM.00000000000003356.
16. Messmer AS, Zingg C, Müller M, Gerber JL, Schefold JC, Pfortmueller CA. Fluid overload and mortality in adult critical care patients: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Crit Care Med*. 2020;48(12):1862-1870. doi: 10.1097/CCM.0000000000004617.
17. Husain-Syed F, Ricci Z, Brodie D, et al. Extracorporeal organ support (ECOS) in critical illness and acute kidney injury: from native to artificial organ crosstalk. *Intensive Care Med*. 2018;44(9):1447-1459. doi: 10.1007/s00134-018-5329-z.
18. Mullens W, Abrahams Z, Francis GS, et al. Importance of venous congestion for worsening of renal function in advanced decompensated heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(7):589-596. doi: 10.1016/j.jacc.2008.05.068.

19. Beaubien-Souligny W, Benkreira A, Robillard P, Bouabdallaoui N, Chassé M, Desjardins G, et al. Alterations in portal vein flow and intrarenal venous flow are associated with acute kidney injury after cardiac surgery: a prospective observational cohort study. *J Am Heart Assoc.* 2018;7(19):e009961. doi: 10.1161/JAHA.118.009961.
20. Pellicori P, Platz E, Dauw J, Ter Maaten JM, Martens P, Pivetta E, et al. Ultrasound imaging of congestion in heart failure: examinations beyond the heart. *Eur J Heart Fail.* 2021;23(5):703-712. doi: 10.1002/ehf.2032.
21. Iida N, Seo Y, Sai S, et al. Clinical implications of intrarenal hemodynamic evaluation by Doppler ultrasonography in heart failure. *JACC Heart Fail.* 2016;4(8):674-682. doi: 10.1016/j.jchf.2016.03.016.
22. Damman K, Navis G, Voors AA, et al. Worsening renal function and prognosis in heart failure: systematic review and meta-analysis. *J Card Fail.* 2007;13(8):599-608. doi: 10.1016/j.cardfail.2007.04.008.
23. Husain-Syed F, Slutsky AS, Ronco C. Lung-kidney cross-talk in the critically ill patient. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016;194(4):402-14. doi: 10.1164/rccm.201602-0420CP.
24. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, et al. Quantifying systemic congestion with point-of-care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *Ultrasound J.* 2020;12(1):16. doi: 10.1186/s13089-020-00163-w.
25. Rodríguez-Espinosa D, Guzman-Bofarull J, de La Fuente-Mancera JC, Maduell F, Broseta JJ, Farrero M. Multimodal strategies for the diagnosis and management of refractory congestion: an integrated cardiorenal approach. *Front Physiol.* 2022;13:913580. doi: 10.3389/fphys.2022.913580.
26. Rahbari NN, Garden OJ, Padbury R, et al. Posthepatectomy liver failure: a definition and grading by the International Study Group of Liver Surgery (ISGLS). *Surgery.* 2011;149(5):713-724. doi: 10.1016/j.surg.2010.10.001.
27. Saugel B, Vincent JL, Wagner JY. Personalized hemodynamic management. *Curr Opin Crit Care.* 2017;23(4):334-341. doi: 10.1097/MCC.0000000000000422.
28. Monnet X, Teboul JL. Passive leg raising: five rules, not a drop of fluid! *Crit Care.* 2015;19(1):18. doi: 10.1186/s13054-014-0708-5.
29. Fujii K, Nakayama I, Izawa J, Iida N, Seo Y, Yamamoto M, et al. Association between intrarenal venous flow from Doppler ultrasonography and acute kidney injury in patients with sepsis in critical care: a prospective, exploratory observational study. *Crit Care.* 2023;27(1):278. doi: 10.1186/s13054-023-04557-9.

Patrocinios: no se cuenta con patrocinios.

Conflicto de intereses: no existen conflicto de intereses por parte de los autores.

Correspondencia:

Erika Magali Flores Mora

E-mail: erikamagalif@gmail.com



Utilidad de la excursión y engrosamiento diafragmático vs índice de Tobin como predictor de éxito de extubación en el paciente crítico de alto riesgo en la Unidad de Cuidados Intensivos

Utility of diaphragmatic excursion and thickening vs Tobin index as a predictor of extubation success in high-risk critically ill patients in the Intensive Care Unit

Alma Yaneth Jaime Zúñiga,* Carlos Eduardo Castañeda Vargas,† Ana Alicia Velarde Pineda‡

RESUMEN

Introducción: la ventilación mecánica es un procedimiento frecuente en las unidades de cuidados intensivos (UCI), utilizado entre 40 y 95% de los pacientes críticos. Una vez resuelta la patología de base, resulta esencial evaluar el momento adecuado para el destete y lograr una extubación exitosa. El índice de Tobin se considera el estándar de oro por su practicidad; sin embargo, predice únicamente alrededor de 20% de los fracasos. La ecografía diafragmática, mediante la medición de la excursión y engrosamiento, se ha propuesto como herramienta más precisa para valorar este proceso. **Objetivo:** determinar la utilidad de la excursión y engrosamiento diafragmáticos frente al índice de Tobin como predictores de éxito de extubación en pacientes críticos de alto riesgo en la Unidad de Cuidados Intensivos. **Material y métodos:** estudio transversal, prospectivo y observacional, en el cual se buscó determinar la utilidad del grosor y excursión diafragmática realizando su medición a pie de cama y comparándolo con el índice de Tobin para predecir el éxito de extubación en pacientes críticos de alto riesgo. Se calculó una muestra de 80 pacientes, la cual incluyó 10% de pérdidas estimadas. Las variables cualitativas se describieron con frecuencias y proporciones; las cuantitativas, con media y desviación estándar o mediana e intervalo intercuartílico. Se calcularon sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y negativo (VPN) de cada prueba. Las diferencias se analizaron mediante la prueba de χ^2 . **Resultados:** del total de pacientes, 38.8% fueron mujeres y 61.3% hombres, con mediana de edad de 38 años (24.8-52). El diagnóstico más frecuente fue traumatismo craneoencefálico (27.8%), seguido de choque séptico. El 68.8% logró extubación exitosa, mientras que la principal causa del fracaso fue de origen respiratorio (13.8%). La excursión y engrosamiento diafragmático mostraron sensibilidad de 100% y especificidad de 80% (VPP 75%, VPN 100%), con una adecuación en 67.5% de ambas pruebas frente a una sensibilidad de 100%, especificidad de 31%, VPP de 75% y un VPN de 100% del índice de Tobin. Se encontró un destete exitoso en la totalidad de los pacientes con hallazgos ultrasonográficos normales y fracaso en el retiro de VMI en el total de los pacientes que mostraron hallazgos anormales ($p = 0.000$). **Conclusión:** la ecografía diafragmática se muestra como un predictor eficaz de éxito en la extubación de pacientes críticos de alto riesgo. Se sugiere la realización de estudios más extensos para proporcionar una visión más profunda de su aplicabilidad y utilidad clínica.

Palabras clave: excursión diafragmática, engrosamiento diafragmático, índice de Tobin, destete, extubación, paciente crítico de alto riesgo, ultrasonografía.

ABSTRACT

Introduction: mechanical ventilation is frequently required in intensive care units (ICU), with a reported use in 40-95% of critically ill patients. Once the underlying condition improves, assessing readiness for weaning and determining the optimal timing for extubation is crucial. The Tobin index is considered the gold standard due to its practicality, but it predicts only about 20% of weaning failures. Diaphragmatic ultrasound, by measuring excursion and

thickening, has been proposed as a more accurate tool to improve prediction accuracy. **Objective:** to evaluate the usefulness of diaphragmatic excursion and thickening versus the Tobin index as predictors of extubation success in high-risk critically ill patients in the Intensive care unit. **Material and methods:** a cross-sectional, prospective, observational study aimed to determine the usefulness of diaphragmatic thickness and excursion by measuring them at the bedside and comparing them with the Tobin index to predict extubation success in high-risk critically ill patients. A sample of 80 patients was calculated, which included 10% of estimated losses. Qualitative variables were summarized as frequencies and proportions; quantitative variables as mean $\pm$ SD or median (IQR). Sensitivity, specificity, PPV, and NPV were calculated for diaphragmatic ultrasound parameters and the Tobin index. Statistical significance was assessed with chi-square tests. **Results:** of the total number of patients, 38.8% were female and 61.3% male; median age was 38 years (24.8-52). The most frequent admission diagnosis was traumatic brain injury (27.8%), followed by septic shock. Successful extubation was achieved in 68.8%, while the main failure cause was respiratory failure (13.8%). Diaphragmatic excursion and thickening showed a sensitivity of 100% and a specificity of 80% (PPV 75%, NPV 100%), with an adequacy of 67.5% of both tests compared to a sensitivity of 100%, specificity of 31%, PPV of 75% and a NPV of 100% of the Tobin index. Successful weaning was observed in all patients with normal ultrasound findings, and failure to wean from IMV occurred in all patients with abnormal findings ($p = 0.000$). **Conclusion:** diaphragmatic ultrasound has been shown to be an effective predictor of successful extubation in high-risk critically ill patients. Further studies are suggested to provide a more in-depth understanding of its applicability and clinical utility.

Keywords: diaphragmatic excursion, diaphragmatic thickening, Tobin index, weaning, extubation, high-risk critically ill patient, ultrasound.

Abreviaturas:

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

VM = ventilación mecánica

RSBI = *Rapid Shallow Breathing Index* (Índice de respiración rápida y superficial)

DE = *Diaphragmatic Excursion* (excursión diafragmática)

DTF = *Diaphragmatic Thickening Fraction* (fracción de engrosamiento diafragmático)

VMI = ventilación mecánica invasiva

VPP = valor predictivo positivo

VPN = valor predictivo negativo

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia ventilatoria aguda constituye una de las principales causas de ingreso en la unidad de cuidados intensivos (UCI), requiriendo con frecuencia ventilación mecánica (VM) para soporte respiratorio.^{1,2} Aproximadamente 40% de los pacientes en UCI requieren VM,³ la cual debe aplicarse de manera segura para prevenir lesiones pulmonares inducidas por la ventilación.⁴⁻⁶ La intubación orotraqueal se asocia a morbilidad significativa, especialmente en intubaciones difíciles, y

* Hospital General Regional 180 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). México.

† Unidad de Medicina Familiar No. 78 del IMSS. México.

‡ Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional de Occidente, IMSS. México.

Recibido: 19/09/2025. Aceptado: 20/10/2025.

Citar como: Jaime ZAY, Castañeda VCE, Velarde PAA. Utilidad de la excursión y engrosamiento diafragmático vs índice de Tobin como predictor de éxito de extubación en el paciente crítico de alto riesgo en la Unidad de Cuidados Intensivos. Med Crit. 2026;40(4):269-273. <https://dx.doi.org/10.35366/124248>

www.medicgraphic.com/medicinacritica

entre 20 y 25% de los pacientes presentan dificultades para discontinuar la VM.³

El destete de VM comprende la discontinuación del ventilador y la extubación, y su éxito depende de la resolución parcial o total de la patología subyacente, estabilidad hemodinámica y parámetros respiratorios adecuados.⁷

El fracaso de extubación, definido como la necesidad de reintubación dentro de 24-48 horas, se asocia con mayor duración de VM, traqueotomía, mortalidad y costos hospitalarios.⁸ Los factores de riesgo descritos incluyen sexo femenino, VM prolongada, secreciones abundantes, peso bajo y puntuación SOFA ≥ 8 .⁹ El índice de respiración rápida (RSBI), conocido como el índice de Tobin y Yang, es un predictor clásico de éxito en el destete, aunque su sensibilidad y especificidad pueden verse afectadas por VM prolongada o enfermedades neuromusculares.^{10,11}

La ecografía diafragmática ha emergido como una herramienta no invasiva, realizada a pie de cama, es segura y reproducible para evaluar la función respiratoria y predecir éxito en la extubación.^{12,13} Los principales parámetros incluyen la excursión diafragmática (*Figura 1*), que mide el desplazamiento durante inspiración, y la fracción de engrosamiento diafragmático, que refleja cambios de grosor entre inspiración y espiración.^{14,15} Valores normales para la excursión diafragmática (DE) oscilan entre 1.6-2.9 cm y para el engrosamiento diafragmático (DTF) entre 2.2-4 mm, mientras que un $\Delta tdi > 30\%$ se asocia con éxito en la extubación.^{16,17} La combinación de DE o DTF con RSBI mejora la precisión predictiva del destete exitoso en comparación con el uso de RSBI o índices tradicionales de forma aislada.¹⁸⁻²⁰

En este contexto, la evaluación ecográfica del diafragma constituye un enfoque objetivo y complementario en el manejo de pacientes críticos con VM, permitiendo identificar de manera temprana disfunción diafragmática, optimizar estrategias de destete y reducir el riesgo de fracaso en la extubación.^{21,22}

En este marco, el presente estudio tiene como objetivo principal demostrar la utilidad de la excursión y el engrosamiento diafragmático frente al índice de Tobin como predictores de éxito de extubación en pacientes críticos de alto riesgo en la UCI de un hospital de segundo nivel de atención.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio. Se realizó un estudio observacional, analítico, transversal, prospectivo y de prueba diagnóstica. **Universo y población de estudio.** Se incluyeron pacientes de uno y otro sexo, mayores de 18 años, ingresados en la UCI, con ventilación mecánica invasiva (VMI) ≥ 24 horas, durante un periodo de seis meses posteriores a la aceptación del protocolo. Se excluyeron pacientes que requirieron ventilación mecánica < 24 horas, pacientes portadores de traqueostomía y pacientes embarazadas. Los criterios de eliminación fueron pacientes que habiendo sido incluidos en el proyecto no contaban con la información completa para su análisis (*Tabla 1*).

Lugar de realización. El estudio se llevó a cabo en la UCI polivalente que cuenta con 10 unidades cama de un hospital de segundo nivel de atención de 277 camas censables. **Muestreo y tamaño de muestra.** Se empleó un muestreo no probabilístico. El tamaño de muestra se calculó con la fórmula para estimar una proporción, considerando un nivel de confianza de 95% ($Z\alpha = 1.96$), una proporción esperada de fracaso en el destete del 24% (según Sandoval Moreno LM) y una precisión de 10%. El cálculo determinó una muestra de 70 pacientes; considerando 10% de pérdidas, la muestra final fue de 80 pacientes. Se diseñó un formato de captura de datos especialmente para el propósito del estudio, en el cual se recabaron las características clínicas y sociodemográficas de los pacientes, así como la evaluación del grosor y excursión diafragmática e índice de Tobin para predecir fracaso. Se identificó a

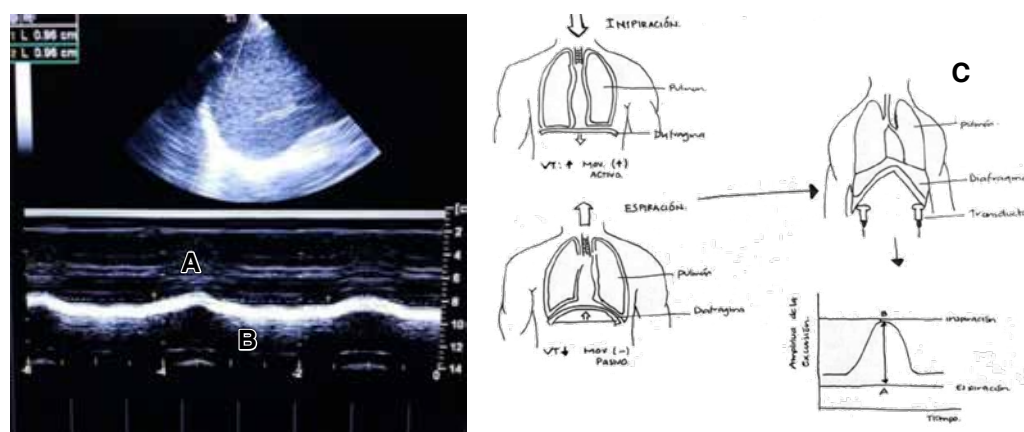


Figura 1: Representación esquemática y ecográfica de excursión diafragmática. En la parte izquierda de la figura se observa la imagen ultrasonográfica en modo M donde se está realizando la medición de excursión diafragmática en inspiración (A) y espiración (B). En la parte derecha se puede observar la colocación de la sonda en la región subcostal (C) para mostrar modo B y colocación de la línea exploratoria para excursión de la espiración a la inspiración.

Tabla 1: Características clínicas y antropométricas de los pacientes incluidos (N = 80).

	Mediana [RIC]
Edad, años	38 [24.8-52.0]
Peso, kg*	72.26 ± 11.14
Talla, cm	170 [160.3-175.0]
	n (%)
IMC, kg/m ²	
Normal	35 (43.8)
Sobrepeso	36 (45.0)
Obesidad	9 (11.2)
Comórbidos	
Ninguno	31 (38.7)
Colelitiasis	3 (3.8)
Depresión mayor	5 (6.2)
DM	22 (27.5)
Encefalopatía	1 (1.3)
Enfermedad cardiovascular [‡]	8 (10.0)
Epilepsia	2 (2.5)
LES	3 (3.6)
Tumor [§]	5 (6.2)
Escala de Glasgow	
Severo	80 (100.0)

DM = diabetes mellitus. HAS = hipertensión arterial sistémica. IMC = índice de masa corporal. LES = lupus eritematoso sistémico. RIC = rango intercuartílico.

* Variables cuantitativas expresadas en media ± desviación estándar. ‡ Incluidas hipertensión arterial, cardiopatía isquémica y fibrilación auricular. § Incluidos: tumores cerebrales, cáncer de esófago y teratoma de ovario.

todos los pacientes ingresados en la UCI que cumplieran con los criterios de selección ya mencionados y, una vez verificando que cumplieran con los mismos, se les otorgó el consentimiento bajo información con el que autorizaban su participación en el estudio. Se obtuvo el índice de Tobin/Yang arrojado por el equipo de ventilación mecánica, el cual en todos los casos fue un ventilador mecánico marca Dräger, modelo Evita V300. Se realizó el cálculo mediante la fórmula: frecuencia respiratoria/ volumen corriente (FR/VC). Después se procedió a la evaluación del grosor y excursión diafragmática mediante ultrasonido. La técnica de medición se realizó empleando alguno dos equipos de la Unidad y según la disponibilidad de los mismos; el primero de ellos un ultrasonógrafo marca General Electric modelo Logic C5 y el segundo marca Siemens, modelo Acuson X300, ambos equipados con transductor de 2.5 a 5 MHz. Se realizó la medición manteniendo al paciente en decúbito supino, se realizó la identificación del diafragma entre el octavo y noveno arco intercostal, por delante de la línea axilar anterior, y se dirigió medial, cefálico y dorsal. El diafragma se identificó con base en sus características morfológicas, que consistió en la visualización de tres capas ubicadas por debajo de los músculos intercostales y el tejido celular subcutáneo, delimitado en su porción superior e inferior por las dos líneas de la fascia. Se empleó el modo bidimensional para obtener la mejor imagen y, para evaluar la ex-

cursión diafragmática se utilizó el ultrasonido en modo M, valorando el movimiento de dicho músculo durante el proceso de inspiración y espiración. Para evaluar el grosor diafragmático se utilizó el transductor lineal de 10 a 15 MHz en modo 2D, colocando el transductor del mismo modo en que fue empleado para la medición anterior y se valoró el grosor del músculo tanto en la inspiración como en la espiración; el gradiente se calculó utilizando la fórmula:

$$(\text{Grosor al final de la inspiración} - \text{Grosor al final de la espiración}) / (\text{Grosor al final de la espiración}) * 100$$

RESULTADOS

Se evaluaron 80 pacientes críticos con ventilación mecánica invasiva ≥ 24 horas; sin embargo, se determinó que en todos los casos la duración de la ventilación mecánica había sido ≥ 3 días (mediana seis días). De los pacientes, 38.8% fueron mujeres ($n = 31$) y 61.3% fueron hombres ($n = 49$), con una mediana de edad de 38 años (19-79). El diagnóstico más frecuente fue traumatismo craneoencefálico (27.8%), seguido de choque séptico (12.7%). El 61.3% presentó comorbilidades, principalmente diabetes mellitus tipo 2 (27.5%) e hipertensión arterial (10%). Se pueden observar las características clínicas y antropométricas en la [Tabla 1](#).

El destete fue exitoso en 67.5% (54 pacientes); los fracasos, que fueron un total de 32.5% ($n = 26$) se relacionaron con causas respiratorias (13.8%), respiratorio/neurológicas (6.3%) y neurológicas (2.5%). En los pacientes que requirieron reintubación, el tiempo hasta el evento fue de 15 horas (8.5-24).

La excursión y engrosamiento diafragmático mostraron sensibilidad de 100% y especificidad de 75%, con un valor predictivo positivo (VPP) de 100% y un valor predictivo negativo (VPN) de 80%, en comparación con el índice de Tobin que mostró una sensibilidad de 100%, especificidad de 31%, un VPP de 75% y un VPN de 100% ([Figura 2](#)). Todos los pacientes con hallazgos ecográficos normales lograron destete exitoso, mientras que aquellos con hallazgos anormales fracasaron en la extubación ($p = 0.000$). Aunque el índice de Tobin adecuado se asoció a éxito de destete, 69.2% de pacientes con fracaso también lo presentó, reflejando limitaciones en su valor predictivo.

Se encontraron asociaciones entre anormalidad de excursión/engrosamiento diafragmático y la presencia de comorbilidades, menor talla y mayor tiempo de ventilación mecánica ($p < 0.05$). No se observaron diferencias significativas respecto a edad, género, peso, índice de masa corporal (IMC) o enfermedad de base ([Tabla 2](#)). La regresión logística no identificó efecto significativo de variables clínicas o antropométricas sobre los hallazgos ecográficos.

DISCUSIÓN

El presente estudio demostró que la excursión y el engrosamiento diafragmático evaluados por ultrasonido constituyen predictores más específicos de éxito de extubación en comparación con el índice de Tobin, especialmente en pacientes críticos de alto riesgo. Si bien ambos parámetros mostraron sensibilidad de 100%, la especificidad fue significativamente mayor en la ecografía diafragmática (75 vs 31%), lo que concuerda con la evidencia creciente sobre la superioridad de las herramientas ultrasonográficas frente a índices clásicos en el destete de ventilación mecánica.

Nuestros hallazgos concuerdan con lo reportado por Ferrari y colaboradores, quienes evidenciaron que una fracción de engrosamiento diafragmático mayor a 30% se asocia con éxito en el destete, mostrando mayor valor predictivo que el índice de Tobin²³. De igual manera, Goligher EC y asociados subrayaron que la disfunción diafragmática es frecuente en pacientes críticamente enfermos y que la evaluación ultrasonográfica permite identificar de forma precoz a aquellos con riesgo elevado de fracaso de extubación.²⁴

En contraste, aunque el índice de Tobin se mantiene como una herramienta ampliamente utilizada por su simplicidad y disponibilidad, múltiples estudios, incluidos los de Yang y Tobin, han señalado limitaciones relacionadas con su baja especificidad, particularmente en pacientes con ventilación mecánica prolongada o enfermedades neuromusculares.^{25,26} Nuestros resultados reafirman estas limitaciones, al mostrar que un porcentaje considerable de pacientes con fracaso en el destete presentaban un RSBI aparentemente adecuado.

Asimismo, observamos que la presencia de comorbilidades, menor talla y mayor tiempo de ventilación mecánica se asociaron con alteraciones diafragmáticas, lo

Tabla 2: Asociación de excursión y engrosamiento diafragmático con las características clínicas y antropométricas de los pacientes atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos (N = 80).

	Excursión y engrosamiento diafragmático		p*
	Adecuado Mediana [RIC]	Anormal Mediana [RIC]	
Edad, años	36 [23.75-51.25]	48 [31.76-56.00]	0.112
Peso, kg [‡]	72.39 ± 11.56	72.00 ± 10.42	0.464
Talla, cm	170 [165.00-175.25]	163 [155.00-173.50]	0.021
Días de intubación	5 [4-7]	10 [8.00-12.25]	0.000
Reintubación, horas	0 [0-0]	15.5 [19.50-24.00]	0.067
			p [§]
	Adecuado n	Anormal n	
Destete exitoso			0.000
Sí	54	0	
No	0	26	
IMC, kg/m ²			0.144
Normal	27	8	
Sobrepeso	23	13	
Obesidad	4	5	
Género			0.118
Femenino	18	13	
Masculino	36	13	
Comórbido			0.011
Presente	28	21	
Ausente	26	5	

IMC = índice de masa corporal. RIC = rango intercuartílico.
* p significativa < 0.05; estadístico de prueba t de Student para muestras independientes, prueba U de Mann-Whitney. [‡] Variables cuantitativas expresadas en media ± desviación estándar. [§] p significativa < 0.05; estadístico de prueba χ^2 /prueba exacta de Fisher.

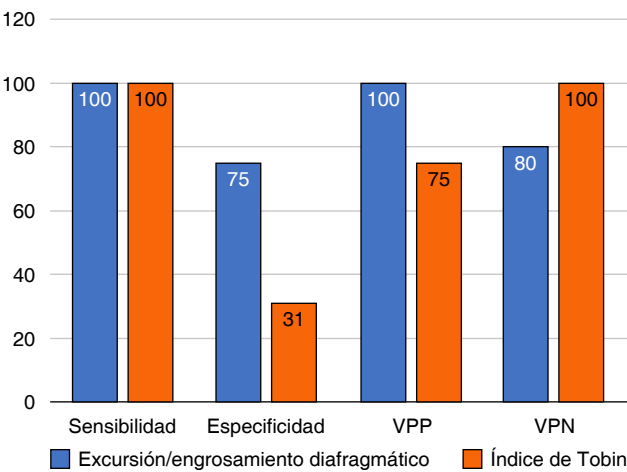


Figura 2: Relación de excursión y grosor diafragmático con el índice de Tobin. VPN = valor predictivo negativo. VPP = valor predictivo positivo.

que coincide con lo descrito en estudios de Demoule A y colaboradores, quienes destacaron la relación entre la duración de la ventilación y el desarrollo de debilidad diafragmática adquirida en la UCI.²⁷

En conjunto, los resultados sugieren que la ecografía diafragmática no sólo complementa, sino que supera al índice de Tobin como predictor de éxito de extubación en el paciente crítico de alto riesgo. La implementación rutinaria de esta herramienta podría optimizar la toma de decisiones en el destete, reducir la incidencia de fracaso y, con ello, mejorar el pronóstico clínico.

CONCLUSIÓN

La excursión y el engrosamiento diafragmático demostraron ser predictores eficaces del destete exitoso en pacientes críticos de alto riesgo, mostrando mayor capacidad que el índice de Tobin para identificar fracasos de extubación.

La integración de la ecografía diafragmática como herramienta complementaria puede optimizar la toma de decisiones clínicas y reducir complicaciones asociadas al destete en pacientes críticos. Se recomienda la

realización de estudios multicéntricos y ensayos clínicos que amplíen y fortalezcan estos hallazgos.

REFERENCIAS

1. Loo Talla E, García Lara RA. *Utilidad de índice de Tobin y Yang como predictor de destete exitoso de ventilación mecánica Hospital Nacional PNP Luis Nicasio Sáenz 2017*. (Tesis de Maestría). Perú, Facultad de Medicina Humana. 2018.
2. Withers A, Ching Man TC, D'Cruz R, et al. Highlights from the respiratory failure and mechanical ventilation 2020 conference. *ERJ Open Res*. 2021;7(1):00752-2020. doi: 10.1183/23120541.00752-2020.
3. Tanaka MA, Amador MAC, Delgado MLY et al. Medición del grosor diafragmático como parámetro predictivo para retiro de ventilación mecánica invasiva en pacientes de terapia intensiva. *Med Crít. (Col. Mex. Med. Crít.)*. 2017;31(4):190-197.
4. Varón-Vega F, Hernández Á, López M, et al. Utilidad de la ecografía diafragmática para predecir el éxito en la extubación. *Med Intensiva*. 2021;45(4):226-233. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-utlidad-ecografia-diafragmatica-predecir-el-articulo-S0210569119302657>
5. Markussen H, Lehmann S, Nilsen RM, Natvig GK. Health-related quality of life as predictor for mortality in patients treated with long-term mechanical ventilation. *BMC Pulm Med*. 2019;19(1):13. Available in: <http://dx.doi.org/10.1186/s12890-018-0768-4>
6. Brazilian recommendations of mechanical ventilation 2013. Part 2. *J Bras Pneumol*. 2014;40(5):458-486. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-37132014000500003>
7. Daniel M, Fohlen L, Lebrun M, Ferrier S, Cholley B. Intubación: técnicas, indicaciones, equipo, complicaciones. EMC-Otorrinolaringol. 2021;50(3):1-19. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1632347521454007>
8. Torrini F, Gendreau S, Morel J, et al. Prediction of extubation outcome in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2021;25(1):391. Available in: <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-021-03802-3>
9. Jaber S, Quintard H, Cinotti R, et al. Risk factors and outcomes for airway failure versus non-airway failure in the intensive care unit: a multicenter observational study of 1514 extubation procedures. *Crit Care*. 2018;22(1):236. Available in: <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-018-2150-6>
10. Teixeira C, Zimermann TPJ, Hoher JA, et al. Serial measurements of f/VT can predict extubation failure in patients with f/VT < or = 105? *J Crit Care*. 2008;23(4):572-576. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19056025/>
11. Karthika M, Al Enezi FA, Pillai LV, Arabi YM. Rapid shallow breathing index. *Ann Thorac Med*. 2016;11(3):167-176. Available in: <http://dx.doi.org/10.4103/1817-1737.176876>
12. Esper R, Augusto A, Calatayud P, Peña Pérez CA. Evaluación ultrasonográfica de la función diafragmática mediante doble abordaje en el paciente grave. *Rev Asoc Mex Med Crit Ter Int*. 2016;30(4):242-245. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcrti/ti-2016/ti164f.pdf>
13. Osman AM, Hashim RM. Diaphragmatic and lung ultrasound application as new predictive indices for the weaning process in ICU patients. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2017;48(1):61-66.
14. Li C, Li X, Han H, Cui H, Wang G, Wang Z. Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(22):e10968. doi: 10.1097/MD.00000000000010968.
15. Song J, Qian Z, Zhang H, et al. Diaphragmatic ultrasonography-based rapid shallow breathing index for predicting weaning outcome during a pressure support ventilation spontaneous breathing trial. *BMC Pulm Med*. 2022;22(1):337.
16. Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP. Diaphragm ultrasound in critically ill patients on mechanical ventilation-evolving concepts. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(6):1116. doi: 10.3390/diagnostics13061116.
17. Berger D, Bloechlinger S, von Haehling S, et al. Dysfunction of respiratory muscles in critically ill patients on the intensive care unit. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2016;7(4):403-412. doi: 10.1002/jcsm.12108.
18. Saravanan R, Nivedita K, Karthik K, Venkatraman R. Role of diaphragm ultrasound in weaning mechanically ventilated patients: A prospective observational study. *Indian J Anaesth*. 2022;66(8):591-598.
19. Wilches-Luna EC, Pabón-Muñoz FE, Arias-Campo JM, Caballero-Lozada AF. Confiabilidad interevaluador de la medición de la excursión diafragmática y fracción de engrosamiento diafragmático mediante ultrasonografía en voluntarios sanos. *Rev Esp Anestesiología Reanim*. 2022;69(9):536-543. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034935621003029>
20. Alam MJ, Roy S, Iktidar MA, et al. Diaphragm ultrasound as a better predictor of successful extubation from mechanical ventilation than rapid shallow breathing index. *Acute Crit Care*. 2022;37(1):94-100. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4266/acc.2021.01354>
21. Tomcic V, Espinoza M, Andresen M, et al. Características de los pacientes que reciben ventilación mecánica en unidades de cuidados intensivos: primer estudio multicéntrico chileno. *Rev Med Chil*. 2008;136(8):959-967. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872008000800001>
22. Mahmoodpoor A, Fouladi S, Ramouz A, Shadvar K, Ostadi Z, Soleimanpour H. Diaphragm ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2022;54(2):164-174. Available in: <http://dx.doi.org/10.5114/ait.2022.117273>
23. Ferrari G, De Filippi G, Elia F, Panero F, Volpicelli G, Aprà F. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J*. 2014;6(1):8.
24. Goligher EC, Dres M, Fan E, et al. Mechanical ventilation-induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes. *Am J Respir Crit Care Med*. 2018;197(2):204-213.
25. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324(21):1445-1450.
26. Meade M, Guyatt G, Cook D, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001;120(6 Suppl):400S-424S.
27. Demoule A, Jung B, Prodanovic H, Molinari N, Chanques G, Coirault C, et al. Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit. Prevalence, risk factors, and prognostic impact-a prospective study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(2):213-219.

Conflicto de intereses: los autores declaran que no tienen conflicto de intereses financieros, comerciales, académicos ni personales que pudieran influir de manera inapropiada en la realización del presente estudio. Los autores manifiestan que las opiniones, resultados y conclusiones expresadas en este artículo son de su exclusiva responsabilidad y reflejan su compromiso con la ética científica, la transparencia investigadora y el beneficio de los pacientes en el ámbito de la medicina crítica.

Financiamiento: el desarrollo de la investigación, el análisis de los resultados y la elaboración del manuscrito se llevaron a cabo de manera independiente, sin participación ni financiamiento de la industria farmacéutica, de dispositivos médicos, ni de organismos externos que pudieran condicionar las conclusiones. Ninguno de los autores ha recibido honorarios, becas, apoyos materiales o beneficios en especie que guarden relación con el tema tratado.

Correspondencia:

Alma Yaneth Jaime Zúñiga

E-mail: almajaim95@gmail.com



Comparación del índice procalcitonina/albúmina vs marcadores de inflamación como predictores de mortalidad en el traumatismo craneoencefálico

Comparison of the procalcitonin/albumin ratio vs inflammatory markers as predictors of mortality in head trauma

Celenys Bermúdez Lago,* Carlos Galves Banda,* Rolando García López,† Clotilde Fuentes Orozco,§ Morfín Heredia Michael Bolívar,¶ Isai Adame Mondragón||

RESUMEN

Introducción: el traumatismo craneoencefálico (TCE) es en la actualidad un problema de salud pública que impacta de forma social y clínica al país; puesto que a nivel mundial se estima que presenta una incidencia de 800 casos por cada 100,000 habitantes y hasta ahora los mecanismos inflamatorios no se comprenden en su totalidad. Un trabajo que compare distintos biomarcadores, como es el caso del índice procalcitonina/albúmina al compararse con el riesgo de mortalidad y otros marcadores, podría conducir a la identificación temprana de nuevos objetivos terapéuticos. **Objetivo:** comparar el índice procalcitonina/ albúmina con otros marcadores de inflamación como predictores de mortalidad tales como proteína C reactiva (PCR), albúmina, índices PCR/ albúmina, neutrófilo/linfocito en pacientes con traumatismo craneoencefálico. **Material y métodos:** estudio longitudinal de tipo prospectivo y analítico que se realizó en la unidad de cuidados intensivos (UCI). El cual incluyó a todos los pacientes con TCE que fueron evaluados a las seis horas de su ingreso hospitalario o a la UCI con los biomarcadores de interés para el presente estudio como: PCR, albúmina, índices PCR/ albúmina, neutrófilo/linfocito y procalcitonina/ albúmina. Respecto al análisis estadístico, se realizaron análisis inferenciales a través de pruebas estadísticas como pruebas para grupos independientes como: t de Student y U de Mann-Whitney; y con relación al análisis de clase, se evaluarán a través de χ^2 y un valor de $p < 0.05$ se consideró significativo. **Resultados:** en la población de estudio la mayoría eran hombres con 45 (65.2%). En a la clasificación o gravedad del TCE tanto los pacientes con clasificación grave como moderada reportaron una frecuencia muy similar con 36 (52.2%) y 30 (43.5%), respectivamente. Finalmente, se registraron 18 (26.1%) decesos en la población. Al realizar la comparación de acuerdo a cada uno de los valores bioquímicos con respecto al egreso del paciente, destacó que los parámetros de procalcitonina, PCR, índices PCR/ albúmina, procalcitonina/ albúmina y neutrófilo/linfocito evidenciaron resultados significativos $p \leq 0.05$. Al asociar la gravedad del TCE con el desenlace que tuvo el paciente, sobresalió que la mayor incidencia de mortalidad se presentó en el grupo grave con 15 (41.7%) en comparación con aquellos que sufrieron un TCE moderado donde tres (10.0%) fallecieron lo que registró un resultado significativo $p = 0.008$. Se realizaron análisis de curvas ROC, el índice procalcitonina/ albúmina, mostró como punto de corte: 0.67 (sensibilidad de 83.3% y especificidad de 35.3%) con un resultado de $p = 0.037$. **Conclusión:** en el análisis independiente, de acuerdo con el desenlace, los indicadores procalcitonina, procalcitonina/ albúmina y el índice neutrófilo/ linfocito mostraron valores mayores en los pacientes finados; además, la utilidad evaluada a través del área bajo la curva de procalcitonina, procalcitonina/ albúmina y neutrófilo/linfocito resultaron relevante clínicamente en la población. **Palabras clave:** traumatismo craneoencefálico, procalcitonina, albúmina, neutrófilo/linfocito, biomarcadores, mortalidad.

ABSTRACT

Introduction: traumatic brain injury (TBI) is currently a public health problem that has a social and clinical impact on the country. It is estimated that the incidence of 800 cases per 100,000 inhabitants worldwide, and the inflammatory mechanisms are not fully understood. A study comparing different biomarkers, such as the procalcitonin/albumin ratio, with mortality risk and other markers could lead to the early identification of new therapeutic targets. **Objective:** to compare the procalcitonin/albumin ratio with other inflammatory markers as predictors of mortality, such as C-reactive protein, albumin, CRP/albumin ratios, and neutrophil/lymphocyte ratios in patients with head trauma November 2024 to August 2025. **Material and methods:** this was a prospective, analytical, longitudinal study conducted in the Intensive Care Unit (ICU). The study included all patients with head trauma who were evaluated six hours after hospitalization or admission to the ICU with biomarkers of interest, such as C-reactive protein (CRP), albumin, CRP/albumin ratios, neutrophil/lymphocyte ratios, and procalcitonin/albumin. Regarding statistical analysis, inferential analyses will be performed using independent groups tests such as Student's t test and Mann-Whitney U test. Class analysis will be evaluated using a χ^2 test, and a p value < 0.05 will be considered significant. **Results:** in the study population, the majority were men with 45 (65.2%), in terms of classification or severity of TBI, both patients with severe and moderate classification reported a very similar frequency with 36 (52.2%) and 30 (43.5%); respectively. Finally, 18 (26.1%) deaths were recorded in the population. When comparing according to each of the biochemical values with respect to the patient's discharge, it stood out that the parameters of procalcitonin, CRP, CRP/albumin ratio, Procalcitonin/albumin and neutrophil/lymphocyte ratio showed significant results $p \leq 0.05$. When associating the severity of the TBI with the patient's outcome, it was noted that the highest incidence of mortality occurred in the severe group, with 15 (41.7%) of the total group, compared to those who suffered a moderate TBI, where 3 (10.0%) died, resulting in a significant result of $p = 0.008$. ROC curve analyses were performed on the procalcitonin/albumin ratio, which showed a cutoff point of 0.67 (sensitivity of 83.3% and specificity of 35.3%), with a result of $p = 0.037$. **Conclusion:** in the independent analysis according to outcome, the procalcitonin, procalcitonin/albumin, and neutrophil/lymphocyte ratio indicators showed higher values in the deceased patients; Furthermore, the utility assessed through the area under the curve of procalcitonin, procalcitonin/albumin and neutrophil/lymphocyte were clinically relevant in the population. **Keywords:** traumatic brain injury, procalcitonin, albumin, neutrophil-to-lymphocyte ratio, biomarkers, mortality.

Abreviaturas:

PCR = proteína C reactiva

ROC = Receiver Operating Characteristic (característica operativa del receptor)

TCE = traumatismo craneoencefálico

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

INTRODUCCIÓN

El traumatismo craneoencefálico (TCE) es una de las principales causas de muerte en adultos jóvenes. La inflamación secundaria al trauma determina gran parte del pronóstico.¹⁻⁵ Identificar biomarcadores séricos con capacidad predictiva permite intervenciones tempranas

* Hospital General Regional No. 58 «Gral. Manuel Ávila Camacho», Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). México.

† Hospital General Regional No. 196. México.

§ Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional de Occidente. México.

¶ Hospital General Subzona con Unidad Médica Familiar No. 20, IMSS. México.

|| Hospital General de Zona No. 6, IMSS. México.

Recibido: 20/09/2025. Aceptado: 20/10/2025.

Citar como: Bermúdez LC, Galves BC, García LR, Fuentes OC, Michael BMH, Adame MI. Comparación del índice procalcitonina/ albúmina vs marcadores de inflamación como predictores de mortalidad en el traumatismo craneoencefálico. Med Crit. 2026;40(4):274-280. <https://dx.doi.org/10.35366/124249>

www.medigraphic.com/medicinacritica

y una mejor asignación de recursos en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).⁶⁻²¹ La procalcitonina y su razones con albúmina se han evaluado como herramientas diagnósticas y pronósticas en infección, sepsis y otros estados críticos.²²⁻²⁷ En distintos escenarios neurológicos y críticos, incluidos los pacientes con TCE, se ha investigado el valor pronóstico de procalcitonina, PCR y los índices procalcitonina/albúmina, PCR/albumina y neutrófilo/linfocito.²⁸⁻³⁷

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio incluyó TCE noviembre de 2024 a julio 2025, se concluyó el análisis en agosto 2025.

Ámbito geográfico. Se realizó en la unidad de terapia intensiva adultos.

Tipo de estudio. Prospectivo, observacional de carácter longitudinal y analítico.

Universo. debido al limitado número de pacientes con TCE ingresados en un año, se decidió incluir a todos los pacientes con TCE registrados en el intervalo de noviembre 2024 a julio de 2025.

Criterios de inclusión. Pacientes de uno u otro sexo. Mayores de 18 años, con TCE que presente fractura, hundimiento craneal o *swelling* cerebral o hemorragia subaracnoidea o hematoma epidural y/o hematoma subdural. Con firma del consentimiento informado por su representante legal o familiar, con evaluación bioquímica a su ingreso de la UCI que incluya procalcitonina, dímero D, albúmina, proteína C reactiva (PCR), linfocitos y neutrófilos. Con seguimiento < 30 días.

Variables. *Independientes:* edad, sexo, procalcitonina, PCR, albúmina, dímero D, días de estancia hospitalaria en UCI, causa del traumatismo, tipo de TCE, egreso del paciente. *Dependientes:* índice PCR/albumina, procalcitonina/albumina, índice neutrófilo/linfocito.

Muestreo. Por cuotas, incluyendo a todos los pacientes atendidos durante noviembre 2024 a octubre de 2025.

Tamaño de la muestra. Muestra por conveniencia

Logística y descripción del estudio. El presente proyecto contempló a todos los pacientes con TCE (tanto penetrante, como no penetrante) que ingresaran en la UCI, a quienes, durante su ingreso, se realizó evaluación bioquímica para fines del proyecto, en donde se incluyó la determinación de proteína C reactiva, dímero D, albúmina, procalcitonina, linfocitos y neutrófilos.

Una vez recolectado el consentimiento informado, se procedió a la obtención de información para el presente proyecto. Este proyecto no involucra técnicas, intervenciones o bien modificaciones sobre la práctica clínica establecida en las guías internacionales.

A partir de las determinaciones bioquímicas que se registrarán en la hoja de recolección de datos, se efectuó el cálculo de los índices de interés para el presente protocolo que incluyen: PCR/albumina, neutrófilo/linfocito

y procalcitonina/albumina; y se expresan en unidades arbitrarias.

Aunado a ello, se realizó un seguimiento del paciente, el cual contemplará 30 días como máximo y puede tener tres desenlaces: hospitalizado, deceso, egreso vivo.

Una vez concluido el seguimiento del paciente o bien durante el intervalo del mismo, se registraron los resultados de acuerdo a los objetivos del protocolo, en una base de datos de Excel debidamente codificada.

Procedimientos con el paciente. El protocolo se centró en pacientes con diagnóstico confirmatorio de TCE y que requirieron ingreso en la UCI. Durante su estancia en la UCI, se indicó la toma de indicadores bioquímicos de rutina en donde se incluyen aquellos de interés para el protocolo, como proteína C reactiva, dímero D, albúmina, procalcitonina, linfocitos, neutrófilos.

Posterior al ingreso, se evaluó la gravedad del TCE de acuerdo con la escala de Glasgow y todos los pacientes con resultado < 5 fueron excluidos del análisis. Para aquellos con Glasgow > 5 que fuesen candidatos al protocolo, se buscó la firma del consentimiento informado por parte de su representante legal o familiar en el hospital.

Análisis estadístico. Las características o variables cualitativas se muestran en número de casos y porcentaje. Los datos cuantitativos primeramente se analizaron de acuerdo con su distribución determinada a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, en donde los datos cuantitativos de orden paramétrico se muestran en media $\pm$ desviación estándar y los no paramétricos en mediana y rango intercuartílico.

El análisis inferencial se realizó de acuerdo con la distribución de las variables, a través de pruebas para grupos independientes como t de Student y U de Mann-Whitney; y con relación al análisis de clase se evaluaron a través de una χ^2 y un valor de $p < 0.05$ se consideró significativo. Para el análisis estadístico se empleó el software SPSS Vo 22 y las gráficas se realizaron con el programa Graphpad Prism 10.02.

RESULTADOS

El presente estudio incluyó una población total de 69 pacientes con TCE. Sobresalió que la mayoría de los casos fueron TCE no penetrante con 51 (73.9%) y en 18 (26.1%) correspondieron a TCE penetrante.

Respecto al manejo del traumatismo, sólo seis (8.7%) se clasificaron como quirúrgicos, en tanto que los restos 63 (91.3%) recibieron tratamiento médico.

Conforme a otras características de la población, destacó que la mayoría eran hombres con 45 (65.2%). En la clasificación o gravedad del TCE tanto los pacientes con clasificación grave y moderada reportaron una frecuencia muy similar con 36 (52.2%) y 30 (43.5%), respectivamente. Finalmente, se registraron 18 (26.1%) decesos en la población.

Al realizar el análisis descriptivo de índole cuantitativa en las variables, sobresalió que en la prueba de Shapiro-Wilk se asumió un comportamiento no paramétrico por lo que se decidió calcular la mediana y los rangos intercuartílicos. De acuerdo con las variables bioquímicas en la población, la procalcitonina reportó una mediana de 4.6 (1.33-12.0) ng/mL, PCR de 15.20 (8-20) mg/dL, albúmina 3 (2.8-3.3) g/dL, dímero D 6,036 (4,100-7,820) ng/mL, neutrófilos 10.76 (0.91-14.0) miles, linfocitos 1.26 (0.91-1.88) %, procalcitonina/albumina 1.60 (0.28-4.80), PCR/albumina 5 (3.2-6.47) y el índice neutrófilo/linfocito con 8.16 (4.68-12.61) % unidades (*Tabla 1*).

Una vez descrita la población, se procedió a realizar la comparación de acuerdo a cada uno de los valores bioquímicos con respecto al egreso del paciente. Destacó que los parámetros de procalcitonina, PCR, índice PCR/albumina, procalcitonina/albumina e índice neutrófilo/linfocito evidenciaron resultados significativos $p \leq 0.05$.

Una vez cuantificados de acuerdo con el desenlace del paciente, se procedió a procesar los indicadores bioquímicos de forma exclusiva para los pacientes con TCE grave.

Al asociar la gravedad del TCE con respecto al desenlace que tuvo el paciente. Sobresalió que la mayor incidencia de mortalidad se presentó en el grupo grave con 15 (41.7%) del total del grupo, en comparación con aquellos que sufrieron un TCE moderado donde tres (10.0%) fallecieron, lo que resultó en un resultado significativo $p = 0.008$.

Al estudiar los datos respecto a la gravedad del traumatismo craneoencefálico, destacó que los pacientes con TCE grave y moderado mostraron diferencias significativas respecto a PCR, dímero D, neutrófilos; y de los índices el único que mostró diferencias fue procalcitonina/albumina ($p < 0.05$).

Una vez realizados los análisis univariados, se realizaron análisis de curvas de ROC, con el objetivo de estimar un valor predictivo. El primero de estos análisis se realizó con el índice procalcitonina/albumina, el cual mostró como punto de corte del índice: 0.67 (sensibilidad de 83.3% y especificidad de 35.3%) con un resultado de $p = 0.037$ y arrojó un valor predictivo positivo de 31% y valor predictivo negativo de 14%. El siguiente de los parámetros analizados fue el índice neutrófilo/

Tabla 1: Análisis de acuerdo con las variables bioquímicas de la población conforme a la gravedad y severidad del traumatismo craneoencefálico (TCE) que tuvieron los pacientes.

Variable	TCE			p
	Grave N = 36 Mediana [RIC]	Moderado N = 30 Mediana [RIC]	Leve N = 3 Mediana [RIC]	
Procalcitonina ng/dL	4.6 [1.33-12.0]	4.78 [4.20-12.00]	11 [11.00]	0.277
PCR mg/dL	15.20 [8.0-20.0]	16.10 [12-18]	1.70 [1.70]* [‡]	0.013
Albúmina g/dL	3 [2.08-3.3]	3.05 [2.80-3.30]	3.1 [3.1]	0.964
Dímero D ng/dL	6,036 [4,100-7,820]	6,018 [5,200-7,000]	3,200 [3,200]*	0.041
Neutrófilos m	10.76 [0.91-14.0]	8.18 [7.44-11.41]	9.44 [9.44]*	0.004
Linfocitos %	1.26 [0.91-1.88]	1.20 [0.98-1.87]	1.46 [1.46]	0.656
Procalcitonina/albumina	1.60 [0.28-4.80]	4.75 [3.57-6.89]	0.54 [0.54]* [‡]	0.013
PCR/albumina	5.0 [3.2-6.47]	1.62 [1.07-3.75]	3.54 [3.54]	0.568
Índice neutrófilo/linfocito	8.10 [4.68-12.6]	7.99 [4.90-10.27]	6.46 [6.46]	0.241

PCR = proteína C reactiva. RIC = rango intercuartílico.

* $p < 0.05$ con respecto a traumatismo craneoencefálico (TCE) grave. [‡] $p < 0.05$ con respecto a TCE moderado. El análisis se realizó con una prueba de Kruskal-Wallis para comparaciones de tres o más grupos y el análisis comparativo intragrupo se realizó con la prueba U de Mann-Whitney y se tomó un resultado de $p \leq 0.05$ como significativo.

Tabla 2: Resultados.

Pruebas	Sensibilidad %	Especificidad %	VPP %	VPN %	p
Procalcitonina/albumina Punto de corte: 0.67	83.3	35.3	31	66	0.037
PCR/albumina Punto de corte: 4.75	33.0	41.0	16	63	0.005
Índice neutrófilo/linfocito Punto de corte: 9.2	83.0	70.0	50	92	0.019
Procalcitonina Punto de corte: 2.3	83.0	35.0	31	85.7	0.042
PCR Punto de corte: 4.2	83.0	12.0	25	66	0.001

PCR = proteína C reactiva. VPN = valor predictivo negativo. VPP = valor predictivo positivo.

linfocito, el cual mostró un punto de corte de 9.2 con una sensibilidad de 83.0% y un valor de la especificidad de 70.0%, lo que arrojó una $p = 0.019$ y al evaluar el rendimiento de la prueba diagnóstica evidenció un valor predictivo positivo de 50.0% y un valor predictivo negativo de 92.0% (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Nuestro estudio aporta evidencia clínica relevante

El traumatismo craneoencefálico es la principal causa de discapacidad en la población joven por lo que agrava su impacto en la carga social. En el presente estudio se detectó 26.1% de mortalidad y los hombres fueron el género de mayor incidencia. Entre los datos comparativos respecto a la población finada y sobreviviente, destacó que los indicadores bioquímicos de forma independiente como PCR, dímero D y linfocitos mostraron indicadores menores en los pacientes vivos; sin embargo, únicamente la PCR evidenció un resultado estadísticamente significativo ($p = 0.001$). En tanto, con relación al planteamiento inicial del presente trabajo donde se propuso a los índices como marcadores de mortalidad, los índices procalcitonina/albúmina y neutrófilo/linfocito evidenciaron valores menores y estadísticamente significativos. Por otro lado, a los pacientes finados, en cuanto al índice PCR/albúmina reportaron una relación inversa, aunque de igual forma un resultado significativo ($p < 0.05$).

Al comparar los resultados de mayor relevancia antes mencionados, se localizó un trabajo realizado por Sun y colaboradores quienes, en 2024, propusieron como marcador pronóstico al índice procalcitonina/albúmina en donde, a diferencia del presente donde el seguimiento se limitó a 30 días, ellos realizaron un seguimiento por 180 días y con una población de 129 pacientes. Los resultados de este grupo proponen a los índices PCR/albúmina y procalcitonina/albúmina como parámetros predictivos del desenlace puesto que se asociaron con la mortalidad de los pacientes.

A pesar de las diferencias en el análisis con relación en el número de pacientes a partir de los resultados obtenidos, se puede apoyar parcialmente los resultados mostrados por Sun y colaboradores puesto que el índice de procalcitonina albúmina mostró valores menores estadísticamente significativos; no así en el caso de PCR/albúmina en donde los pacientes evidenciaron una relación inversa. Por lo que se puede incrementar el número de casos con desenlaces desfavorables con el objetivo de realizar una comparación con proporciones similares o iguales, puesto que durante el periodo propuesto del estudio sólo se ingresaron 69 pacientes con los criterios de inclusión a la UCI.²⁸

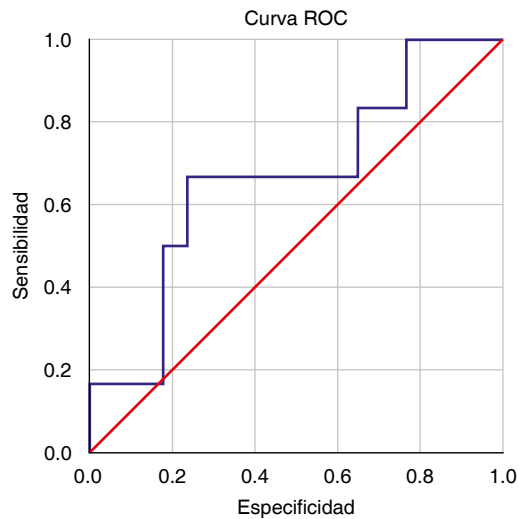
Prevía a la propuesta de Sun y asociados, en 2019 Chen y colegas publicaron un trabajo que comparte algunas características con el presente puesto que se centraron en el índice neutrófilo/linfocito en pacientes con Glasgow ≤ 8 , en donde evaluaron el índice al ingreso y a los 12 días. Debido a la gravedad de los pacientes, reportaron una mortalidad mayor que el presente estudio con 81.3% a diferencia de 26.1% de nuestra serie. Respecto al análisis de esta población, la curva ROC mostró un área bajo la curva de 0.775 con un valor de $p < 0.05$; en contraparte, la población del Hospital General Regional (HGR) 58 evidenció un área bajo la curva de 0.686 con un valor de 9.2, sensibilidad de 83.0% y valor de la especificidad de 70.0%, lo que arrojó un resultado igualmente significativo con $p = 0.019$ (Figuras 1 y 2).³⁷

Respecto a otro de los índices comparados, el grupo de Özeren publicó en 2022 un análisis centrado en los índices neutrófilos/linfocitos y PCR/albúmina. En ese trabajo, la asociación lineal de acuerdo con el desenlace de los pacientes, el índice que mostró valores mayores y estadísticamente significativos fue el primero de éstos; mientras que el índice PCR/albúmina mostró una relación inversa, aunque igualmente significativa ($p < 0.05$), que se puede asociar con la diferencia proporcional de sujetos.

En el trabajo de Özeren analizaron un total de 257 pacientes con TCE y se relacionaron los resultados de acuerdo con el desenlace de los mismos. En cuanto a los análisis en este trabajo señalaron que los valores de PCR, PCR/albúmina, índice linfocito/neutrófilo y plaquetas mostraron valores incrementados en los pacientes finados; en tanto que, igual que en el presente estudio, algunos parámetros mostraron una relación inversa, como fue el caso de albúmina, que como en la presente serie, aunque dicho comportamiento, evidenció que no fue significativo el resultado de este parámetro.

Otro de los parámetros bioquímicos que la literatura ha propuesto de forma independiente es la utilidad de la procalcitonina. En un trabajo realizado por Wang y su grupo, evaluaron la procalcitonina en 211 pacientes con TCE moderado a grave. En donde reportaron una mortalidad de 38.3% que corresponde a una diferencia de +10% con respecto al presente. Sin embargo, en este trabajo no se tomó en cuenta la escala de Glasgow, por lo que no es comparable en su totalidad la incidencia de casos mortales con este análisis.

El trabajo de Wang reporta que los pacientes finados mostraron un valor de procalcitonina mayor con 2.73 vs 0.72 en los sobrevivientes ($p < 0.001$). Al respecto, esta relación se reafirmó en el trabajo desarrollado en nuestra población; sin embargo, los valores que reporta este grupo son menores a la población analizada puesto que se encontró en los pacientes sobrevivientes un valor de 4.5 vs 11.0 en los finados con un resultado igualmente



Rendimiento de esta prueba diagnóstica:

Prueba	Finados	Vivos	Total
Positiva	15	33	48
Negativa	3	18	21
Total	18	51	69

Coordenadas de la curva		
Variables de resultado de prueba: procalcúmina.		
Positivo si es mayor o igual que *	Sensibilidad	Especificidad
-0.9353	1.000	1.000
0.0761	1.000	0.941
0.0880	1.000	0.882
0.0994	1.000	0.824
0.1806	1.000	0.765
0.2689	0.833	0.765
0.3137	0.833	0.706
0.6702	0.833	0.647

* Bajo el supuesto no paramétrico.

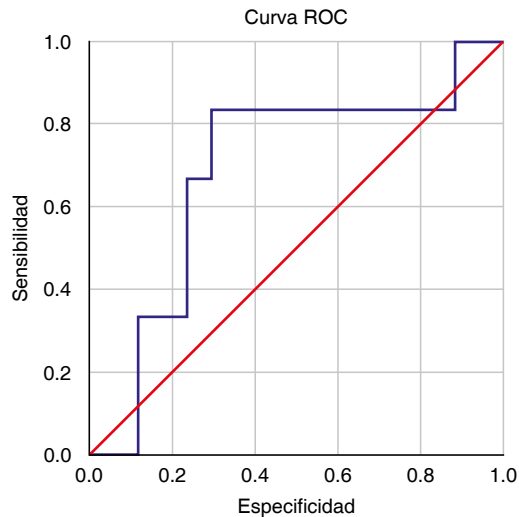
Área bajo la curva

Variables de resultado de prueba: procalcúmina.			
Área	Desv. error*	Significación asintótica†	IC95% asintótico
0.667	0.076	0.037	0.518-0.815

IC95% = intervalo de confianza de 95%.

* Bajo el supuesto no paramétrico. † Hipótesis nula: área verdadera = 0.5.

Figura 1: Análisis de acuerdo con el índice procalcitonina/albúmina para predecir mortalidad.
ROC = Receiver Operating Characteristic (característica operativa del receptor).



Punto de corte de 9.2 (sensibilidad de 83% y especificidad de 70%)
Rendimiento de esta prueba diagnóstica:

Prueba	Muertos	Vivos	Total
Positiva	15	15	30
Negativa	3	36	39
Total	18	51	69

Coordenadas de la curva		
Variables de resultado de prueba: INL		
Positivo si es mayor o igual que *	Sensibilidad	Especificidad
0.1011	1.000	1.000
1.3878	1.000	0.941
1.6841	1.000	0.882
2.2895	0.833	0.882
3.0144	0.833	0.824
3.9142	0.833	0.765
4.7944	0.833	0.706
5.6847	0.833	0.647
6.5146	0.833	0.588
6.9101	0.833	0.529
7.5454	0.833	0.471
7.9987	0.833	0.412
8.6742	0.833	0.353
9.2010	0.833	0.294

* Bajo el supuesto no paramétrico.

Área bajo la curva

Variables de resultado de prueba: INL			
Área	Desv. estándar*	Significación asintótica†	IC95% asintótico
0.686	0.076	0.019	0.538-0.835

IC95% = intervalo de confianza de 95%.

* Bajo el supuesto no paramétrico. † Hipótesis nula: área verdadera = 0.5.

Figura 2: Análisis de acuerdo con el índice neutrófilo/linfocito (INL) para predecir mortalidad.
ROC = Receiver Operating Characteristic (característica operativa del receptor).

significativo ($p = 0.042$). A la par, este grupo analizó de forma independiente a los pacientes con TCE grave y detalló que la procalcitonina sólo resultó útil en la población con TCE moderado, por lo que reafirmaron la utilidad de la escala de Glasgow en su población por encima de la procalcitonina.³³

A diferencia del anterior, otro grupo liderado por Gürsoy, además de la evaluación independiente de la procalcitonina, agregaron a su análisis el índice PCR/ albúmina que, a diferencia de los autores previos donde sus trabajos han mostrado centenares de pacientes, este grupo sólo incluyó 82. Este trabajo señala que tanto la procalcitonina como el índice PCR/ albúmina son útiles para detectar mortalidad. Sin embargo, el comportamiento de la población del presente estudio evidenció que ambos índices son significativos; no obstante, la procalcitonina de forma aislada tiene un comportamiento lineal al ser mayor en los pacientes finados, caso contrario para el índice PCR/ albúmina. Y al analizar el comportamiento del área bajo de la curva, a diferencia del presente, ambos índices mostraron un resultado estadísticamente significativo, el cual sólo se confirmó en el presente con respecto a procalcitonina albúmina que no fue objeto de estudio por el grupo antes mencionado.⁷

CONCLUSIONES

En el análisis independiente de acuerdo con el desenlace los indicadores procalcitonina, procalcitonina/ albúmina y el índice neutrófilo/linfocito mostraron valores mayores en los pacientes finados. Contrariamente a lo esperado, PCR, albúmina y PCR/ albúmina evidenciaron un comportamiento inverso al mostrar valores menores en los pacientes finados. En el análisis de acuerdo con el área bajo la curva, los únicos indicadores con especificidad y sensibilidad relevantes clínicamente en la población fueron procalcitonina, procalcitonina/ albúmina y neutrófilo/linfocito.

REFERENCIAS

1. Steyerberg EW, Wieggers E, Sewalt C, et al. Case-mix, care pathways, and outcomes in patients with traumatic brain injury in CENTER-TBI: a European prospective, multicentre, longitudinal, cohort study. *Lancet Neurol*. 2019;18(10):923-934.
2. Siesjo BK. Mechanisms of ischemic brain damage. *Crit Care Med*. 1988;16(10):954-963.
3. Giner J, Mesa GL, Yus TS, et al. El traumatismo craneoencefálico severo en el nuevo milenio. Nueva población y nuevo manejo. *Neurología*. 2022;37(5):383-389.
4. Fernández-Salguero PF, Echevarría RVC, Barrera CJM. Traumatismos craneoencefálicos. Escalas de valoración para la medida de resultados en rehabilitación. *Rehabilitación (Madr)*. 2002;36(6):408-417.
5. Martínez-Ricarte F. *Fisiopatología del traumatismo craneoencefálico. clasificación de las lesiones cerebrales traumáticas: lesiones primarias y secundarias; concepto de herniación cerebral*. Neurotrauma.net.
6. Jiménez CCM, Bracamontes MRG, Reyes MM. Utilidad de la procalcitonina en el diagnóstico temprano de la neumonía asociada a la ventilación mecánica, en el trauma craneoencefálico severo. *Med Crit*. 2009;23(4):218-224.
7. Gürsoy C, Gürsoy G, Demirbilek SG. C-reactive protein-albumin ratio and procalcitonin in predicting intensive care unit mortality in traumatic brain injury. *Acute Crit Care*. 2022;37(3):462-467.
8. Ge X, Zhu L, Li M, et al. A novel blood inflammatory indicator for predicting deterioration risk of mild traumatic brain injury. *Front Aging Neurosci*. 2022;14:878484.
9. Marx C, Naylor J, Kilts J, et al. Neurosteroids and inflammatory markers in PTSD and TBI. *Biol Psychiatry*. 2017;81(10):S304.
10. Mubashir T, Ahmad HS, Lai H, et al. Effect of obstructive sleep apnea on outcomes after traumatic brain injury: a retrospective cohort analysis. *Neurocrit Care*. 2022;37(1):228-235.
11. Rodríguez SA, Cervera E, Valencia VG, Villalba APJ. Review: neuronal and glial biomarkers as quantitative approach to classify the severity of traumatic brain injury. *Salud Uninorte*. 2016;32(2):302-318.
12. Urquiza AG, Arteaga CR, Chacón YP. Utilidad de los reactantes de fase aguda en el diagnóstico clínico. *Rev Med La Paz*. 2019;25(2):91-98.
13. Kumar RG, Boles JA, Wagner AK. Chronic inflammation after severe traumatic brain injury: characterization and associations with outcome at 6 and 12 months postinjury. *J Head Trauma Rehabil*. 2015;30(6):369-381.
14. Zindel J, Kubes P. DAMPs, PAMPs, and LAMPs in immunity and sterile inflammation. *Annu Rev Pathol*. 2020;15:493-518.
15. Johnson NH, Hadad R, Taylor RR, et al. Inflammatory biomarkers of traumatic brain injury. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2022;15(6):660.
16. Begum G, Reddy R, Yakoub KM, et al. Differential expression of circulating inflammatory proteins following sport-related traumatic brain injury. *Int J Mol Sci*. 2020;21(4):1216.
17. Ghaith HS, Nawar AA, Gabra MD, et al. A literature review of traumatic brain injury biomarkers. *Mol Neurobiol*. 2022;59(7):4141-4158.
18. Llompart-Poua JA, Talayerob M, Homara J, et al. Fallo multiorgánico en el paciente con trauma grave. *Med Intensiva*. 2014;38(7):455-462.
19. Réus GZ, Fries GR, Stertz L, et al. The role of inflammation and microglial activation in the pathophysiology of psychiatric disorders. *Neuroscience*. 2015;300:141-154.
20. Mendoza DA, López KD, Echeverri RA, Pastor L, Rueda S, Fernández LL, et al. Utility of biomarkers in traumatic brain injury: a narrative review. *Colomb. J. Anesthesiol*. 2020;48(3):155-161.
21. Müller M, Schwerdtfeger K, Maier B, et al. Cerebral blood flow velocity and inflammatory response after severe traumatic brain injury. *Eur J Ultrasound*. 2001;12(3):203-208.
22. Liu D, Su L, Han G, Yan P, Xie L. Prognostic value of procalcitonin in adult patients with sepsis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015;10(6):e0129450.
23. Yoon JH, Choi WS, Lim YS, Jang JH. Comparison of prognostic performance between procalcitonin and procalcitonin-to-albumin ratio in post cardiac arrest syndrome. *J Clin Med*. 2023;12(14):4568.
24. Gruys E, Toussaint MJ, Niewold TA, Koopmans SJ. Acute phase reaction and acute phase proteins. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2005;6(11):1045-1056.
25. Vikse J, Henry BM, Roy J, Ramakrishnan PK, Tomaszewski KA, Walocha JA. The role of serum procalcitonin in the diagnosis of bacterial meningitis in adults: a systematic review and meta-analysis. *Int J Infect Dis*. 2015;38:68-76.
26. Name BO, Fernández LA, Luaces CC. Procalcitonina: una nueva herramienta diagnóstica en la infección bacteriana. *Med Clin (Barc)*. 2002;119(18):707-14.
27. Higashikawa T, Okuro M, Ishigami K, et al. Procalcitonin and albumin as prognostic biomarkers in elderly patients with a risk of bacterial infection. *J Int Med Res*. 2018;46(7):2606-2614.
28. Sun M, Gu L, Li Y, et al. Procalcitonin/albumin ratio predicts the outcome after severe traumatic brain injury: a propensity score-matched analysis. *Neurocrit Care*. 2024;40(2):664-673.

29. Sánchez R, Gutiérrez C, Ángeles César M, Pastor R, Vilanova A. Procalcitonina y proteína C reactiva en el diagnóstico de neumonías bacterianas en pacientes de urgencias. *Revista del laboratorio clínico*. 2008;1(2):59-63.
 30. Barba EJR. Procalcitonina. Su papel como biomarcador de sepsis. *Rev Mex Patol Clin*. 2008;55(3):157-167.
 31. Deng S, Gao J, Zhao Z, et al. Albumin/procalcitonin ratio is a sensitive early marker of nosocomial blood stream infection in patients with intra-cerebral hemorrhage. *Surg Infect (Larchmt)*. 2019;20(8):643-649.
 32. Gabay C, Kushner I. Acute-phase proteins and other systemic responses to inflammation. *N Engl J Med*. 1999;340(6):448-454.
 33. Wang R, Hua Y, He M, Xu J. Prognostic value of serum procalcitonin based model in moderate to severe traumatic brain injury patients. *J Inflamm Res*. 2022;15:4981-4993.
 34. Goyal K, Iyer VN, Gavriilidis P, Soonawalla Z. Procalcitonin as a biomarker in traumatic brain injury. *World Neurosurg*. 2020;136:130-134.
 35. Alrawahi AN, Al-Riyami AZ, Essa JS, Ms AM. The role of serum procalcitonin in predicting sepsis and organ failure in critically ill trauma patients. *Trauma Mon*. 2019;24(1).
 36. Chen J, Qu X, Li Z, Zhang D, Hou L. Peak neutrophil-to-lymphocyte ratio correlates with clinical outcomes in patients with severe traumatic brain injury. *Neurocrit Care*. 2019;30(2):334-339.
 37. Ozeren E. Is C-reactive protein-albumin ratio or neutrophil-lymphocyte ratio a better indicator to predict in-hospital mortality in traumatic brain injury? *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2022;28(10):1482-1487.
- Patrocinio:** no se cuenta con patrocinio.
- Conflicto de intereses:** los autores declaran no tener conflicto de intereses.
- Correspondencia:*
Celenys Bermúdez Lago
E-mail: cbermudezlago@gmail.com



Importancia de la autorregulación vascular cerebral en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos

Importance of cerebrovascular autoregulation in neurocritical and non-neurological critical patients

Cándida Yasmín Jiménez Guevara,* Netzahualcóyotl González Pérez,* Griselda Villafuerte Toral,* Lilia López Carrillo,* Ingrid Adriana Coronado Pérez,* Lizaura Acuecuexatl Gómez Flores*

RESUMEN

Introducción: la autorregulación vascular cerebral (AVC) protege al cerebro de variaciones inapropiadas del flujo sanguíneo cerebral a pesar de grandes cambios en la presión arterial media. La pérdida de la AVC se asocia con un mal pronóstico en enfermedades críticas. **Material y métodos:** estudio observacional, prospectivo, longitudinal y comparativo que calculó la probabilidad de supervivencia individual acumulada a lo largo de 90 días con el método de Kaplan-Meier, en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos con AVC intacta o perdida, identificando si existía diferencia significativa en la supervivencia entre grupos mediante la prueba log-rank. **Resultados:** se reclutaron 13 pacientes neurocríticos y 27 críticos no neurológicos. Para el primer grupo la supervivencia entre quienes tuvieron AVC intacta fue de 80 versus 62.5% para quienes tuvieron una AVC perdida; para el segundo grupo la supervivencia entre quienes tuvieron AVC intacta fue de 75 versus 40% para aquellos con AVC perdida ($p = 0.026$). **Conclusión:** la supervivencia es mayor cuando la AVC se mantiene intacta, independientemente si se trata de pacientes neurocríticos o críticos no neurológicos.

Palabras clave: autorregulación vascular cerebral, neurocríticos, críticos no neurológicos, supervivencia, evolución clínica.

ABSTRACT

Introduction: cerebrovascular autoregulation (CVA) protects the brain from inappropriate variations in cerebral blood flow despite large changes in mean arterial pressure. Loss of CVA is associated with a poor prognosis in critical illnesses. **Material and methods:** an observational, prospective, longitudinal, comparative study that calculated the individual cumulative survival probability over 90 days using the Kaplan-Meier method in neurocritical and non-neurological critically ill patients with intact or lost CVA. Significant differences in survival were identified between groups using the Log-Rank test. **Results:** 13 neurocritical patients and 27 non-neurological critically ill patients were recruited. For the first group, survival among those with intact CVA was 80 versus 62.5% for those with lost CVA; for the second group, survival among those with intact CVA was 75 versus 40% for those with lost CVA ($p = 0.026$). **Conclusion:** survival is higher when the CVA remains intact, regardless of whether the patient is neurocritical or non-neurologically critical.

Keywords: cerebrovascular autoregulation, neurocritical patients, non-neurological critically ill patients, survival, clinical outcome.

Abreviaturas:

AVC = autorregulación vascular cerebral
FSC = flujo sanguíneo cerebral
FSP = flujo sistólico pico
PAM = presión arterial media
PPC = presión de perfusión cerebral
SOFA = Sepsis Related Organ Failure Assessment
TRHT = test de respuesta hiperémica transitoria
UCI = Unidad de Cuidados Intensivos
VM = ventilación mecánica

INTRODUCCIÓN

La autorregulación vascular cerebral (AVC) protege al cerebro de variaciones inapropiadas del flujo sanguíneo cerebral (FSC) y lo mantiene constante a pesar de grandes cambios en la presión arterial media (PAM). La pérdida de la AVC genera variaciones del FSC tras modificaciones de la PAM o tras el aumento de la presión intracraneal, exponiendo al cerebro a riesgo de hipoperfusión e isquemia al disminuir la presión de perfusión cerebral (PPC). De manera similar, cualquier aumento de la PAM genera riesgo de hiperemia e hipertensión intracraneal.¹ Por lo tanto, la pérdida de la AVC se asocia con un mal pronóstico en afecciones neurológicas agudas.²

Sin embargo, también se ha observado que los pacientes que pierden la AVC por otras enfermedades que condicionan compromiso neurológico tienen peor evolución que los pacientes que la conservan.³ La disfunción de la AVC se ha asociado con diversas condiciones patológicas, incluyendo el accidente cerebrovascular, el trauma craneoencefálico, la sepsis y las complicaciones postquirúrgicas (particularmente en la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea).⁴⁻⁶

La capacidad de la vasculatura cerebral para mantener un FSC constante puede evaluarse mediante dos modalidades: estática y dinámica.⁷ La estática evalúa la capacidad del lecho vascular cerebral para contraerse o dilatarse cuando varía la PPC. La dinámica también incorpora la noción de la velocidad con la que pueden ocurrir estos cambios vasculares adaptativos, permitiendo evaluar en tiempo real la reactividad vascular cerebral y, por lo tanto, determinar la presión de perfusión cerebral óptima,⁸ lo que permite una evaluación rápida del impacto de las terapias administradas, siendo este el principio de la terapia dirigida por AVC a la cabecera del paciente en la unidad de terapia intensiva.⁹

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio: observacional, prospectivo, longitudinal, comparativo. **Diseño del estudio.** En todos los pacientes, al momento de ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), se determinó la gravedad

* Centro Médico ISSEMYM «Lic. Arturo Montiel Rojas». México.

Recibido: 20/09/2025. Aceptado: 20/10/2025.

Citar como: Jiménez GCY, González PN, Villafuerte TG, López CL, Coronado PIA, Gómez FLA. Importancia de la autorregulación vascular cerebral en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos. Med Crit. 2026;40(4):281-285. <https://dx.doi.org/10.35366/124250>

www.medigraphic.com/medicinacritica

mediante la escala pronóstica *Sepsis Related Organ Failure Assessment* (SOFA) y se realizó un test de respuesta hiperémica transitoria (TRHT) para la determinación estática de la AVC con un equipo portátil de ultrasonido Doppler color de la marca SonoScape modelo E2 con un transductor convexo de 5 Hz, ejecutada por un solo médico neurointensivista para evitar sesgo interobservador. El seguimiento del curso clínico se llevó durante los siguientes 90 días; para el caso de los pacientes egresados antes de ese tiempo, su estatus de vida se verificó a través de una llamada vía telefónica a su domicilio.

Criterios de inclusión. Pacientes mayores de 18 años que ingresaron a UCI con ≥ 4 puntos de SOFA, en el periodo comprendido de octubre de 2024 a marzo de 2025. **Criterios de exclusión.** Pacientes que no eran derechohabientes e ingresaron a UCI en tanto se logró el traslado a su unidad de adscripción. Pacientes que ingresaron provenientes de otras unidades de terapia intensiva. **Criterios de eliminación.** Pacientes con inadecuada ventana sonológica. Pacientes que permanecieron en UCI por menos de 72 horas. Pacientes en quienes no fue posible conocer su estatus de vida a 90 días de su hospitalización.

Hipótesis. La supervivencia es mayor en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos en quienes la AVC se mantiene intacta versus en quienes está perdida. **Objetivo principal.** Determinar cuál es la supervivencia en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos que pierden la AVC versus en quienes se mantiene intacta. **Objetivos secundarios.** Determinar si existe diferencia entre los días de ventilación mecánica (VM), días de estancia en UCI y días de estancia hospitalaria total entre pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos con AVC perdida o intacta. Determinar si la supervivencia evaluada mediante la puntuación SOFA se ve modificada por la pérdida o conservación de la AVC.

Operacionalización de variables. La AVC se define como la capacidad que tiene el cerebro para mantener el FSC constante a pesar de modificaciones en la PPC. Se realizó un TRHT mediante Doppler transcranial, monitorizándose el flujo sistólico pico (FSP) de la arteria cerebral media, se aplicó una leve compresión de ocho segundos sobre la carótida ipsilateral y, si tras descomprimir se observó aumento temporal del FSP $\geq 11\%$ con respecto al FSP previo a la compresión, se consideró una prueba de hiperemia transitoria positiva (autorregulación vascular cerebral intacta), y para los casos donde esta diferencia fue $\leq 10\%$ se consideró una prueba negativa (autorregulación vascular cerebral perdida).

Desarrollo del proyecto y diseño estadístico. Los pacientes fueron categorizados con base en su patología, determinándose su gravedad al momento del in-

greso a UCI utilizando la escala SOFA, para posteriormente determinar mediante un TRHT si la AVC estaba intacta o se había perdido, dándose seguimiento de los días de VM requeridos, días de estancia en UCI y días de estancia hospitalaria total. Una vez con la base de datos completa, se calculó la probabilidad de supervivencia individual acumulada a lo largo del tiempo con el método de Kaplan-Meier en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos, con AVC intacta o perdida, mediante la prueba log-rank se identificó si existía diferencia significativa en la supervivencia entre grupos; este mismo análisis se llevó a cabo para subgrupos de pacientes con puntuación de SOFA bajo (≤ 9 puntos) y SOFA alto (≥ 10 puntos). Se comparó la media de días de VM, días de estancia en UCI y días de estancia hospitalaria total entre grupos con AVC intacta o perdida, mediante la prueba t de Student. Se utilizó el programa SPSS versión 23.

Implicaciones éticas. El estudio se registró con el número UEeIM 266/25 en la Unidad de Educación e Investigación Médica y fue aprobado por los integrantes del Comité de Investigación en Salud y Ética en Investigación del hospital en donde se realizó el proyecto, en la sesión ordinaria número 277, asentado en el oficio 207C0401010200S/UNEDIM/072/2025. La aplicación del instrumento se realizó en las instalaciones del propio hospital, específicamente en el Servicio de Terapia Intensiva de acuerdo con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki de la Asamblea Médica Mundial de 2024, la información fue de carácter confidencial, sin utilizar los nombres propios que contenían los expedientes elegidos. Al no realizarse ningún tipo de intervención con fines experimentales no requirió consentimiento informado.

RESULTADOS

Se reclutaron 40 pacientes, su rango de edad osciló entre 18 y 84 años, con una media de 54.6 años, con una puntuación SOFA media de 8.7 (rango 4-19), 13 pacientes (32.5%) con patología neurocrítica y 27 (67.5%) con un padecimiento crítico no neurológico. El grupo de pacientes con enfermedad neurocrítica incluyó trauma craneoencefálico nueve (22.5%), accidente cerebrovascular isquémico dos (5%) y hemorrágico dos (5%). En el grupo de pacientes críticos no neurológicos los padecimientos fueron sepsis 18 (45%), cirugía urgente dos (5%), enfermedades cardiovasculares tres (7.5%), trauma distinto al craneoencefálico dos (5%) y otros padecimientos dos (5%).

En el seguimiento a 90 días, en el grupo de pacientes neurocríticos se presentaron cuatro defunciones (supervivencia de 69.2%) y, en el grupo de pacientes críticos no neurológicos se registraron 12 defunciones (supervivencia de 55.6%), $p = 0.519$ (Figura 1). La superviven-

cia acumulada entre los individuos de ambos grupos fue de 60%. Dentro del grupo de pacientes neurocríticos, el tiempo promedio en que ocurrió la defunción fue de 64.3 días, mientras que en el grupo de pacientes críticos no neurológicos fue de 58.8 días.

Los pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos se subdividieron con base en el resultado del TRHT. Entre los pacientes neurocríticos (N = 13), en el subgrupo con AVC perdida (n = 8) se presentaron tres defunciones (supervivencia de 62.5%); mientras que en el subgrupo con AVC intacta (n = 5) se registró una defunción (supervivencia de 80%). En los pacientes críticos no neurológicos (N = 27), en el subgrupo con AVC perdida (n = 15) se presentaron nueve defunciones (supervivencia de 40%) y entre quienes mantuvieron una AVC intacta (n = 12), tres defunciones (supervivencia de 75%) (*Figuras 2 y 3*).

En general, en los pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos, la media de días de VM entre los subgrupos con AVC perdida o intacta fueron, para el primer subgrupo 8.17 días y para el segundo subgrupo 8.18 días ($p = 0.609$); respecto a los días de estancia en UCI, en el primer subgrupo se observó una media de 9.39 días y en el segundo subgrupo de 10.65 días ($p = 0.950$), y considerando el total de días de hospitalización (UCI + piso regular), el primer subgrupo permaneció 21.3 días y el segundo 26.76 días ($p = 0.382$).

Finalmente, se agrupó a los pacientes con base en la puntuación SOFA, el primer grupo con una puntuación baja (≤ 9 puntos, N = 28) y el segundo con una puntua-

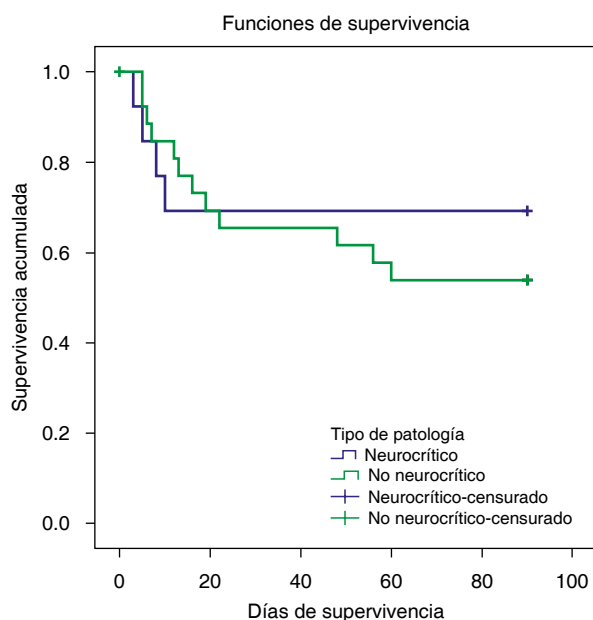


Figura 1: Curva de Kaplan-Meier que muestra mayor supervivencia en el grupo de pacientes neurocríticos (azul) comparado con pacientes críticos no neurológicos (verde) ($p = 0.519$).

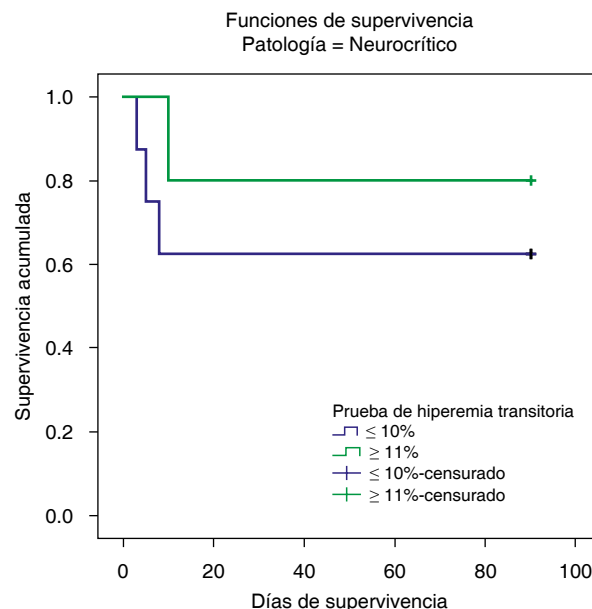


Figura 2: Curva de Kaplan-Meier para pacientes neurocríticos que muestra mayor supervivencia en el subgrupo de pacientes con autorregulación vascular cerebral intacta (verde) comparado con quienes perdieron la autorregulación vascular cerebral (azul) ($p = 0.026$).

ción alta (≥ 10 puntos, N = 12); en el primer grupo, en quienes perdieron la AVC (n = 14) se presentaron seis defunciones (supervivencia de 57.1%), mientras que, en quienes mantuvieron una AVC intacta (n = 14) se presentaron dos defunciones (supervivencia de 85.7%), $p = 0.136$ (*Figura 4*). Para el caso del segundo grupo (SOFA ≥ 10 puntos), entre quienes perdieron la AVC (n = 9) se presentaron seis defunciones (supervivencia de 33%) y entre quienes la AVC se mantuvo intacta (n = 3) se presentaron dos defunciones (supervivencia de 33%), $p = 0.136$.

DISCUSIÓN

Nuestros resultados concuerdan con lo observado en una revisión sistemática realizada por Longhitano y colaboradores,³ en la que se corroboró que los pacientes que pierden la AVC en el curso de diferentes patologías neurológicas o que cursan con compromiso neurológico por otras enfermedades tienen peor evolución que los pacientes que la conservan, siendo la pérdida de la AVC un evento multifactorial e impredecible tal como lo describen Claassen y asociados.¹

La terapia guiada por la monitorización de AVC, citando a Haimeur y su equipo,¹⁰ garantiza un manejo personalizado, adaptado a las necesidades metabólicas cerebrales. Una AVC intacta permite tolerar variaciones de la presión arterial sin repercusión en el FSC, evitando isquemia en caso de hipotensión o hiperemia y edema cerebral en caso de hipertensión;¹⁰ esto explica

la mayor supervivencia observada en nuestro estudio entre quienes mantuvieron una AVC intacta.

Actualmente, la tendencia es hacia el uso índices de autorregulación vascular cerebral para guiar la elección de la PPC o PAM óptimas, siendo el índice de reactividad presora (PRx) el propuesto por la Sociedad de Cuidados Neurocríticos y la Sociedad Europea de Medicina de Cuidados Intensivos desde 2014,¹¹ sirviendo nuestro estudio como un sustento más que apoya a la terapia dirigida por AVC como una estrategia de tratamiento y monitorización en pacientes con neurotrauma y otras enfermedades críticas neurológicas con riesgo de daño cerebral,¹⁰ demostrando que además tiene aplicación clínica en el contexto de padecimientos críticos no neurológicos y es adaptable a nuestra población.

CONCLUSIÓN

La supervivencia es mayor cuando la AVC se mantiene intacta, independientemente de si se trata de pacientes neurocríticos o críticos no neurológicos. La pérdida o conservación de la AVC no generó diferencia significativa en relación a los días de VM, días de estancia en UCI y días de estancia hospitalaria total. En pacientes que ingresan con mayor gravedad, $\text{SOFA} \geq 10$, la supervivencia no se ve afectada por la pérdida o conservación de la AVC; mientras que el complejo compuesto por un $\text{SOFA} \leq 9$ y AVC intacta determina una mayor supervivencia en pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos.

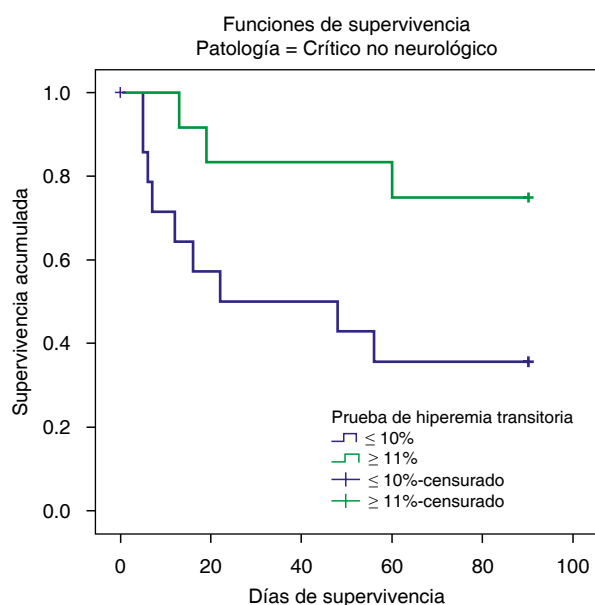


Figura 3: Curva de Kaplan-Meier para pacientes críticos no neurológicos que muestra mayor supervivencia en el subgrupo de pacientes con autorregulación vascular cerebral intacta (verde) comparado con quienes perdieron la autorregulación vascular cerebral (azul) ($p = 0.026$).

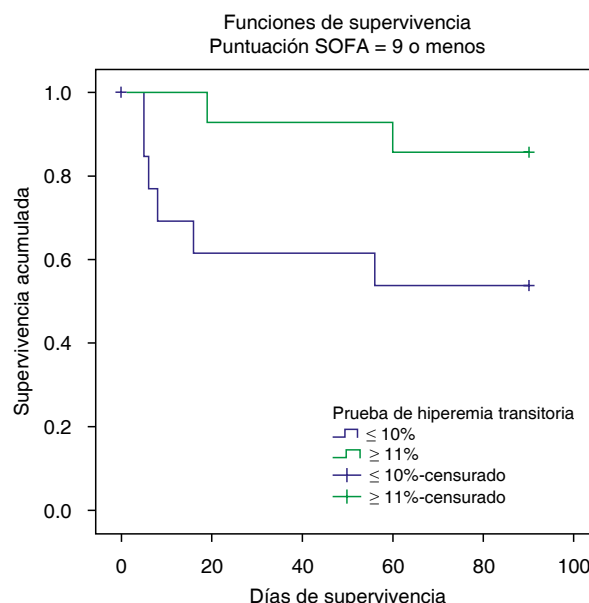


Figura 4: Curva de Kaplan-Meier para pacientes neurocríticos y críticos no neurológicos con una puntuación de *Sepsis Related Organ Failure Assessment* (SOFA) baja que muestra mayor supervivencia en quienes la autorregulación vascular cerebral se mantuvo intacta (verde) comparada con quienes perdieron la autorregulación vascular cerebral (azul) ($p = 0.136$).

REFERENCIAS

1. Claassen JAHR, Thijssen DHJ, Panerai RB, Faraci FM. Regulation of cerebral blood flow in humans: physiology and clinical implications of autoregulation. *Physiol Rev.* 2021;101(4):1487-1559. doi: 10.1152/physrev.00022.2020.
2. Czosnyka M, Smielewski P, Kirkpatrick P, Laing RJ, Menon D, Pickard JD. Continuous assessment of the cerebral vasomotor reactivity in head injury. *Neurosurgery.* 1997;41(1):11-7; discussion 17-9. doi: 10.1097/00006123-199707000-00005.
3. Longhitano Y, Iannuzzi F, Bonatti G, et al. Cerebral autoregulation in non-brain injured patients: a systematic review. *Front Neurol.* 2021;12:732176. doi: 10.3389/fneur.2021.732176.
4. Vu EL, Brown CH 4th, Brady KM, Hogue CW. Monitoring of cerebral blood flow autoregulation: physiologic basis, measurement, and clinical implications. *Br J Anaesth.* 2024;132(6):1260-1273. doi: 10.1016/j.bja.2024.01.043.
5. Crippa IA, Subirà C, Vincent JL, et al. Impaired cerebral autoregulation is associated with brain dysfunction in patients with sepsis. *Crit Care.* 2018;22(1):327. doi: 10.1186/s13054-018-2258-8.
6. Ono M, Joshi B, Brady K, et al. Risks for impaired cerebral autoregulation during cardiopulmonary bypass and postoperative stroke. *Br J Anaesth.* 2012;109(3):391-398. doi: 10.1093/bja/aes148.
7. Czosnyka M, Miller C; Participants in the International Multidisciplinary Consensus Conference on Multimodality Monitoring. Monitoring of cerebral autoregulation. *Neurocrit Care.* 2014;21 Suppl 2:S95-102. doi: 10.1007/s12028-014-0046-0.
8. Tiecks FP, Lam AM, Aaslid R, Newell DW. Comparison of static and dynamic cerebral autoregulation measurements. *Stroke.* 1995;26(6):1014-1019. doi: 10.1161/01.str.26.6.1014.
9. Rivera-Lara L, Zorrilla-Vaca A, Geocadin R, et al. Predictors of outcome with cerebral autoregulation monitoring: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2017;45(4):695-704. doi: 10.1097/CCM.0000000000002251.

10. Haimeur Y, Doumiri M, Amor M. Cerebral autoregulation-directed therapy in adults with non-traumatic brain injury in neuro-critical care: a scoping review. *J Clin Intensive Care Med*. 2025;10(1):013-022. Available in: <https://dx.doi.org/10.29328/journal.jcicm.1001053>
11. Le Roux P, Menon DK, Citerio G, et al. Consensus summary statement of the international multidisciplinary consensus conference on multimodality monitoring in neurocritical care: a statement for healthcare professionals from the Neurocritical Care Society and the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 2014;40(9):1189-209. doi: 10.1007/s00134-014-3369-6.

Financiamiento: ninguno.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Correspondencia:

Netzahualcóyotl González Pérez

E-mail: netza2014@outlook.com



Asociación entre debilidad muscular adquirida en pacientes críticamente enfermos multirresistentes: un modelo de interacción compleja; MIRANDA Trial

Association between acquired muscle weakness in critically ill patients and multi-resistant infections: a complex interaction model; MIRANDA Trial

Nancy Rubí Correa Beauregard,* Jorge López Fermín,* Jennifer Ulloa Yépez,* Manuel Martínez Rojas*

RESUMEN

Introducción: la debilidad adquirida en la Unidad de Cuidados Intensivos (DAUCI), medida con la escala MRC, es frecuente y se asocia con desenlaces adversos. Las infecciones por patógenos multirresistentes (MDR) incrementan la complejidad clínica. **Objetivo:** describir la carga y la severidad de DAUCI, sus trayectorias tempranas y su asociación con desenlaces en una cohorte UCI con MDR. **Material y métodos:** cohorte retrospectiva monocéntrica. Se analizaron 27 pacientes con aislamiento MDR (2024). Variables: MRC al ingreso, día 3 y 5; mortalidad hospitalaria; estancia UCI; APACHE II y SOFA. DAUCI severa: MRC < 36. Para *n* pequeño se usaron IC95% de Clopper-Pearson, pruebas exactas/no paramétricas y tamaños de efecto (Hedges *g*, *r* biserial). **Resultados:** mediana de edad 69 años (RIC 60.5-71.0); masculino 48.1% (IC95% 28.7-68.1). Mortalidad 29.6% (8/27; IC95% 13.8-50.2). DAUCI al ingreso fue muy prevalente (MRC < 48: 96.3%; MRC < 36: 63.0%, IC95% 42.4-80.6). El MRC descendió al día 3 (-10 puntos, mediana) y al día 5 (-12 puntos). La mortalidad fue mayor con DAUCI severa (OR 6.30, IC95% 0.64-61.63; *p* de Fisher = 0.190), con tamaños de efecto moderados para SOFA (*g* = 0.76) y APACHE (*g* = 0.44). **Conclusión:** en pacientes UCI con MDR, la DAUCI es casi universal y empeora tempranamente. Aunque las estimaciones son imprecisas, la DAUCI severa se asocia a mayor riesgo de muerte. Se requieren estudios confirmatorios con mayor tamaño muestral y modelos penalizados.

Palabras clave: debilidad muscular adquirida en unidad de cuidados intensivos, infecciones por bacterias multirresistentes, escala MRC, unidad de cuidados intensivos, mortalidad hospitalaria.

ABSTRACT

Introduction: ICU-acquired weakness (ICU-AW), assessed by the MRC sum score, is frequent and portends worse outcomes. Multidrug-resistant (MDR) infections add clinical complexity. **Objective:** to describe ICU-AW burden and early trajectories, and explore associations with outcomes in an MDR cohort. **Material and methods:** single-center retrospective cohort. Twenty-seven MDR patients (2024) were analyzed. Variables included MRC at admission, day 3, day 5; hospital mortality; ICU length-of-stay; APACHE II and SOFA. Severe ICU-AW: MRC < 36. For small *n* we used Clopper-Pearson CIs, exact/non-parametric tests, and effect sizes (Hedges *g*, point-biserial *r*). **Results:** median age 69 (IQR 60.5-71.0); male 48.1% (95%CI 28.7-68.1). Mortality 29.6% (8/27; 95%CI 13.8-50.2). ICU-AW was highly prevalent (MRC < 48: 96.3%; MRC < 36: 63.0%, 95%CI 42.4-80.6). MRC declined by day 3 (-10) and day 5 (-12) from baseline. Mortality was higher in severe ICU-AW (OR 6.30, 95%CI 0.64-61.63; Fisher *p* = 0.190). SOFA and APACHE showed moderate effects (*g* = 0.76 and 0.44). **Conclusion:** in MDR ICU patients, ICU-AW is near-universal and worsens early. Larger, penalized analyses are warranted.

Keywords: intensive care units-acquired weakness, drug-resistant bacterial infections, MRC scale, intensive care units, hospital mortality.

Abreviaturas:

APACHE = Acute Physiology And Chronic Health Evaluation (Evaluación de Fisiología Aguda y Salud Crónica)

AUC = Area Under the Curve (área bajo la curva)

CIM = Critical Illness Myopathy (miopatía por enfermedad crítica)

CIP = Critical Illness Polyneuropathy (polineuropatía por enfermedad crítica)

D3 = día 3

D5 = día 5

DAUCI = debilidad adquirida en la Unidad de Cuidados Intensivos

IC95% = intervalo de confianza de 95%

MDR = MultiDrug Resistance (multidrogaresistencia)

MRC score = Medical Research Council score (Escala del Consejo de Investigación Médica)

NMUS = NeuroMuscular UltraSound (ecografía neuromuscular)

OMS = Organización Mundial de la Salud

OR = Odds Ratio (razón de momios)

RIC = rango intercuartílico

SOFA = Sequential Organ Failure Assessment (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica)

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

INTRODUCCIÓN

La debilidad adquirida en la Unidad de Cuidados Intensivos (DAUCI) combina polineuropatía o miopatía de la enfermedad crítica y se asocia con ventilación prolongada, mayor estancia y mortalidad. Concomitantemente, las infecciones por patógenos multirresistentes (MDR) están en aumento y complican el curso clínico en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Definir la carga, severidad y trayectoria temprana de la MRC en pacientes con MDR, y su relación con desenlaces, puede orientar intervenciones factibles en la cabecera (rehabilitación temprana, desescalamiento antimicrobiano, optimización hemodinámica y metabólica).

A principios de la década de 1980, surgió una literatura que describió tanto la polineuropatía como la miopatía en algunos pacientes atendidos en la UCI, a menudo con sepsis subyacente o insuficiencia respiratoria, que parecían haber sido adquiridos durante el curso de su enfermedad crítica.¹

En 2009, se convocó en Bruselas una mesa redonda con expertos para el abordaje de la debilidad muscular recién diagnosticada clínicamente en pacientes de cuidados intensivos (DAUCI) sin otra causa aparente

* Hospital de Alta Especialidad ISSSTE Veracruz. México.

Recibido: 20/09/2025. Aceptado: 20/10/2025.

Citar como: Correa BNR, López FJ, Ulloa YJ, Martínez RM. Asociación entre debilidad muscular adquirida en pacientes críticamente enfermos multirresistentes: un modelo de interacción compleja; MIRANDA Trial. Med Crit. 2026;40(4):286-293. <https://dx.doi.org/10.35366/124251>

www.medigraphic.com/medicinacritica

que la propia enfermedad crítica.² La debilidad puede ser el resultado de un trastorno neurogénico conocido como «polineuropatía por enfermedad crítica» (CIP), un trastorno miogénico «miopatía por enfermedad crítica» (CIM) o una combinación de ambos «neuromiopatía por enfermedad crítica».³ En un estudio de pacientes sometidos a ventilación mecánica durante siete días, se encontró que 25% tenía DAUCI clínicamente significativa.³

Otros estudios han demostrado que la debilidad en la UCI se asocia con mayor duración de la ventilación mecánica, que parece residir en la fase de transición a la liberación del respirador. Esta dependencia prolongada del respirador también se asocia con mayor duración de la estancia en la UCI y en el hospital.⁴

La definición actual de sepsis (Sepsis-3) fue propuesta por el Tercer Consenso Internacional, que la definió como «disfunción orgánica causada por una respuesta desregulada del huésped a la infección».⁵ Esta descripción es la primera que destaca la función vital que compromete la respuesta del sistema inmunitario natural y adquirido al inicio de una enfermedad médica.

En estudios de pacientes críticos con sepsis, la incidencia de DAUCI es extremadamente alta, y se informa que está presente en 50 a 100% de los pacientes.⁶ Por lo tanto, aparte de los métodos y definiciones clínicas que se utilizan para definir ambos términos, todo indica que la DAUCI se trata de una complicación extremadamente frecuente en el contexto de enfermedades críticas. El riesgo de DAUCI puede aumentar cuando se combina con sepsis, hiperglucemia, estado postrado en cama, ventilación mecánica a largo plazo y el uso de glucocorticoides, agentes bloqueadores neuromusculares y fármacos vasoactivos.⁷

La DAUCI tiene etiología multifactorial y se relaciona con factores de riesgo como sexo femenino, falla orgánica, puntuación APACHE II > 15, puntuación SOFA > 7, así como el uso médico de diferentes fármacos como aminoglucósidos, bloqueadores neuromusculares y vasopresores. Otros factores que contribuyen a su aparición durante los primeros días de estancia en UCI son: descontrol glucémico, niveles de lactato superiores a dos, nutrición parenteral, ventilación mecánica y estancia prolongada en UCI.⁸ La mayoría de estos factores también son parte de la evolución de sepsis. Entre las causas que agravan el estado clínico y llevan a la aparición de DAUCI, está el no prestar atención a estos factores en las primeras 48 horas de ingreso.⁸

En 2012 un grupo de expertos internacionales del Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC) y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), publicó la terminología internacional estandarizada para describir los perfiles de resistencia adquiridos en *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus spp.*, *Enterobacteriaceae* (que no sean *Salmonella* y *Shigella*), *Pseudomonas aeruginosa*

y *Acinetobacter spp.*, todas ellas bacterias a menudo responsables de infecciones asociadas a la atención médica y propensas a la resistencia a múltiples fármacos. En este consenso definieron la resistencia a múltiples fármacos (MDR) como la «no susceptibilidad adquirida a al menos un agente en tres o más categorías antimicrobianas», la resistencia extensa a fármacos (XDR) como la «no susceptibilidad a al menos un agente en todas las categorías antimicrobianas, excepto dos o menos» (es decir, los aislamientos bacterianos siguen siendo susceptibles a solo una o dos categorías). La panresistencia a fármacos (PDR) como la «no susceptibilidad a todos los agentes en todas las categorías antimicrobianas» (es decir, ningún agente se ha probado como susceptible para ese organismo).⁹

Para garantizar la correcta aplicación de estas definiciones, los aislados bacterianos deben probarse contra todos o casi todos los agentes antimicrobianos dentro de las categorías antimicrobianas y se debe evitar la notificación selectiva y la supresión de los resultados.¹⁰

Con base en esta iniciativa de organizar y definir la susceptibilidad de la resistencia a fármacos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha venido realizando la lista de patógenos de importancia a nivel global para las propuestas de mejora en los tratamientos, siendo en 2024 *Klebsiella Pneumoniae* resistente a carbapenémicos, *Escherichia coli* resistente a cefalosporinas de tercera generación y *Acinetobacter baumannii* resistente a carbapenémicos, categorizados en el grupo crítico de infecciones debido a las limitadas opciones de tratamiento, la elevada tasa de mortalidad y morbilidad y las tendencias crecientes de resistencia a los antimicrobianos, con pocos o ningún candidato prometedor en desarrollo; además, pueden ser excepcionalmente difíciles de prevenir y son altamente transmisibles.¹¹

Sin embargo, en otras revisiones se describe que la carga de infecciones debidas a enterobacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido (ESBL-E) y *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente está aumentando de manera constante. *Acinetobacter baumannii* resistente a carbapenémicos y enterobacterias productoras de carbapenemasas (CRE) se están extendiendo globalmente, mientras que *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (MRSA) y enterococos resistentes a vancomicina están planteando problemas significativos en varias áreas geográficas. Estas tendencias ahora se aplican tanto a las infecciones adquiridas en la UCI como a la sepsis bacteriana importada resultante de la diseminación exitosa de bacterias MDR en salas de hospitales y otros entornos de atención médica.^{12,13}

La lista de patógenos de importancia mundial de 2024 emitida por la OMS reporta a las infecciones multirresistentes a fármacos como un problema importante de salud pública mundial, asociado con un estimado

de 4,95 millones de muertes en 2019, desproporcionadamente en países de ingresos bajos y medios.¹¹ Hasta 70% de los pacientes de la UCI reciben terapia antimicrobiana empírica o definitiva en un día determinado.¹⁴ Las infecciones por microorganismos multirresistentes representan una grave amenaza para la salud pública y un desafío significativo para el tratamiento de la sepsis en la UCI.¹⁵

Fisiopatología: en el paciente crítico, la degradación catabólica de las proteínas musculares muestra pérdidas extremas que se acercan al 2% por día. La fisiopatología de la DAUCI es multifactorial. El factor clave en la patogénesis es un desequilibrio entre la síntesis y la degradación de proteínas musculares en respuesta a diversos estímulos. Existen dos sistemas principales involucrados:

Sistema ubiquitina-proteasoma (UPS): donde la proteasoma, reconoce y degrada las proteínas marcadas con moléculas de ubiquitina por la ligasa de proteína UB E3. Las enzimas ligasas, MAFbx y MuRF1, promueven la degradación de proteínas.

Sistema autofagia-lisosoma: este sistema degrada componentes celulares, incluyendo proteínas y orgánulos dañados, a través de la formación de autofagolisosomas. La mitofagia, un tipo de autofagia que se enfoca en las mitocondrias, es crucial en la remodelación muscular durante la atrofia, especialmente en situaciones de estrés o deficiencia nutricional. Sin embargo, una activación descontrolada de este sistema puede contribuir a la degradación de proteínas observada en la atrofia muscular.¹⁶

La inflamación sistémica asociada con una enfermedad crítica y la inmovilización prolongada son factores importantes que contribuyen a la debilidad adquirida en la UCI. Las citocinas proinflamatorias, como factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), IL-1 β e IL-6, impulsan un aumento de la proteólisis a través de la activación del sistema ubiquitina-proteasoma. Al mismo tiempo, el estrés oxidativo de los procesos inflamatorios conduce a una disfunción mitocondrial y a una activación desregulada de las vías de autofagia. Además, la enfermedad sistémica induce disfunción endotelial, promoviendo la isquemia muscular. La inmovilización prolongada interrumpe la vía de señalización de IGF-Akt, disminuyendo su actividad y dando como resultado una activación excesiva de FoxO, que amplifica los efectos del sistema ubiquitina-proteasoma.¹⁷

Diagnóstico: el diagnóstico de la debilidad adquirida en la UCI es clínico, se obtiene evaluando la fuerza de 12 músculos periféricos predefinidos (abductores bilaterales de hombro, flexores de codo, extensores de muñeca, flexores de cadera, extensores de rodilla y dorsiflexores de pie) mediante la puntuación del *Medical Research Council* (MRC-SS) en un entorno clínico apropiado. La escala varía de 0 a 5, donde las puntua-

ciones más altas indican una mayor fuerza muscular, señalando debilidad muscular clínicamente relevante cuando es inferior a 48 y debilidad muscular grave cuando es inferior a 36.⁷

El dinamómetro de mano también se considera una herramienta eficaz y confiable para el cribado. Los valores umbral para la fuerza de prensión en la DA-UCI son < 11 kg para hombres y < 7 kg para mujeres.¹⁶ Tanto el dinamómetro como la escala MRC-SS requieren que los pacientes estén despiertos y cooperativos, por lo que son difíciles de implementar en el contexto de delirio, coma y sedación.

Según el examen de MRC deben someterse a evaluaciones seriadas y, si se observan déficits persistentes, se justifican estudios electrofisiológicos, biopsia muscular o ambos.⁷ La estimulación muscular directa muestra una excitabilidad muscular normal en pacientes con CIP que no cooperan y una excitabilidad muscular disminuida en pacientes con CIM. Estas pruebas electrofisiológicas suelen requerir equipo profesional y técnicos bien capacitados, y son engorrosas y requieren mucho tiempo.¹⁸

Se han evaluado diversas técnicas de imagen para evaluar la masa muscular, como sustituto de la fuerza muscular, algunas de las cuales también pueden visualizar la calidad del músculo. De éstas, la ecografía neuromuscular (NMUS) se considera la más prometedora.¹⁹ Los músculos objetivo en diversos estudios incluyen el bíceps braquial, el cuádriceps femoral y el tibial anterior.¹⁷

La NMUS utiliza diferentes tipos de sondas de ultrasonido, dependiendo de la estructura objetivo. Sin embargo, los transductores lineales con una frecuencia de trabajo entre 10 y 20 MHz son los más adecuados. Los parámetros sustitutos para la cuantificación de la masa muscular son el espesor de la capa muscular y el área transversal muscular. Una pérdida diaria de alrededor de 2% de la capa muscular describe degradación muscular. El área transversal se mide en la vista ecográfica del eje corto de los músculos esqueléticos superficiales de las extremidades, como el músculo bíceps braquial, músculo recto femoral, vasto lateral, medio e interno; una pérdida > 30% ocurre en pacientes con DAUCI, después de varios días de estancia hospitalaria. La ecogenicidad nerviosa es otro parámetro que se puede evaluar mediante NMUS, obteniendo el brillo general del nervio periférico; en el CIP se ha descrito una disminución significativa de la ecogenicidad nerviosa, lo que es contrario a los hallazgos de pacientes con polineuropatías desmielinizantes inflamatorias crónicas, donde la gravedad de la enfermedad se correlaciona con una mayor ecogenicidad nerviosa. También la ecografía diafragmática se ha utilizado para investigar parámetros tanto estáticos (espesor diafragmático) como dinámicos (fracción de engrosamiento, excursión diafragmá-

tica máxima).²⁰ Sin embargo, es necesario desarrollar protocolos de ultrasonido consistentes y validarlos para establecer la NMUS como una herramienta de diagnóstico en la cabecera del paciente en la medicina de cuidados intensivos.

Aunque no existe una relación directa y causal establecida entre la DAUCI y las infecciones por MDR, se han identificado varios puntos y factores que podrían influir en su aparición simultánea. A menudo se asocian con una estancia prolongada e inmovilización del paciente en la UCI, lo que aumenta el riesgo de desarrollar infecciones asociadas a la atención sanitaria (IAAS), incluyendo aquellas causadas por microorganismos multirresistentes. Además, los tratamientos utilizados como inmunosupresores o corticosteroides pueden debilitar el sistema inmunológico del paciente, haciéndolo más susceptible a estas infecciones.

La presente investigación permitirá identificar factores de riesgo que se asocian a la aparición de debilidad muscular y el desarrollo de infecciones multirresistentes. Contribuyendo así al desarrollo de estrategias que logren prevenir estos riesgos.

MATERIAL Y MÉTODOS

- Diseño y escenario: cohorte retrospectiva/observacional monocéntrica de pacientes UCI con MDR. Periodo enero a diciembre 2024 en UCI de alta especialidad.
- Población de estudio: 27 pacientes consecutivos con aislamiento MDR clínicamente significativo.
- Criterios de inclusión: ≥ 18 años; ingreso a UCI; registro de MRC ingreso y al menos un control (día 3 o 5); aislamiento MDR.
- Criterios de exclusión: reingresos; datos críticos ausentes.

Definiciones

- DAUCI severa: MRC < 36 ;
- DAUCI clínicamente relevante: MRC < 48 .
- Desenlaces: mortalidad hospitalaria; estancia en UCI (días).
- Covariables: APACHE II, SOFA, edad, sexo.
- Fuentes y mediciones: datos del sistema clínico y microbiología institucional. MRC evaluado por personal entrenado.

Sesgos y mitigación (n pequeño)

- Selección: se incluyen todos los casos consecutivos con MDR en ventana temporal.
- Medición: MRC puede variar por sedación/delirio; se registra y reporta la posible clasificación no diferencial en limitaciones.

- Confusión: con $n = 27$ evitamos sobreajuste; privilegiaremos tamaños de efecto y análisis bivariados robustos; los modelados multivariados fueron de carácter exploratorio y penalizado.
- Tamaño muestral: $n = 27$ define estudio piloto; priorizamos precisión (intervalo de confianza de 95% [IC95%]) sobre hipótesis confirmatorias.

Manejo de muestra pequeña (decisiones)

Se realizó una estimación de proporciones con IC95% de Clopper–Pearson. Las comparaciones categóricas por Fisher exacta. Para variables continuas, U de Mann-Whitney + tamaño de efecto Hedges g (con corrección de muestra) o r biserial puntual para binaria continua.

Multiplicidad: los tests exploratorios se controlaron con tasa de falsos descubrimientos (FDR) mediante el procedimiento de Benjamini-Hochberg. En el manuscrito se priorizaron comparaciones clínicamente justificadas para no inflar α .

Modelos (parsimonia estricta)

Se emplea logística, usar Firth (penalización) y bootstrap interno ($\geq 1,000$) para optimismo, con calibración (intercepto/pendiente).

Datos faltantes: en la cohorte MDR ($n = 27$) no hay faltantes en edad, sexo, APACHE, SOFA, MRC ingreso/D3/D5, estancia ni mortalidad (0% NA en estas columnas). No se requiere imputación.

Análisis estadístico: descripción con medianas (rango intercuartílico [RIC]) y proporciones con intervalo de confianza de 95% (IC95%) de Clopper-Pearson. Fisher para tablas 2×2 ; U de Mann-Whitney para continuas; Hedges g y r biserial como tamaños de efecto. Dada la razón eventos/parámetros, modelos multivariados en el cuerpo principal; se realizan exploratorios (Ridge) con Bootstrap $\geq 1,000$ y evaluación de calibración. Sensibilidad: redefinir severidad (MRC < 48) y Δ MRC; análisis por patógeno frecuente.

Consideraciones éticas. Estudio retrospectivo de riesgo mínimo; confidencialidad preservada. Se asume aprobación por Comité de Ética Institucional con dispensa de consentimiento por uso de datos secundarios.

Se rigió de acuerdo a la Declaración de Helsinki, al Código de Núremberg y a la Ley General de Salud de México. Se considera investigación con riesgo mínimo, ya que no se realizó ningún tipo de manipulación de variables, de acuerdo con lo establecido por el reglamento de investigación (LGS), con base en el artículo 17 en su fracción I, el cual señala que será considerada investigación sin riesgo, ya que son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada.

RESULTADOS

Se analizó una cohorte de 27 pacientes. Se presentan características de la población de interés; mediana de edad 69 años (RIC 60.5-71.0); masculinos 48.1% (13/27, IC95% 28.7-68.1). APACHE II 21 (mediana); SOFA 13 (mediana). Mortalidad 29.6% (8/27, IC95% 13.8-50.2). DAUCI muy frecuente: MRC < 48 (96.3%); MRC < 36 (63.0%) (IC95% 42.4-80.6). Trayectorias MRC: descenso mediano -10 (día 3) y -12 (día 5) desde el ingreso (*Tabla 1*).

Se explora asociación DAUCI severa-mortalidad: OR 6.30 (IC95% 0.64-61.63), p de Fisher = 0.190; tamaños de efecto por mortalidad: SOFA g = 0.76 (p ≈ 0.054), APACHE g = 0.44 (p ≈ 0.337); MRC ingreso correlacionó negativamente con mortalidad (r ≈ -0.37).

Exploración de comparaciones de variables de interés. Se emplean métodos de proporciones con Clopper-Pearson. Hedges g con corrección de muestra pequeña. r biserial con IC por z de Fisher. Reportes enfatizan tamaños de efecto y precisión dada la n. DAUCI severa (MRC < 36) vs mortalidad: OR exacta 6.30 (IC95%

0.64-61.63), p de Fisher = 0.190; tabla 2 × 2 con conteos (a = 7, b = 10, c = 1, d = 9). DAUCI (MRC < 48) vs mortalidad: OR exacta calculada con Fisher. APACHE II (mortalidad): Hedges g = 0.44 (IC95% -0.39-1.28), p Mann-Whitney ≈ 0.337. SOFA (mortalidad): Hedges g = 0.76 (IC95% -0.09-1.61), p Mann-Whitney ≈ 0.054. MRC ingreso (mortalidad): r biserial ≈ -0.37 (IC95% por Fisher z), p valor. ΔMRC D3-ingreso/D5-ingreso (mortalidad): r biserial ≈ 0.38 y ≈ 0.18, IC95% (*Figura 1*).

Modelo penalizado primario (ridge) + bootstrap ≥ 1,000 y calibración

Especificación: mortalidad y MRC al ingreso + SOFA, se emplea modelo exploratorio por regresión Ridge (L2, C = 0.5). Se implementa justificación parsimonia (dos predictores, ocho eventos), estabilidad con penalización y reporte de calibración.

Hallazgos clínicos relevantes del modelo: área bajo la curva (AUC) aparente: 0.816, AUC corregida por optimismo (bootstrap 1200): 0.787 (optimismo 0.028), puntuación de Brier aparente: 0.151, Brier corregida por optimismo: 0.178. Calibración (aparente): intercepto ≈ 0.00; pendiente ≈ 1.63 (indica subajuste leve; predicciones no suficientemente extremas, esperable con Ridge y n pequeño).

Modelo primario (Ridge, MRC al ingreso + SOFA) AUC aparente 0.816; AUC corregida por optimismo (bootstrap 1200) 0.787. Brier aparente 0.151; Brier corregida 0.178. Calibración aparente con intercepto cercano a 0 y pendiente 1.63, compatible con ligera subpenalización de la pendiente en un n pequeño; preferimos mantener Ridge por estabilidad.

DAUCI < 48 (binaria, Ridge 1 predictor): AUC ≈ 0.53 (próximo al azar); Brier ≈ 0.208. Interpretación: la simple dicotomía MRC < 48 no discrimina bien la mortalidad en esta cohorte MDR.

ΔMRC D3-ingreso: AUC ≈ 0.75; Brier ≈ 0.178 = mejor señal pronóstica.

ΔMRC D5-ingreso: AUC ≈ 0.66; Brier ≈ 0.201 = señal moderada.

DAUCI < 48: AUC ≈ 0.53 (próximo al azar); Brier ≈ 0.208. Interpretación: la simple dicotomía MRC < 48 no discrimina bien la mortalidad en esta cohorte MDR.

Hallazgos microbiológicos (Fisher OR para mortalidad): *Klebsiella*: OR 2.25, p = 0.633; *Acinetobacter*: OR 1.78, p = 0.616; *Pseudomonas*: OR 0.54, p = 1.000, sin asociaciones significativas; IC muy amplios por n pequeño. Se reportan como referencia exploratoria.

La dicotomía MRC < 48 no discriminó (AUC ≈ 0.53). ΔMRC D3 mostró mejor desempeño (AUC ≈ 0.75) que ΔMRC D5 (AUC ≈ 0.66), sugiriendo que el deterioro temprano de fuerza/función concentra información pronóstica. No hubo señales robustas por patógeno individual (*Figura 2*).

Tabla 1: Características basales de la cohorte (N = 27).

Características	n (%)
Edad, años*	69 [60.5-71.0]
Masculino	13 (48.1)
APACHE II*	21 [14.0-29.5]
SOFA*	13 [8.0-14.0]
Estancia en UCI, días*	7 [5.5-11.0]
MRC ingreso*	34 [26.0-36.0]
DAUCI severa (MRC < 36)	17 (63.0)
Mortalidad hospitalaria	8 (29.6)
Agente aislado	
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	5
<i>Acinetobacter baumannii complex</i>	4
<i>Escherichia coli</i>	3
<i>Escherichia coli BLEE +</i>	2
<i>Enterococcus faecalis</i>	1
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1
<i>Stenotrophomonas</i>	1
<i>Acinetobacter iwoffii</i>	1
<i>Morganella morganii spp</i>	1
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	1
Sitio de cultivo	
Cultivo de aspirado bronquial	18
Urocultivo	6
Hemocultivo	2
Tejidos blandos	1

APACHE II = *Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II* (Evaluación de Fisiología Aguda y Salud Crónica II). BLEE = betalactamasas de espectro extendido. DAUCI = debilidad adquirida en la Unidad de Cuidados Intensivos. MDR = *Multi-Drug Resistance* (multidrogaresistencia). MRC = *Medical Research Council sum score*. RIC = rango intercuartílico. SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment* (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica). UCI = Unidad de Cuidados Intensivos.

Debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos severa definida como multirresistente < 36. «Mortalidad» corresponde a desenlace hospitalario.

* Datos expresados en mediana [rango intercuartílico].

Tabla 2: Asociaciones principales y tamaños de efecto. DAUCI severa y DAUCI < 48 vs mortalidad: con odds ratio (OR) e IC95% exactos y p de Fisher. APACHE II, SOFA vs mortalidad: con g de Hedges, IC95% y p de Mann-Whitney. MRC ingreso, Δ MRC días 3 y 5 vs mortalidad: con r biserial puntual, IC95%. Desempeño de modelos y calibración (Ridge). MRC_ing + SOFA (principal), DAUCI < 48, Δ MRC D3, Δ MRC D5, MRC_ing + *Klebsiella*. Se reporta AUC, Brier e indicadores de calibración aparente (intercepto y pendiente). AUC corregida por optimismo mediante *bootstrap* $\geq 1,000$. sensibilidad microbiológica; odds ratio de mortalidad por patógeno frecuente. *Klebsiella*, *Acinetobacter* y *Pseudomonas*.

Comparación	OR (exacta)	IC95%		p (Fisher)
		OR (L)	OR (H)	
DAUCI severa (MRC < 36) vs mortalidad	6.300	0.644	61.631	0.190
DAUCI (MRC < 48) vs mortalidad	0.889	0.027	29.302	1.000
Comparación	Hedges g			p (Mann-Whitney)
		g (L)	g (H)	
APACHE II por mortalidad	0.445	-0.391	1.280	0.337
SOFA por mortalidad	0.761	-0.092	1.613	0.054
Comparación	r biserial			p (correlación)
		r (L)	r (H)	
MRC ingreso por mortalidad	-0.367	-0.656	0.015	0.059
Δ MRC D3-ingreso por mortalidad	0.380	-0.001	0.664	0.051
Δ MRC D5-ingreso por mortalidad	0.182	-0.212	0.526	0.362
Modelo Ridge y bootstrap				
AUC_aparente	AUC opt. corregida	Optimismo AUC	Brier_aparente	Optimismo Brier
0.81	0.78	0.028	0.15	-0.02
Modelo	AUC aparente	Brier aparente	Cal intercept app	Cal slope app
DAUCI < 48	0.52	0.20	8.62	146.38
Δ MRC D3	0.75	0.17	4.26	1.78
Δ MRC D5	0.65	0.20	-6.37	1.41
MRC_ing + Kleb	0.73	0.17	-3.06	1.57
Sensibilidad modelos y microbiológicos para no supervivencia				
Patógeno	Odds ratio			p (Fisher)
<i>Klebsiella</i>	2.25			0.063
<i>Pseudomonas</i>	0.53			1.222
<i>Acinetobacter</i>	1.77			0.615

APACHE = *Acute Physiology And Chronic Health Evaluation* (Evaluación de Fisiología Aguda y Salud Crónica). AUC = *Area Under the Curve* (área bajo la curva). Brier = error cuadrático medio de probabilidad. DAUCI = debilidad adquirida en UCI. IC95% = intervalo de confianza al 95%. MDR = *MultiDrug Resistance* (multidrogaresistencia). MRC = *Medical Research Council sum score*. OR = *Odds Ratio* (razón de momios). RIC = rango intercuartílico. ROC = *Receiver Operating Characteristic* (característica operativa del receptor). SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment* (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica). UCI = Unidad de Cuidados Intensivos. Δ = cambio respecto a la medición de ingreso.

En MDR-UCI, las trayectorias tempranas de MRC (especialmente Δ D3) contienen más información que umbrales fijos (MRC < 48). Con n limitado, el uso de Ridge estabiliza la estimación; proponemos validación mejoras con una validación externa.

DISCUSIÓN

En esta cohorte de pacientes críticos con infección por patógenos multirresistentes (MDR), la debilidad adquirida en UCI (DAUCI) estuvo presente desde el ingreso en la gran mayoría de los casos y tendió a agravarse de forma temprana (días 3 y 5). Observamos, además, una señal de mayor mortalidad entre quienes presenta-

ron DAUCI severa (MRC < 36). Estos hallazgos encajan con lo descrito por la literatura: la DAUCI es frecuente y se asocia a desenlaces adversos relevantes —dificultad para el destete, estancias más largas y recuperación funcional más lenta—, lo que subraya su importancia clínica en el manejo diario en la UCI.

La coherencia biológica de estos resultados es plausible. Factores como el fallo multiorgánico, la inmovilidad, la hiperglucemia y el uso de corticoides o bloqueadores neuromusculares, favorecen la disfunción neuromuscular y pueden actuar como confusores en muestras pequeñas como la nuestra. En cuanto a estrategias de prevención, las intervenciones con mejor relación plausibilidad/viabilidad en UCI siguen siendo

pragmáticas: evitar hiperglucemia, minimizar sedación y promover movilización temprana cuando el estado del paciente lo permita. La evidencia sobre otras medidas (por ejemplo, estimulación eléctrica neuromuscular) es heterogénea y no concluyente, por lo que su adopción debe individualizarse.

El contexto MDR añade una capa de complejidad. Patógenos como *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* y *Pseudomonas aeruginosa* figuran entre las prioridades globales por su resistencia a fármacos de último recurso. En este escenario, reforzar los programas de uso racional de antimicrobianos (elección adecuada, dosificación óptima, tiempos correctos y desescalamiento temprano) no sólo es una medida de buen gobierno clínico, sino que potencialmente incide en el pronóstico y reduce la presión de selección.

Nuestro trabajo aporta dos elementos prácticos. Primero, al seguir la trayectoria del MRC en los primeros días, constatamos que el cambio temprano (Δ MRC día

3) ofrece información pronóstica más útil que los umbrales dicotómicos clásicos (por ejemplo, $\text{MRC} < 48$). La dinámica de la función captura variaciones clínicas que un único punto de corte puede pasar por alto. Segundo, un modelo penalizado parsimonioso (Ridge) con MRC al ingreso y SOFA mostró discriminación moderada tras corrección por optimismo ($\text{AUC} \approx 0.79$) y calibración aceptable pese al tamaño muestral. La pendiente de calibración > 1 sugiere cierto subajuste (predicciones poco extremas), efecto esperable con penalización y n reducido, que refuerza la necesidad de validación externa antes de considerar su uso operativo.

Fortalezas. Cohorte específica con infección MDR; evaluación seriada del MRC; reporte centrado en intervalos de confianza, tamaños de efecto y pruebas robustas para n pequeño.

Limitaciones. Diseño monocéntrico y retrospectivo; $n = 27$ con ocho eventos, lo que amplía la incertidumbre e impide modelos complejos. La medición del MRC

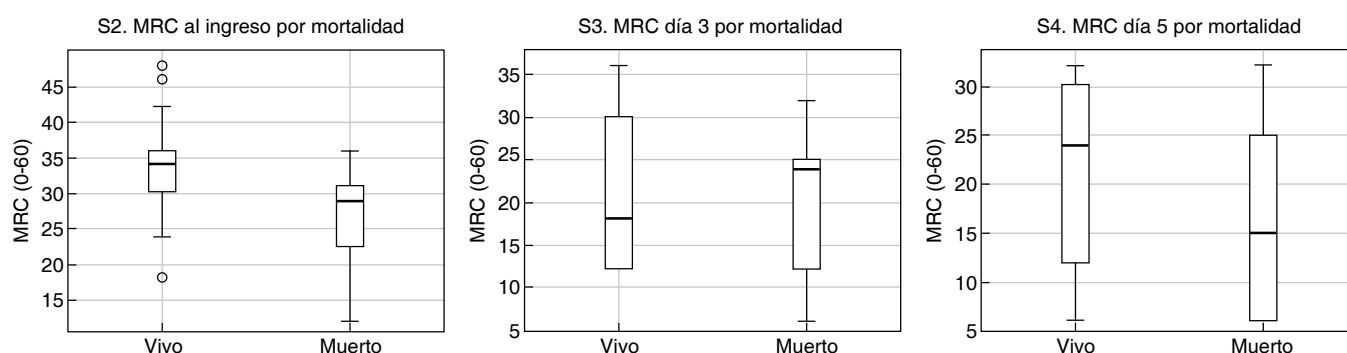


Figura 1: Box plots; distribución de datos por supervivencia, *Medical Research Council sum score* (MRC) y temporalidad (ingreso, día 3 y 5).

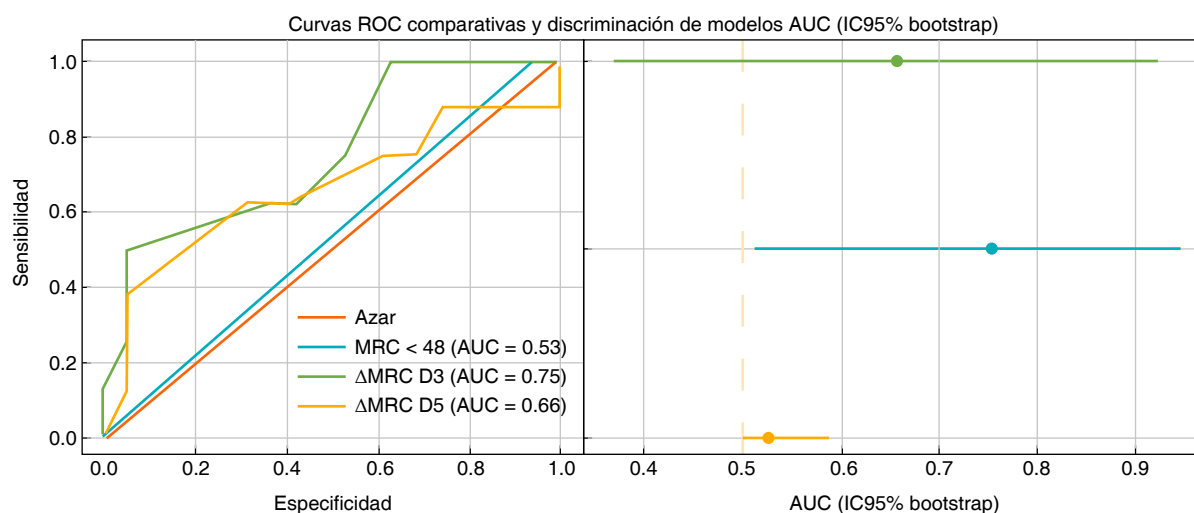


Figura 2. Desempeño comparado de predictores/variantes.

Curvas ROC: Δ MRC D3 (mejor discriminación), Δ MRC D5, MRC < 48 (cercano al azar). Forest de OR por patógeno (IC exactos): sin asociaciones significativas; señal exploratoria con IC amplios.

AUC = Area Under the Curve (área bajo la curva). ROC = Receiver Operating Characteristic (característica operativa del receptor). IC95% = intervalo de confianza al 95%. MRC = Medical Research Council sum score.

puede verse afectada por sedación o delirio, aun cuando se intente evaluar en condiciones estables. En consecuencia, nuestros análisis buscan señales más que confirmación definitiva.

Implicaciones clínicas. Dada la alta prevalencia de DAUCI en este contexto y su posible relación con mortalidad, proponemos incorporar de manera sistemática: 1) Medición seriada del MRC durante los primeros cinco días, con especial atención al Δ MRC del día tres. 2) Un paquete preventivo que incluya control glucémico seguro, sedación mínima y movilización temprana protocolizada. 3) Optimización antimicrobiana: inicio oportuno, revisión diaria de indicación y desescalamiento basado en cultivos, epidemiología local y respuesta clínica.

Líneas futuras. Se requieren estudios prospectivos y multicéntricos que validen estos hallazgos, integren trayectorias funcionales (MRC o ultrasonido muscular) y evalúen *bundles* de rehabilitación temprana junto con estrategias de optimización enfocadas a patógenos prioritarios. De cara a la modelización, conviene mantener la parsimonia, aplicar penalización y realizar validación interna con *bootstrap*, así como valorar el impacto clínico en desenlaces duros (mortalidad, ventilación, función) antes de trasladar cualquier herramienta a la práctica.

CONCLUSIONES

En pacientes de la UCI con infección MDR, la DAUCI es muy prevalente y empeora en los primeros cinco días. Pese a la imprecisión, la DAUCI severa sugiere mayor mortalidad. Se justifican estudios prospectivos con intervención de rehabilitación temprana y modelos penalizados para cuantificar el impacto clínico.

REFERENCIAS

- Rich MM, Raps EC, Bird SJ. Distinction between acute myopathy syndrome and critical illness polyneuropathy. *Mayo Clin Proc.* 1995;70(2):198-200.
- Griffiths RD, Hall JB. Intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med.* 2010;38(3):779-787.
- Kress JP, Hall JB. ICU-acquired weakness and recovery from critical illness. *N Engl J Med.* 2014;370(17):1626-1635.
- Garnacho-Montero J, Amaya-Villar R, García-Garmendía JL, et al. Effect of critical illness polyneuropathy on the withdrawal from mechanical ventilation and the length of stay in septic patients. *Crit Care Med.* 2005;33(2):349-354.
- Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA.* 2016;315(8):801-810.
- De Jonghe B, Cook D, Sharshar T, et al. Acquired neuromuscular disorders in critically ill patients: a systematic review. *Intensive Care Med.* 1998;24(12):1242-1250.
- Vanhorebeek I, Latronico N, Van den Berghe G. ICU-acquired weakness. *Intensive Care Med.* 2020;46(4):637-653.
- Yang T, Li Z, Jiang L, Wang Y, Xi X. Risk factors for intensive care unit-acquired weakness: a systematic review and meta-analysis. *Acta Neurol Scand.* 2018;138(2):104-114.
- Paul M, Shani V, Muchtar E, Kariv G, Robenshtok E, Leibovici L. Systematic review and meta-analysis of the efficacy of appropriate empiric antibiotic therapy for sepsis. *Antimicrob Agents Chemother.* 2010;54(11):4851-4863.
- Magiorakos AP, Srinivasan A, Carey RB, et al. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clin Microbiol Infect.* 2012;18(3):268-281.
- World Health Organization. WHO bacterial priority pathogens list 2024: bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. Geneva: WHO; 2024.
- Sibila O, Rodrigo-Troyano A, Shindo Y, Aliberti S, Restrepo MI. Multidrug-resistant pathogens in patients with pneumonia coming from the community. *Curr Opin Pulm Med.* 2016;22(3):219-226.
- Timsit JF, Bassetti M, Cremer O, et al. Rationalizing antimicrobial therapy in the ICU: a narrative review. *Intensive Care Med.* 2019;45(2):172-189.
- Versporten A, Zarb P, Caniaux I, et al. Antimicrobial consumption and resistance in adult hospital inpatients in 53 countries: results of an internet-based global point prevalence survey. *Lancet Glob Health.* 2018;6(6):e619-629.
- Kumar NR, Balraj TA, Kempegowda SN, Prashant A. Multidrug-resistant sepsis: a critical healthcare challenge. *Antibiotics (Basel).* 2024;13(1):46.
- Fazzini B, Markl T, Costas C, et al. The rate and assessment of muscle wasting during critical illness: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2023;27(1):2.
- Petrucchi M, Gemma S, Carbone L, et al. ICU-acquired weakness: from pathophysiology to management in critical care. *Emerg Care Med.* 2025;2(1):4.
- Chen J, Huang M. Intensive care unit-acquired weakness: recent insights. *J Intensive Med.* 2023;4(1):73-80.
- Witteveen E, Sommers J, Wieske L, et al. Diagnostic accuracy of quantitative neuromuscular ultrasound for the diagnosis of intensive care unit-acquired weakness: a cross-sectional observational study. *Ann Intensive Care.* 2017;7(1):40.
- Klawitter F, Walter U, Axer H, Patejdl R, Ehler J. Neuromuscular ultrasound in intensive care unit-acquired weakness: current state and future directions. *Medicina (Kaunas).* 2023;59(5):844.

Patrocinios: ninguno.

Conflicto de intereses: ninguno.

Correspondencia:

Jorge López Fermín

E-mail: salemcito1@gmail.com



Equipo de respuesta rápida, escala NEWS y telemetría clínica: experiencia en un Hospital de Tercer Nivel en México

Rapid response team, NEWS score and clinical telemetry: experience at a Tertiary Hospital in Mexico

Stephanie Paola Sansón Tinoco,* Juan Javier Sánchez Zavala*

RESUMEN

Introducción: el deterioro clínico intrahospitalario es frecuente y potencialmente prevenible. Los equipos de respuesta rápida (ERR) y la escala *National Early Warning Score* (NEWS) buscan detectarlo de forma oportuna. **Objetivo:** validar la escala NEWS y evaluar el impacto del ERR y de un sistema de telemetría clínica en un hospital de tercer nivel en México. **Material y métodos:** estudio observacional retrospectivo. Cohorte piloto (marzo 2021-abril 2023, n = 81): regresión logística y curvas ROC. Cohorte completa (marzo 2021-febrero 2025) y telemetría Aidicare (2023-marzo 2025). **Resultados:** NEWS fue predictor independiente de mortalidad (OR 1.215, IC95% 1.020-1.448, p = 0.029), traslado a unidad de terapia intensiva [UTI] (OR 1.294, p = 0.013), ventilación mecánica invasiva (OR 1.366, p = 0.006) y vasopresor (OR 1.193, p = 0.032); mejor AUC para ventilación mecánica (0.781; corte > 8). Causas de activación: hipotensión (41.1%) y deterioro respiratorio (26.5%); 58% se trasladó a UTIM, 23% a UTI; mortalidad 20%. Reducción relativa de 30.5% en códigos azules (RR 0.69, IC95% 0.46-1.03, p = 0.077). El sistema realizó 468,420 evaluaciones NEWS en 26,104 pacientes, con 11,198 eventos severos y un número necesario para evaluar (NNE) de 53. **Conclusiones:** la integración de NEWS, telemetría clínica y ERR permitió detectar y estratificar el deterioro clínico, optimizando el balance entre beneficio y uso de recursos. **Palabras clave:** equipos de respuesta médica rápida, puntuación de alerta temprana, telemetría, mortalidad hospitalaria, seguridad del paciente.

ABSTRACT

Introduction: in-hospital clinical deterioration is frequent and potentially preventable. Rapid response teams (RRT) and the *National Early Warning Score* (NEWS) aim to detect it in a timely manner. **Objective:** to validate the NEWS score and assess the impact of an RRT and a clinical telemetry system in a tertiary hospital in Mexico. **Material and methods:** retrospective observational study. Pilot cohort (March 2021-April 2023, n = 81): logistic regression and ROC curves. Full cohort (March 2021-February 2025) and Aidicare telemetry (2023-March 2025). **Results:** NEWS independently predicted mortality (OR 1.215; 95%CI 1.020-1.448, p = 0.029), Intensive Care Unit (ICU) transfer (OR 1.294, p = 0.013), invasive mechanical ventilation (OR 1.366, p = 0.006) and vasopressor use (OR 1.193, p = 0.032); best AUC for mechanical ventilation (0.781; cutoff > 8). Activation causes: hypotension (41.1%) and respiratory deterioration (26.5%); 58% transferred to step-down unit, 23% to ICU; overall mortality 20%. Relative reduction of 30.5% in code-blue events (RR 0.69; 95%CI 0.46-1.03, p = 0.077). The telemetry system performed 468,420 NEWS assessments in 26,104 patients, with 11,198 severe-risk events and a Number Needed to Evaluate of 53. **Conclusions:** integrating NEWS, clinical telemetry and an RRT allowed the detection and risk-stratification of clinical deterioration while optimizing the balance between clinical benefit and resource use.

Keywords: hospital rapid response team, early warning score, telemetry, hospital mortality, patient safety.

Abreviaturas:

ERR = equipos de respuesta rápida

RR = riesgo relativo

IC95% = intervalo de confianza de 95%

NNE = *Number Needed to Evaluate* (número necesario para evaluar)

NEWS = *National Early Warning Score* (Puntuación Nacional de Alerta Temprana)

VMI = ventilación mecánica invasiva

ROC = *Receiver Operating Characteristic* (característica operativa del receptor)

AUC = *Area Under the Curve* (área bajo la curva)

LR = *Likelihood Ratio* (razón de verosimilitud)

RRR = reducción relativa de riesgo

OR = *Odds Ratio* (razón de momios)

UTIM = Unidad de Terapia Intensiva Móvil

UTI = Unidad de Terapia Intensiva

INTRODUCCIÓN

El deterioro clínico intrahospitalario es frecuente y potencialmente prevenible: hasta 50% de los eventos adversos graves –ingresos no planeados a unidad de cuidados intensivos (UCI), paro cardiorrespiratorio o muerte– podrían evitarse con detección oportuna.¹⁻³ Los pacientes muestran alteraciones fisiológicas detectables, en promedio, hasta seis horas antes del evento crítico.⁴ Los equipos de respuesta rápida (ERR), con sus cuatro componentes –vía aferente, vía eferente, análisis de datos y coordinación/educación–, son la estrategia más extendida para identificar y atender este deterioro.⁵⁻⁹

La evidencia actual respalda su impacto. Maharaj y colaboradores reportaron reducción de mortalidad hospitalaria (RR 0.87, IC95% 0.81-0.95, p < 0.001) y de paro cardiorrespiratorio (RR 0.65, IC95% 0.61-0.70, p < 0.001).^{10,11} Al-Omari y asociados, en un estudio multicéntrico, observaron reducción de paro cardiorrespiratorio (RR 0.72), mortalidad intrahospitalaria (RR 0.62) y mortalidad en UCI (RR 0.80).^{12,13} La revisión sistemática de Hall, Lim y Gale (2020) confirma reducción persistente de 35-40% en paro cardíaco intrahospitalario, mientras que el efecto sobre mortalidad sigue siendo heterogéneo.¹⁴⁻¹⁸ En México, la evidencia es limitada: Elguea Echavarría y su grupo demostraron mayor supervivencia en pacientes intubados valorados por el ERR (37.3 versus 21.2%, p = 0.005); Monares y colegas no observaron reducción de mortalidad, pero reportaron un *Number Needed to Evaluate* (NNE) de 2, sugiriendo alta eficiencia cuando el sistema se activa adecuadamente.¹⁹

En el Hospital Médica Sur se reportan entre 10 y 17 eventos de paro cardiorrespiratorio al año. Para de-

* Hospital Médica Sur. Ciudad de México, México.

Recibido: 04/05/2026. Aceptado: 05/06/2026.

Citar como: Sansón TSP, Sánchez ZJJ. Equipo de respuesta rápida, escala NEWS y telemetría clínica: experiencia en un Hospital de Tercer Nivel en México. Med Crit. 2026;40(4):294-300. <https://dx.doi.org/10.35366/124252>

www.medigraphic.com/medicinacritica

Tabla 1: Características clínicas de los pacientes valorados por los equipos de respuesta rápida (ERR).

Variable	Total N = 81 Mediana [RIC]	En seguimiento N = 59 Mediana [RIC]	Fallecidos N = 22 Mediana [RIC]	p
Frecuencia respiratoria (rpm)	21 [18-25]	21 [18-25]	21 [18-25]	0.898
SpO ₂ (%)	93.0 [89.0-97.0]	93.0 [89.8-95.0]	92.0 [88.0-96.0]	0.684
Temperatura (°C)	36.5 [36.0-37.0]	36.5 [36.0-37.1]	36.5 [36.0-36.9]	0.248
PA sistólica (mmHg)	97.0 [82.0-120.0]	98.5 [84.8-124.0]	95.0 [70.0-109.0]	0.117
PA diastólica (mmHg)	60.0 [46.5-72.0]	60.0 [48.5-75.3]	62.0 [40.0-70.0]	0.714
PA media (mmHg)	71.7 [57.0-87.3]	71.7 [59.0-90.3]	71.3 [50.0-83.2]	0.169
Frecuencia cardíaca (lpm)	102.0 [76.0-117.0]	95.0 [75.0-112.0]	113.5 [88.8-136.0]	0.086
Escala de coma de Glasgow	15.0 [14.0-15.0]	15.0 [14.0-15.0]	14.0 [12.0-15.0]	0.137
Escala NEWS	8.0 [6.0-10.0]	8.0 [5.0-10.0]	9.5 [8.0-11.0]	0.024

lpm = latidos por minuto. NEWS = *National Early Warning Score* (Puntuación Nacional de Alerta Temprana). PA = presión arterial. RIC = rango intercuartílico. rpm = respiraciones por minuto. SpO₂ = saturación de oxígeno.

tectarlos se implementó un ERR que utiliza la escala NEWS > 7 más juicio clínico como criterio de activación, integrado a un sistema de telemetría continua. El presente trabajo tuvo tres objetivos: 1) validar el desempeño predictivo de la escala NEWS en nuestra población; 2) evaluar el impacto del ERR sobre desenlaces intrahospitalarios y la incidencia de códigos azules; y 3) describir el rendimiento del sistema de telemetría clínica integrado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y población: estudio observacional, retrospectivo y unicéntrico realizado en el Hospital Médica Sur (Hospital Privado de Tercer Nivel, Ciudad de México). Se analizaron tres cohortes: 1) cohorte piloto de validación de NEWS (81 pacientes valorados por el ERR entre marzo 2021 y abril 2023); 2) cohorte completa de pacientes valorados por el ERR de marzo 2021 a febrero 2025; y 3) registros agregados del sistema de telemetría clínica Aidicare-Telemetría Base entre 2023 y marzo de 2025.

Criterios de inclusión y exclusión: se incluyeron pacientes ≥ 18 años hospitalizados que cumplieran criterios de activación del ERR (NEWS > 7 y/o juicio clínico). Se excluyeron expedientes incompletos, pacientes pediátricos y pacientes con orden vigente de no reanimación al momento de la activación.

Variables y desenlaces: del expediente electrónico institucional se obtuvieron: edad, sexo, signos vitales al momento de la activación (frecuencia respiratoria, SpO₂, temperatura, presión arterial sistólica, diastólica y media, frecuencia cardíaca, escala de coma de Glasgow), puntuación NEWS, motivo de activación, área de procedencia y desenlaces intrahospitalarios (traslado a Unidad de Terapia Intensiva [UTI] o Unidad de Terapia Intermedia [UTIM], vasopresor, ventilación mecánica invasiva [VMI] y mortalidad). Para la telemetría se utilizaron los registros agregados generados por la plataforma

Aidicare, que captura signos vitales en tiempo real y calcula automáticamente la puntuación NEWS.

Análisis estadístico: las variables cuantitativas se expresan como mediana y rango intercuartílico (distribución no normal); las categóricas como frecuencias absolutas y relativas. Se compararon grupos con U de Mann-Whitney y χ^2 o exacta de Fisher. Se aplicaron modelos de regresión logística ajustados por edad, sexo y grupo. El desempeño predictivo de NEWS se evaluó con curvas ROC, AUC e índice de Youden, calculando sensibilidad, especificidad, valores predictivos y razones de verosimilitud (LR+, LR-). El impacto institucional se estimó con riesgo relativo (RR) y reducción relativa de riesgo (RRR) comparando tasas pre/post implementación. Para la telemetría se calculó el *Number Needed to Evaluate* (NNE). Se consideró significativo el valor de $p < 0.05$.

Aspectos éticos: el protocolo fue aprobado por el Comité de Investigación y el Comité de Ética en Investigación del Hospital Médica Sur. Por su naturaleza retrospectiva se dispensó el consentimiento informado individual. Se siguieron los principios de la Declaración de Helsinki y se respetó la confidencialidad conforme a la Ley General de Salud y la Ley Federal de Protección de Datos Personales.

RESULTADOS

Validación de NEWS (cohorte piloto, n = 81)

Las características clínicas comparadas entre pacientes que continuaron en seguimiento (n = 59) y los que fallecieron (n = 22) se presentan en [Tabla 1](#). La frecuencia cardíaca fue mayor en los fallecidos (113.5 vs 95 latidos por minuto [lpm], $p = 0.086$) y la única variable con diferencia estadísticamente significativa fue la puntuación NEWS (mediana 9.5 vs 8.0, $p = 0.024$).

En modelos de regresión logística ajustados por edad, sexo y grupo, NEWS fue predictor independien-

te de mortalidad (OR 1.215, IC95% 1.020-1.448, $p = 0.029$), traslado a UTI (OR 1.294, IC95% 1.056-1.586, $p = 0.013$), ventilación mecánica invasiva (OR 1.366, IC95% 1.094-1.704, $p = 0.006$) y uso de vasopresor (OR 1.193, IC95% 1.015-1.403, $p = 0.032$) (*Tabla 2*). El mejor desempeño en curvas ROC correspondió a VMI, ERR, NEWS y telemetría clínica en México (AUC 0.781, IC95% 0.674-0.889, $p = 0.001$). El índice de Youden identificó cortes óptimos de NEWS > 7 para mortalidad y vasopresor, y NEWS > 8 para traslado a UTI y VMI (*Figura 1*).

**Cohorte completa
(marzo 2021-febrero 2025)**

Las principales causas de activación fueron hipotensión (41.1%), deterioro respiratorio (26.5%), arritmias (13.0%) y deterioro neurológico (7.6%). Tras la valoración, 58% de los pacientes se trasladó a UTIM, 23% a UTI y 19% no requirió traslado; 45% requirió vasopresor y 14% VMI (*Figura 2*). En el subgrupo trasladado a UTI: 64% vasopresor, 41% VMI, mortalidad 26%; en UTIM: 50% vasopresor, 9% VMI, mortalidad 14%. En no trasladados: mortalidad 15% (*Figura 2*). De los activados por hipotensión, 12% requirió vasopresor; de los activados por deterioro respiratorio, 31% requirió VMI. NEWS promedio: 7.09 puntos global, 6.47 en no trasladados, 6.80 en UTIM y 8.15 en UTI. La mortalidad global fue 20% (vs 27% en la cohorte piloto).

Tras la implementación del ERR se observó una reducción relativa del 30.5% en códigos azules (RR 0.69, IC95% 0.46-1.03, $p = 0.077$) y un incremento de 34% en mortalidad cruda (RR 1.34, IC95% 1.21-1.47, $p = 0.001$) (*Figura 3*).

**Sistema de telemetría clínica
(2023-marzo 2025)**

Entre 2023 y marzo 2025 se realizaron 468,420 evaluaciones NEWS en 26,104 pacientes monitorizados. La distribución anual y el porcentaje de eventos por nivel de riesgo se presentan en la *Tabla 3*. Se identificaron 11,198 eventos de riesgo severo (NEWS ≥ 7 ; 2.4% de las evaluaciones), de los cuales 15.3% (1,713 intervenciones) generaron activación de respuesta médica, con 210 valoraciones del ERR (NNE = 53, *Figura 3*). El uso de la telemetría creció 88.9% en 2024 y 43.3% adicional en 2025; el tiempo promedio hasta la primera alerta severa fue de aproximadamente 51 horas y el porcentaje anual de activaciones aumentó de 14.96% (2023) a 16.07% (2025).

DISCUSIÓN

La integración de un ERR con escala NEWS y telemetría clínica permitió identificar y estratificar de forma estructurada el deterioro clínico en pacientes hospitalizados. En la cohorte piloto, NEWS fue predictor independiente de mortalidad, traslado a UCI, VMI y uso de vasopresor, con magnitudes de efecto acordes con la literatura internacional. El AUC de 0.781 para VMI y los cortes óptimos identificados (> 7 para mortalidad y vasopresor; > 8 para traslado a UTI y VMI) reproducen valores reportados por Smith y colaboradores, y por la guía original del *Royal College of Physicians* para NEWS,¹⁶ lo que respalda su aplicabilidad en nuestro contexto institucional.

Operativamente, los principales detonantes de activación –hipotensión y deterioro respiratorio– son con-

Tabla 2: Modelos de regresión logística-predictores y desenlaces (N = 81).

Variable/desenlace	β	OR	IC95%	p
A. Predictores de mortalidad (cohorte piloto)				
Femenino	-0.334	0.716	0.266-1.930	0.509
Edad en años	-0.027	0.973	0.947-1.000	0.051
Frecuencia respiratoria	-0.025	0.975	0.904-1.052	0.517
SpO ₂	-0.025	0.975	0.936-1.017	0.241
Temperatura	-0.388	0.679	0.341-1.350	0.269
PA sistólica	-0.017	0.983	0.966-1.001	0.065
PA diastólica	-0.007	0.993	0.965-1.021	0.615
PA media	-0.016	0.984	0.965-1.003	0.106
Frecuencia cardíaca	0.013	1.013	0.993-1.033	0.200
Escala de coma de Glasgow	-0.129	0.879	0.741-1.044	0.141
Escala NEWS	0.195	1.215	1.020-1.448	0.029
B. NEWS como predictor de desenlaces intrahospitalarios				
Traslado a UTI	0.258	1.294	1.056-1.586	0.013
Ventilación mecánica invasiva	0.312	1.366	1.094-1.704	0.006
Uso de vasopresor	0.177	1.193	1.015-1.403	0.032
Mortalidad	0.248	1.281	1.048-1.566	0.016

IC95% = intervalo de confianza de 95%. NEWS = *National Early Warning Score* (Puntuación Nacional de Alerta Temprana). OR = *Odds Ratio* (razón de momios). PA = presión arterial. SpO₂ = saturación de oxígeno. UTI = Unidad de Terapia Intensiva.

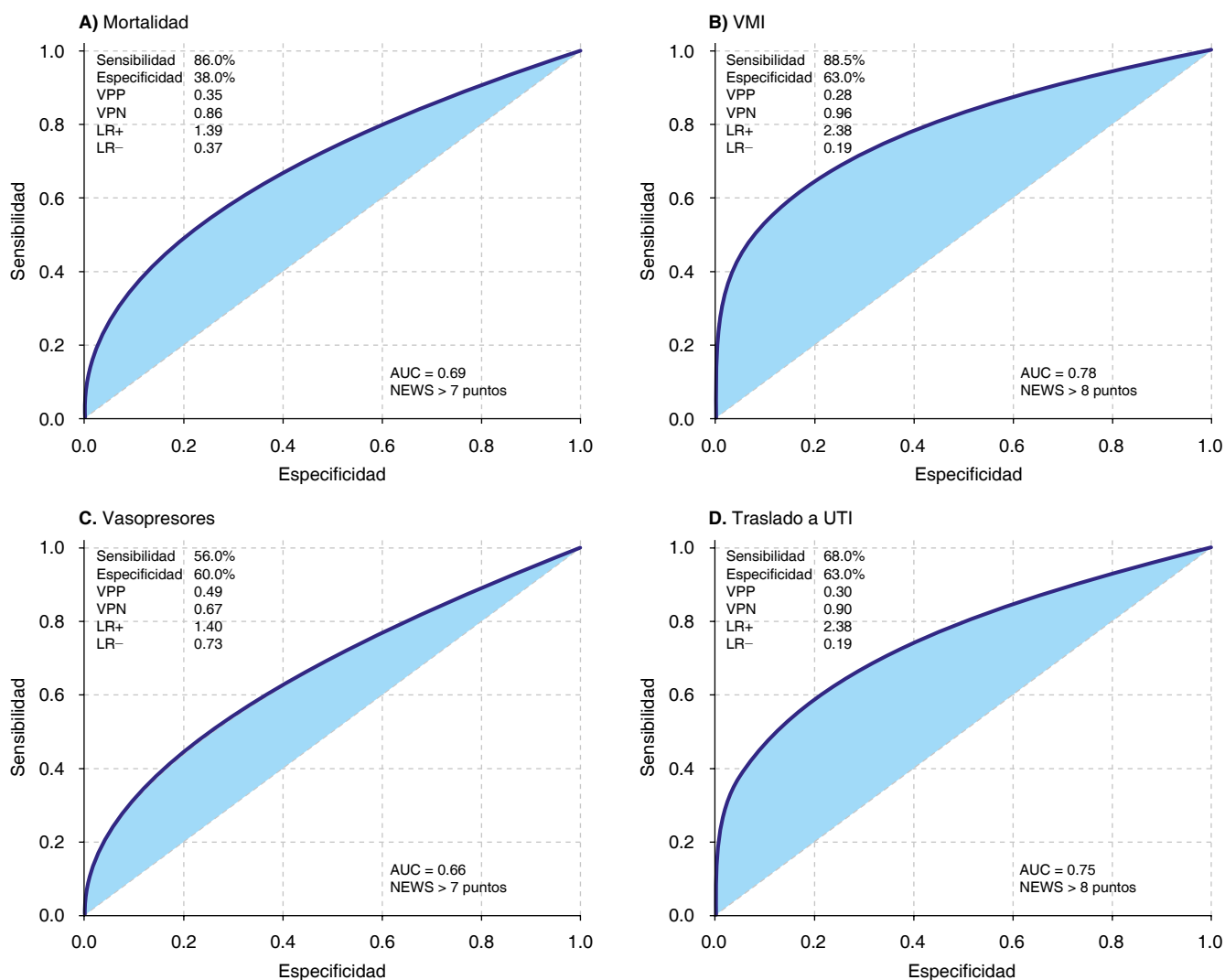


Figura 1: Curvas ROC y métricas diagnósticas de la escala NEWS para los desenlaces evaluados en la cohorte piloto: **A)** Mortalidad. **B)** Ventilación mecánica invasiva. **C-D)** uso de vasopresor y traslado a Unidad de Terapia Intensiva. Para cada desenlace, se reporta el área bajo la curva (AUC), el punto de corte óptimo identificado por el índice de Youden y los indicadores diagnósticos: sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN), razón de verosimilitud positiva (LR+) y negativa (LR-).

AUC = Area Under the Curve (área bajo la curva). LR = Likelihood Ratio (razón de verosimilitud). NEWS = National Early Warning Score (Puntuación Nacional de Alerta Temprana). ROC = Receiver Operating Characteristic (característica operativa del receptor). UTI = Unidad de Terapia Intensiva. VMI = ventilación mecánica invasiva. VPN = valor predictivo negativo. VPP = valor predictivo positivo.

gruentes con la fisiopatología descrita previamente, que ubica las alteraciones hemodinámicas y respiratorias como antecedentes inmediatos de la mayoría de los eventos críticos intrahospitalarios.² La proporción de pacientes que requirió vasopresor (45%) o VMI (14%) sugiere que el ERR está seleccionando casos genuinamente graves; la disminución de la mortalidad observada con respecto al estudio piloto (20 vs 27%) es compatible con una optimización progresiva del sistema y de las tres asas del ERR a lo largo del tiempo.

En desenlaces institucionales, encontramos una reducción relativa de 30.5% en códigos azules (RR 0.69, $p = 0.077$), magnitud similar a la reportada en metaa-

nálisis previos.^{11,14} Sin embargo, no documentamos disminución de mortalidad e incluso observamos un incremento de 34% en la tasa cruda. Este hallazgo requiere interpretación cautelosa: cambios en el perfil de complejidad de los pacientes hospitalizados —en particular durante y después de la pandemia—, ampliación del catálogo de servicios oncológicos y de trasplante, y un sesgo de detección que favorece la identificación de pacientes críticamente enfermos previamente no reconocidos pueden explicar parte de la tendencia, fenómenos descritos también en análisis multicéntricos.¹⁷

La integración del sistema de telemetría aporta un nivel de análisis adicional. Más de 468 mil evaluaciones

NEWS en 26 mil pacientes permitieron detectar 11,198 eventos de riesgo severo, de los cuales sólo 1.9% culminaron en activación del ERR (NNE de 53). Este dato tiene una doble lectura. Por un lado, una herramienta sensible como NEWS genera muchas alertas, y la

conversión limitada a activación del ERR demuestra que el sistema funciona como un filtro clínico efectivo, evitando sobreactivación. Por otro, sugiere un margen real para refinar el algoritmo –combinando NEWS con tendencia temporal, juicio clínico y modelos predictivos–

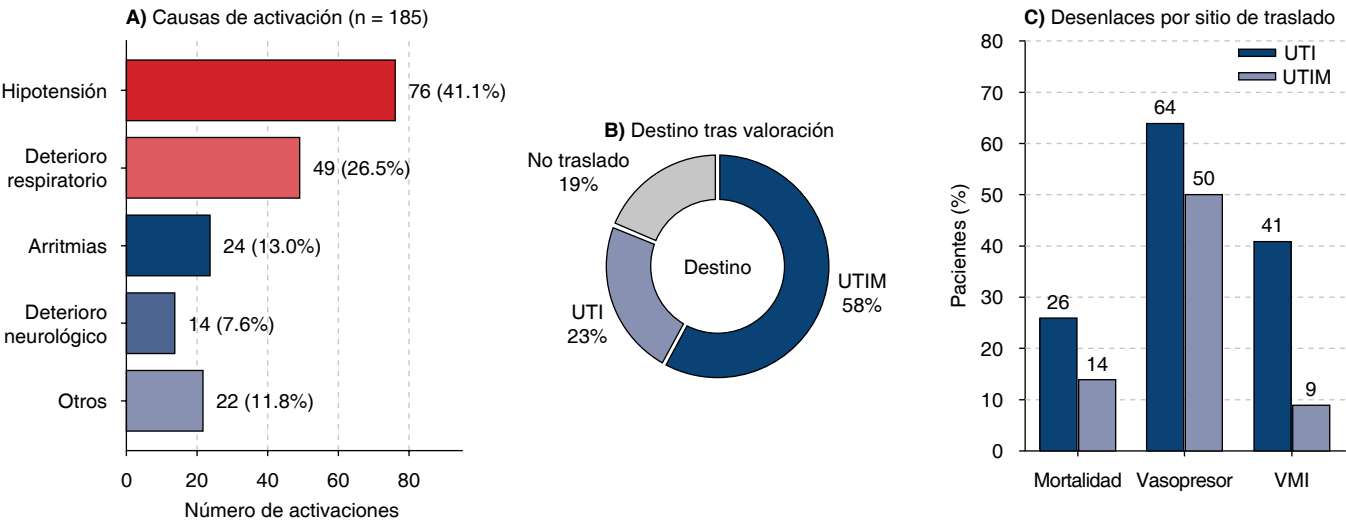


Figura 2: Operación clínica del equipo de respuesta rápida (cohorte completa, marzo 2021-febrero 2025). **A)** Causas de activación (n = 185); las dos principales (hipotensión y deterioro respiratorio) se resaltan en rojo. **B)** Destino de los pacientes posterior a la valoración (UTIM, UTI o sin traslado). **C)** Desenlaces clínicos (mortalidad, vasopresor y ventilación mecánica invasiva) por sitio de traslado. UTI = Unidad de Cuidados Intensivos. UTIM = Unidad de Terapia Intermedia. VMI = ventilación mecánica invasiva.

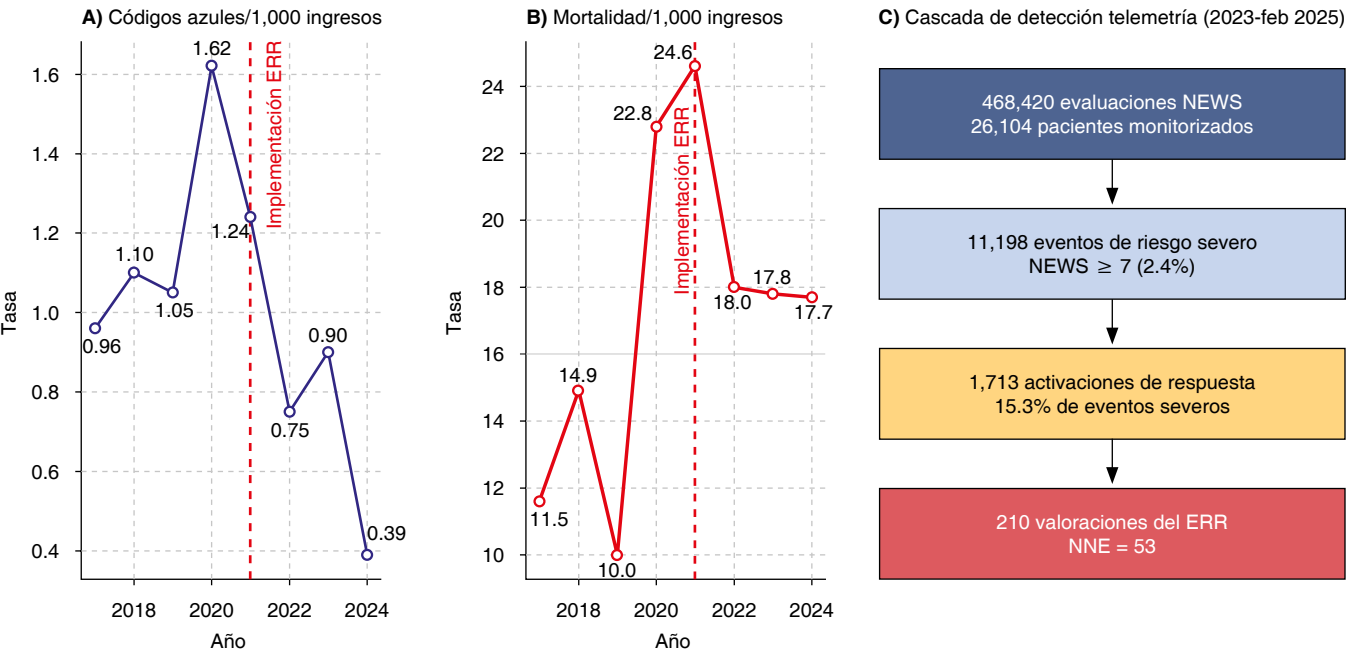


Figura 3: Impacto institucional del equipo de respuesta rápida (ERR) y desempeño del sistema de telemetría. **A)** Tendencia anual de códigos azules por 1,000 ingresos (2017-2024); la línea discontinua marca el año de implementación del ERR (2021). **B)** Tendencia anual de mortalidad por 1,000 ingresos en el mismo periodo. **C)** Cascada de detección y respuesta del sistema de telemetría Aidicare-Telemetría Base (2023-marzo 2025): de 468,420 evaluaciones NEWS en 26,104 pacientes, se identificaron 11,198 eventos de riesgo severo, de los cuales 15.3% (1,713) generaron activación de respuesta médica y 210 culminaron en valoración por el ERR (NNE = 53). NEWS = National Early Warning Score (Puntuación Nacional de Alerta Temprana). NNE = Number Needed to Evaluate (número necesario para evaluar).

Tabla 3: Resumen anual del sistema de telemetría clínica con escala NEWS.

Año	Evaluaciones n	Pacientes n	Eval/paciente	Riesgo leve NEWS 0-4 n (%)	Riesgo moderado NEWS 5-6 n (%)	Riesgo severo NEWS > 6 n (%)
2023	209,047	12,316	16.97	185,700 (88.83)	28,163 (13.47)	5,182 (2.48)
2024	220,052	11,810	18.63	186,167 (84.6)	28,816 (13.1)	5,064 (2.3)
2025 (ene-feb)	39,321	1,978	19.87	32,998 (83.92)	5,369 (13.65)	952 (2.42)

NEWS = National Early Warning Score (Puntuación Nacional de Alerta Temprana). Sistema Aidicare-Telemetría Base. Hospital Médica Sur, 2023-marzo 2025.

para acercar la activación al subgrupo con mayor probabilidad de beneficio.

Esta perspectiva es relevante desde la economía de la salud. La literatura estima que hasta 15% del gasto hospitalario se relaciona con eventos adversos prevenibles; el deterioro no detectado a tiempo eleva ingresos a UTI, prolonga estancias y multiplica costos sociales. A la vez, los ERR exigen personal especializado, entrenamiento y disponibilidad 24/7, por lo que su valor depende no sólo de detectar, sino de discriminar a los pacientes que realmente se benefician de la intervención. Nuestro NNE de 53 sugiere un equilibrio razonable entre sensibilidad y especificidad operativa.

Fortalezas y limitaciones. Entre las fortalezas destaca la integración de tres niveles de análisis –validación local de NEWS, evaluación clínica del ERR y análisis institucional a gran escala mediante telemetría–, así como el volumen de datos (> 468,000 evaluaciones; > 26,000 pacientes monitorizados), que fortalece la validez externa. Las limitaciones incluyen el diseño observacional retrospectivo, que impide establecer causalidad; la posibilidad de factores de confusión no medidos (cambios en prácticas clínicas, complejidad creciente de pacientes, variabilidad en activación del ERR); el carácter unicéntrico; y la ausencia de evaluación directa de costos hospitalarios, por lo que las conclusiones económicas son indirectas.

CONCLUSIONES

La integración de la escala NEWS, un equipo de respuesta rápida y un sistema de telemetría clínica, permitió detectar y estratificar de manera adecuada el deterioro clínico en pacientes hospitalizados en un hospital de tercer nivel en México. La escala NEWS demostró un desempeño predictivo aceptable para mortalidad, traslado a UCI, ventilación mecánica invasiva y uso de vasopresor; y la implementación del ERR se asoció a una reducción de 30.5% en códigos azules. El bajo número necesario para evaluar (NNE = 53) sugiere que el sistema actúa como un filtro clínico eficiente, optimizando el balance entre beneficio y uso de recursos. La eficacia de estos sistemas depende no únicamente de la sensibilidad de la herramienta de detección, sino de

la capacidad para seleccionar adecuadamente a los pacientes que realmente se benefician de la intervención.

REFERENCIAS

1. Hodgetts TJ, Kenward G, Vlachonikolis IG, Payne S, Castle N. The identification of risk factors for cardiac arrest and formulation of activation criteria to alert a medical emergency team. *Resuscitation*. 2002;54(2):125-131.
2. Lyons PG, Edelson DP, Churpek MM. Rapid response systems. *Resuscitation*. 2018;128:191-197.
3. Buist M, Bernard S, Nguyen TV, Moore G, Anderson J. Association between clinically abnormal observations and subsequent in-hospital mortality: a prospective study. *Resuscitation*. 2004;62(2):137-141.
4. Devita MA, Bellomo R, Hillman K, et al. Findings of the first consensus conference on medical emergency teams. *Crit Care Med*. 2006;34(9):2463-78.
5. Joint Commission International. *Accreditation Standards for Hospitals*. 7th ed. Oakbrook Terrace: Joint Commission International; 2020.
6. Jones DA, DeVita MA, Bellomo R. Rapid-response teams. *N Engl J Med*. 2011;365(2):139-146.
7. Lee A, Bishop G, Hillman KM, Daffurn K. The medical emergency team. *Anaesth Intensive Care*. 1995;23(2):183-186.
8. DeVita MA, Smith GB, Adam SK, et al. "Identifying the hospitalised patient in crisis"—a consensus conference on the afferent limb of rapid response systems. *Resuscitation*. 2010;81(4):375-382.
9. Hillman K, Chen J, Cretikos M, et al. Introduction of the medical emergency team (MET) system: a cluster-randomised controlled trial. *Lancet*. 2005;365(9477):2091-2097.
10. Chan PS, Khalid A, Longmore LS, Berg RA, Kosiborod M, Spertus JA. Hospital-wide code rates and mortality before and after implementation of a rapid response team. *JAMA*. 2008;300(21):2506-2513.
11. Winters BD, Pham JC, Hunt EA, Guallar E, Berenholtz S, Pronovost PJ. Rapid response systems: a systematic review. *Crit Care Med*. 2007;35(5):1238-1243.
12. Maharaj R, Raffaele I, Wendon J. Rapid response systems: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2015;19(1):254.
13. Al-Omari A, Al Mutair A, Aljamaan F. Outcomes of rapid response team implementation in tertiary private hospitals: a prospective cohort study. *Int J Emerg Med*. 2019;12(1):31.
14. Solomon RS, Corwin GS, Barclay DC, Quddusi SF, Dannenberg MD. Effectiveness of rapid response teams on rates of in-hospital cardiopulmonary arrest and mortality: a systematic review and meta-analysis. *J Hosp Med*. 2016;11(6):438-445.
15. Chen J, Bellomo R, Flabouris A, Hillman K, Finfer S; MERIT Study Investigators. The relationship between early emergency team calls and serious adverse events. *Crit Care Med*. 2009;37(1):148-153.
16. Smith GB, Prytherch DR, Meredith P, Schmidt PE, Featherstone PI. The ability of the National Early Warning Score (NEWS) to discriminate patients at risk of early cardiac arrest, unanticipated intensive care unit admission, and death. *Resuscitation*. 2013;84(4):465-470.

17. Chen J, Ou L, Hillman K, et al. The impact of implementing a rapid response system: a comparison of cardiopulmonary arrests and mortality among four teaching hospitals in Australia. *Resuscitation*. 2014;85(9):1275-1281.
18. Hall KK, Lim A, Gale B. The use of rapid response teams to reduce failure to rescue events: a systematic review. *J Patient Saf*. 2020;16(3S Suppl 1):S3-S7.
19. Monares Zepeda E, Galindo CA, Aguirre Sánchez JS, Franco Granillo J. Equipo de respuesta rápida: utilidad y desempeño

en un Hospital de Tercer Nivel. *Med Crit*. 2017;31(4):195-201. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-84332016000100005

Correspondencia:

Dra. Stephanie Paola Sansón Tinoco

E-mail: spaolasanson@gmail.com



Impacto de la humanización en cuidados críticos sobre la satisfacción familiar: un estudio observacional y transversal mediante el instrumento FS-ICU 34 en un hospital privado de tercer nivel en México

Impact of humanization in critical care on family satisfaction: a cross-sectional observational study using the FS-ICU 34 instrument at a private tertiary-care hospital in Mexico

Daniel Rueda Ojeda,* Dulce María Benita Dector Lira,* Diana Enríquez Santos,* Eduardo Mercado Cruz*

RESUMEN

Introducción: los avances tecnológicos en cuidados intensivos han mejorado la supervivencia; sin embargo, la humanización sigue siendo un reto para garantizar el bienestar emocional de pacientes y familiares. **Objetivo:** evaluar el nivel de satisfacción de los familiares de pacientes en áreas críticas de un hospital particular de tercer nivel en México, mediante la versión validada al español del cuestionario FS-ICU 34 a las 72 horas del ingreso. **Material y métodos:** estudio observacional, descriptivo y transversal en una muestra de 144 familiares (muestreo no probabilístico). Los puntajes brutos del FS-ICU 34 se transformaron a una escala de 0 a 100, donde 0 representa la menor satisfacción y 100 la máxima. El análisis incluyó estadística descriptiva y pruebas inferenciales (t de Student y ANOVA para comparación de medias según variables sociodemográficas, y coeficientes de correlación de Pearson); se consideró un valor $p < 0.05$ como significativo. **Resultados:** la satisfacción general media fue de 80.97 ± 9.69 (IC95% 79.37-82.56). Los dominios con mayor puntaje fueron la competencia percibida del personal médico (86.63 ± 16.96) y de enfermería (83.33 ± 17.74). Se identificaron puntajes consistentemente menores en las dimensiones de comunicación, toma de decisiones compartida y soporte emocional/espiritual (53.54 ± 33.29). **Conclusiones:** existe un nivel de satisfacción global elevado, condicionado principalmente por la confianza en la capacidad técnica del equipo. Sin embargo, para consolidar la humanización de los cuidados críticos, es imperativo sistematizar la evaluación de la experiencia familiar y fortalecer las estrategias de comunicación efectiva, así como integrar formalmente el acompañamiento pastoral y el soporte emocional en los protocolos de atención.

Palabras clave: terapia intensiva humanizada, satisfacción de familiares, FS-ICU 34, calidad de la atención, medicina crítica.

ABSTRACT

Introduction: technological advancements in intensive care have significantly improved survival rates; however, humanization remains a challenge in ensuring the emotional well-being of both patients and their families. **Objective:** to evaluate the level of satisfaction among family members of patients admitted to critical care units at a private tertiary care hospital in Mexico, utilizing the validated Spanish version of the FS-ICU 34 questionnaire 72 hours after admission. **Material and methods:** an observational, descriptive, and cross-sectional study was conducted with a sample of 144 family members (non-probabilistic sampling). Raw FS-ICU 34 scores were transformed into a 0-100 scale, where 0 represents the lowest satisfaction and 100 the highest. The analysis included descriptive statistics and inferential testing (Student's t-test and ANOVA for mean comparisons based on sociodemographic variables, and Pearson correlation coefficients); a p-value < 0.05 was considered statistically significant. **Results:** the mean overall satisfaction score was 80.97 ± 9.69 ; 95%CI: 79.37-82.56. The highest-scoring domains were the perceived competence of medical staff (86.63 ± 16.96) and nursing staff (83.33 ± 17.74). Consistently lower scores were identified in the dimensions of communication, shared decision-making, and emotional/spiritual support (53.54 ± 33.29). **Conclusions:** there is a high level of overall satisfaction, primarily

driven by confidence in the clinical and technical expertise of the healthcare team. However, to consolidate the humanization of critical care, it is imperative to systematize the evaluation of family experience and strengthen effective communication strategies, as well as formally integrate pastoral care and emotional support into clinical practice protocols.

Keywords: humanized intensive care, family satisfaction, FS-ICU 34, quality of care, critical care medicine.

Abreviaturas:

FS-ICU = Family Satisfaction Intensive Care Unit (Satisfacción Familiar en la Unidad de Cuidados Intensivos)

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la atención en las unidades de terapia intensiva ha experimentado una evolución notable impulsada por los avances tecnológicos que han mejorado significativamente las tasas de supervivencia.^{1,2} No obstante, este enfoque tradicional, centrado primordialmente en el manejo fisiológico y la supervivencia, suele omitir la experiencia emocional y psicológica de los familiares.^{3,4} Investigaciones recientes subrayan que la percepción de la familia sobre la calidad de la atención es un determinante fundamental de la satisfacción general y del bienestar emocional de los cuidadores.^{1,2,5} Ante este escenario, ha surgido la necesidad de la humanización de los cuidados críticos, ejemplificada por iniciativas como el proyecto HU-CI (Humanizando los Cuidados Intensivos).^{4,6,7}

Este modelo propone una transición hacia una atención centrada en el paciente y su familia, promueve estrategias como la flexibilización de los horarios de visita, la comunicación médico-familia efectiva y la integración activa de los allegados en el proceso de cuidado.^{1,3} Se ha demostrado que este enfoque no sólo mejora la satisfacción percibida, sino que reduce la incidencia de ansiedad, estrés y síndrome de estrés postraumático en el entorno familiar.⁴

Un desafío para consolidar estos modelos es la medición objetiva de sus beneficios. Para ello, se han validado herramientas estandarizadas como el cuestionario FS-ICU 34 (Family Satisfaction in the Intensive Care Unit).³ Este instrumento evalúa dimensiones críticas

* Facultad Mexicana de Medicina, Universidad La Salle México. México.

Recibido: 13/03/2026. Aceptado: 26/04/2026.

Citar como: Rueda OD, Dector LDMB, Enríquez SD, Mercado CE. Impacto de la humanización en cuidados críticos sobre la satisfacción familiar: un estudio observacional y transversal mediante el instrumento FS-ICU 34 en un hospital privado de tercer nivel en México. Med Crit. 2026;40(4):301-307. <https://dx.doi.org/10.35366/124253>

www.medigraphic.com/medicinacritica

como la competencia técnica del personal, el soporte emocional recibido y la calidad de la comunicación en la toma de decisiones compartidas.^{1,3}

A nivel internacional, la implementación y el estudio de modelos de humanización de los cuidados críticos han cobrado una relevancia significativa. Investigaciones multicéntricas destacadas en el Reino Unido, Australia y Noruega,⁸⁻¹¹ emplearon el cuestionario FS-ICU 34 para analizar la percepción de la calidad de la atención desde la perspectiva del familiar. Además, este instrumento cuenta con traducción validada en varios idiomas, incluido el español.⁴

En contraste, dentro del contexto de México y América Latina, la generación de evidencia científica objetiva sobre la humanización de los cuidados críticos sigue siendo incipiente, lo que resalta la necesidad de documentar experiencias locales que sirvan como referencia para transitar hacia una medicina crítica más empática y participativa en la región.^{8,12}

En México, un hospital particular de tercer nivel de atención se encuentra en proceso de implementación de políticas enfocadas a humanizar los cuidados críticos y priorizar la participación familiar. Sin embargo, los esfuerzos realizados en dicha institución no se han evaluado formalmente y, por ende, se desconoce la percepción de los familiares sobre la satisfacción con dichas políticas.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el nivel de satisfacción de los familiares de pacientes ingresados en áreas críticas de un hospital particular de tercer nivel de atención mediante la aplicación del cuestionario FS-ICU 34 a las 72 horas del ingreso.

MATERIAL Y MÉTODOS

Contexto: el estudio se realizó en las áreas de cuidados críticos (Unidad de Cuidados Intensivos Adultos) de un hospital privado de tercer nivel de atención ubicado en la Ciudad de México. Dicha institución se encuentra consolidando políticas de humanización, priorizando la atención centrada en el paciente y su familia, fomentando la participación de los cuidadores y brindando flexibilidad en los procesos asistenciales.

Diseño: estudio observacional, descriptivo y transversal. Consistió en la aplicación del cuestionario FS-ICU 34 a los familiares o cuidadores principales de pacientes ingresados en las áreas críticas.

Población y muestreo: se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia.

Criterios de inclusión: familiares directos o cuidadores principales, mayores de 18 años, con pacientes cuya estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) fuera mínima de 72 horas. **Criterios de exclusión:** familiares con barreras de comunicación (idioma o dis-

capacidad cognitiva no compensada) o aquellos que se negaran a firmar el consentimiento informado.

Tamaño de muestra: se calculó un número inicial de 139 participantes, basado en una proporción esperada de satisfacción de 50% (máxima varianza), un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5%. Finalmente, se incluyeron 144 participantes.

Instrumento y recolección: se utilizó el cuestionario FS-ICU 34 en su versión validada al español. El instrumento evalúa dos dimensiones: satisfacción con la atención y satisfacción con la toma de decisiones/comunicación. El cuestionario fue autoadministrado (con apoyo de un investigador presente para resolver dudas técnicas) y entregado de forma física a los familiares durante el horario de visita tras cumplir las 72 horas de estancia del paciente.

Periodo del estudio: la recolección de datos se llevó a cabo del 1 de septiembre de 2025 al 28 de febrero de 2026.

Análisis estadístico: los datos fueron procesados con SPSS® versión 27. Se llevaron a cabo pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov), determinando una distribución no paramétrica en las puntuaciones de las subescalas. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar el nivel de satisfacción según variables categóricas (escolaridad del familiar, parentesco y área específica de hospitalización). Para facilitar la interpretación, los puntajes tipo Likert se transformaron a una escala de 0 (mínima satisfacción) a 100 (máxima satisfacción). Se consideró significancia estadística con un valor de $p < 0.05$.

Consideraciones éticas: el protocolo fue aprobado por el Comité de Investigación (CINV/AG01/AGO/2025) y el Comité de Ética en Investigación (CEI/AG01/AGO/2025) de la institución. La investigación se clasificó con riesgo mínimo según la normativa vigente. Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes, garantizando el anonimato y la confidencialidad de la información.

RESULTADOS

Características sociodemográficas y del contexto hospitalario. Se encuestaron 144 familiares de pacientes en áreas críticas. La muestra fue predominantemente femenina (65.97%, $n = 95$) con edad media de 45.58 ± 11.79 años. El perfil del cuidador principal recayó mayoritariamente en las hijas (26.39%) y esposas (15.28%). En cuanto a la ubicación, 45.14% de los pacientes se encontraba en cuidados intermedios, 29.17% en la UCI y 25.69% en la unidad de cuidados coronarios (*Tabla 1*).

Nivel de satisfacción global y por dominios. La satisfacción global reportada fue de 80.97 ± 19.69 (puntuación media en escala 0-100). Los puntajes más altos se

concentraron en la competencia técnica del personal, superando los 83 puntos tanto para médicos (86.63 ± 16.96) como para enfermería (83.33 ± 17.74), lo que refleja una alta confianza en la capacidad profesional del equipo (*Tabla 2*).

Por el contrario, se identificaron áreas de oportunidad críticas en el soporte no clínico:

1. Apoyo emocional y espiritual: el soporte pastoral obtuvo la valoración más baja del estudio (53.54 ± 33.29).
2. Infraestructura: la satisfacción con la sala de espera y las instalaciones físicas reportó puntajes cercanos a 70.
3. Proceso participativo: los familiares reportaron puntajes deficientes en el tiempo disponible para procesar la información (45.83 ± 33.19) y el tiempo para plantear dudas (47.92 ± 32.86) (*Tabla 3*).

Tabla 1: Variables sociodemográficas encuestadas en el FS-ICU 34.

	n (%)
Género	
Femenino	95 (65.97)
Masculino	49 (34.03)
Edad, años*	45.58 ± 11.79
Parentesco con el paciente	
Hija	38 (26.39)
Esposa	22 (15.28)
Hijo	19 (13.19)
Esposo	15 (10.42)
Pareja	15 (10.42)
Hermana	11 (7.64)
Madre	8 (5.56)
Hermano	4 (2.78)
Otro (cuidador)	12 (8.33)
Padre	0 (0.00)
Abuelo(a)	0 (0.00)
¿Vive usted con el paciente?	
Sí	84 (58.33)
No	60 (41.67)
Frecuencia de visitas	
Vive con el paciente	84 (58.33)
Más de una vez a la semana	25 (17.36)
Una vez a la semana	16 (11.11)
Una vez al mes	18 (12.50)
Una vez al año	1 (0.69)
Nunca	0 (0.00)
Lugar de residencia	
En la misma ciudad	112 (77.78)
Fuera de la ciudad	32 (22.22)

FS-ICU = Family Satisfaction Intensive Care Unit (Satisfacción Familiar en la Unidad de Cuidados Intensivos).

* Valores expresados en media $\pm$ desviación estándar.

Dinámica familiar y toma de decisiones. A pesar de que 61.11% manifestó sentirse incluido en la toma de decisiones, existe una polarización en la dinámica interna: mientras que casi la mitad reportó acuerdos en los cuidados, 29.17% manifestó conflictos familiares importantes o moderados (*Tabla 4*).

Cuidados al final de la vida. En los casos de fallecimiento, la percepción del bienestar físico del paciente fue heterogénea. El 38.29% consideró que el paciente estuvo confortable, mientras que el 27.66% percibió que su familiar sufrió intensamente en los momentos finales. El acompañamiento del personal en esta etapa fue valorado como neutral o insuficiente por casi un tercio de los familiares (*Tabla 5*).

Análisis comparativo por unidad. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las tres unidades evaluadas ($p > 0.05$). No obstante, desde una perspectiva de relevancia clínica, se observa que la UCI reportó una satisfacción general sensiblemente menor (74.00) en comparación con cuidados intermedios (83.79) y coronarios (83.45). Esta brecha de casi 10 puntos sugiere una mayor carga de estrés o barreras de comunicación más pronunciadas en la UCI (*Tabla 6*).

DISCUSIÓN

El modelo de humanización implementado en las áreas críticas del hospital evaluado se fundamenta en la atención centrada en el paciente y su familia. Estrategias como la política de «puertas abiertas», la flexibilización de horarios y la integración de los allegados en cuidados básicos buscan reducir el aislamiento y la angustia familiar. La literatura internacional respalda este enfoque, señalando que no sólo eleva la satisfacción, sino que mitiga la incidencia de ansiedad y trastorno de estrés postraumático (TEPT) en el entorno familiar.^{2,3,8}

En este estudio, la satisfacción global fue de 80.97 ± 9.69 . Aunque este valor refleja áreas de oportunidad, es comparable con estándares de países desarrollados como el Reino Unido (76%) y Australia (82%).^{13,14} Es crucial entender que una puntuación que no alcance el máximo no necesariamente implica una falla en la gestión, sino que refleja la alta carga emocional intrínseca a la hospitalización crítica, la cual condiciona la percepción del familiar independientemente del trato recibido.

Se observó una brecha relevante entre la satisfacción con los cuidados clínicos (médicos: 86.63; enfermería: 83.33) frente a la dimensión de comunicación y soporte emocional (69.06) (*Tablas 2 y 4*). Esta discrepancia sugiere que, a pesar de los programas de humanización, persiste una priorización de la excelencia técnica y la seguridad clínica sobre el acompañamiento emocional. Este último se ve vulnerado por la carga laboral y la falta de espacios arquitectónicos privados para el desahogo familiar.^{15,16}

Tabla 2: Satisfacción con los cuidados evaluados mediante el cuestionario FS-ICU 34.

	N	Media $\pm$ DE	IC95%
¿Cómo tratamos a su familiar?			
Preocupación y cuidados del personal de la UCI: cortesía y compasión hacia el paciente.	144	83.85 $\pm$ 17.85	80.91-86.80
Manejo de los síntomas: ¿cómo se valoraron y trataron los síntomas de su familiar por parte del personal de la UCI?			
Manejo del dolor	141	76.24 $\pm$ 22.82	72.44-80.04
Manejo de la disnea (falta de aire)	135	77.41 $\pm$ 22.21	73.63-81.19
Manejo de agitación	129	76.94 $\pm$ 23.30	72.88-81.00
¿Cómo fue el trato con usted? Consideración de las necesidades del familiar			
¿Cómo fue el interés mostrado por sus necesidades por el personal de la UCI?	144	81.08 $\pm$ 21.57	77.52-84.63
Apoyo emocional	143	69.06 $\pm$ 28.76	64.30-73.81
Apoyo espiritual	127	53.54 $\pm$ 33.29	47.70-59.39
Coordinación del cuidado	144	78.65 $\pm$ 21.92	75.04-82.26
Cortesía y compasión hacia el familiar	144	80.21 $\pm$ 22.49	76.50-83.91
Personal de enfermería			
Competencia del personal de enfermería	144	83.33 $\pm$ 17.74	80.41-86.26
Frecuencia de comunicación con enfermería	144	76.56 $\pm$ 23.13	72.75-80.37
Personal médico			
Competencia de los médicos de la UCI	144	86.63 $\pm$ 16.96	83.84-89.43
Frecuencia de comunicación con los médicos	144	76.39 $\pm$ 22.86	72.62-80.15
Otros miembros del equipo de la UCI			
Servicios sociales	132	79.92 $\pm$ 21.50	76.22-83.63
Servicio pastoral (religioso)	124	53.02 $\pm$ 31.17	47.48-58.56
La unidad de cuidados intensivos			
Ambiente en la UCI	144	69.79 $\pm$ 24.71	65.72-73.86
La sala de espera			
Ambiente en la sala de espera	144	70.14 $\pm$ 24.61	66.09-74.19
Revisión de la atención y cuidados que usted y su familiar recibieron			
Satisfacción general de la experiencia	144	80.97 $\pm$ 19.69	77.73-84.22

DE = desviación estándar. FS-ICU = *Family Satisfaction Intensive Care Unit* (Satisfacción Familiar en la Unidad de Cuidados Intensivos). IC95% = intervalo de confianza de 95%. UCI = Unidad de Cuidados Intensivos.

Tabla 3: Satisfacción de la familia con la toma de decisiones en torno a los cuidados de los pacientes críticos (N = 144).

	Media $\pm$ DE	IC95%
Necesidades de información		
Facilidad para obtener información	77.95 $\pm$ 22.22	74.29-81.61
Comprensión de la información	74.13 $\pm$ 24.63	70.07-78.19
Honestidad de la información	76.91 $\pm$ 23.48	73.04-80.78
Exhaustividad de la información	73.26 $\pm$ 25.72	69.03-77.50
Coherencia de la información	76.91 $\pm$ 23.11	73.10-80.72
Proceso de toma de decisiones		
Inclusión en el proceso de toma de decisiones	64.76 $\pm$ 28.88	60.00-69.51
Implicación en el momento adecuado	81.60 $\pm$ 30.00	76.65-86.54
Cantidad de información apropiada para decidir	65.97 $\pm$ 47.55	58.14-73.80
Tiempo necesario para procesar la información	45.83 $\pm$ 33.19	40.37-51.30
Percepción de apoyo en la toma de decisiones	63.02 $\pm$ 30.29	58.03-68.01
Sensación de control sobre los cuidados	56.08 $\pm$ 29.16	51.27-60.88
Esperanza brindada sobre la recuperación	62.33 $\pm$ 37.75	56.11-68.54
Acuerdo familiar sobre los cuidados	56.94 $\pm$ 32.04	51.67-62.22
Tiempo para plantear dudas y preocupaciones	47.92 $\pm$ 32.86	42.50-53.33
¿Qué grado de satisfacción con la cantidad de cuidados que se prestaron a su familiar?	80.97 $\pm$ 19.69	77.73-84.22
Satisfacción con el papel en la toma de decisiones respecto a la salud de su familiar	70.83 $\pm$ 23.40	66.98-74.69

DE = desviación estándar. IC95% = intervalo de confianza de 95%.

Las valoraciones más bajas correspondieron al tiempo para procesar información y resolver dudas. Es pertinente considerar que la aplicación del cuestionario a las 72 horas del ingreso coincide con la fase de mayor

impacto emocional y densidad de información inicial, lo que puede saturar la capacidad cognitiva de los familiares y actuar como una barrera para la comunicación efectiva.^{17,18}

Limitaciones: la ausencia de una medición basal previa a las políticas de humanización impide cuantificar el impacto neto del programa frente al modelo tradicional. Asimismo, el diseño transversal y el muestreo por conveniencia ofrecen una visión estática; futuras investigaciones deberían explorar la evolución de la experiencia familiar mediante diseños longitudinales y multicéntricos.

Recomendaciones para la práctica clínica. Con el propósito de fortalecer el modelo de humanización y elevar la satisfacción global en las unidades de cuidados críticos, se proponen las siguientes cuatro acciones estratégicas:

1. Aumentar la participación familiar: establecer « rondas de familia » durante el pase de visita matutino. La integración temprana asegura que el familiar se sienta implicado en la toma de decisiones y fortalece su percepción de control.

Tabla 4: Percepción de la calidad encuestada en el FS-ICU 34.

	n (%)
¿Se sintió incluido/a en el proceso de toma de decisiones?	
Me sentí muy excluido/a	9 (6.25)
Me sentí algo excluido/a	18 (12.50)
Ni excluido/a ni incluido/a	29 (20.14)
Me sentí algo incluido/a	55 (38.19)
Me sentí muy incluido/a	33 (22.92)
¿Recibió la cantidad de información apropiada para decidir?	
Recibí demasiada información	18 (12.50)
Recibí información suficiente	95 (65.97)
Recibí poca información	31 (21.53)
¿Tuvo el tiempo necesario para pensar la información?	
Podría haber tenido más tiempo	38 (26.39)
Tuve tiempo suficiente	80 (55.56)
Tuve más que suficiente tiempo	26 (18.06)
¿Se sintió apoyado/a en la toma de decisiones?	
Me sentí totalmente agobiado/a	7 (4.86)
Me sentí algo agobiado/a	30 (20.83)
Ni agobiado/a ni apoyado/a	24 (16.67)
Me sentí apoyado/a	47 (32.64)
Me sentí muy apoyado/a	36 (25.00)
¿Sintió que se le dio suficiente esperanza?	
Ninguna esperanza	7 (4.86)
Poca esperanza	26 (18.06)
Esperanza insuficiente	37 (25.69)
Mucha esperanza	49 (34.03)
Demasiada esperanza	25 (17.36)
¿Hubo acuerdo familiar sobre los cuidados?	
Conflictos importantes	15 (10.42)
Algunos conflictos	27 (18.75)
Ni conflicto ni acuerdo	36 (25.00)
Acuerdo	35 (24.31)
Fuerte acuerdo	31 (21.53)
¿Tuvo tiempo para plantear sus preocupaciones?	
Podría haber dedicado más tiempo	34 (23.61)
Tuve el tiempo adecuado	82 (56.94)
Tuve más que suficiente tiempo	28 (19.44)

FS-ICU = Family Satisfaction Intensive Care Unit (Satisfacción Familiar en la Unidad de Cuidados Intensivos).

Tabla 5: Satisfacción de los familiares con relación a los cuidados al final de la vida de los pacientes.

	n (%)
Punto de vista sobre la duración de la vida	
Prolongada innecesariamente	3 (6.38)
Ligeramente prolongada	15 (31.91)
Ni alargada ni acortada	22 (46.81)
Ligeramente acortada	5 (10.64)
Acortada innecesariamente	2 (4.26)
Nivel de confort del paciente al final	
Sufriendo mucho	13 (27.66)
Sufriendo algo	16 (34.04)
Bastante confortable	11 (23.40)
Muy confortable	4 (8.51)
Completamente confortable	3 (6.38)
Sentimiento de apoyo/abandono del equipo	
Muy abandonado/a	1 (2.13)
Abandonado/a	7 (14.89)
Ni abandonado/a ni apoyado/a	15 (31.91)
Apoyado/a	14 (29.79)
Muy apoyado/a	10 (21.28)

2. Fortalecer el soporte emocional y espiritual: integrar formalmente el acompañamiento pastoral, establecer convenios con diversos servicios religiosos y crear una «sala de silencio» para atender las necesidades espirituales de los familiares.
3. Capacitación del personal en habilidades blandas: implementar programas permanentes de comunicación empática y estrategias de mindfulness para el personal de salud, brindándoles herramientas para gestionar el soporte emocional de las familias.
4. Evaluación continua y retroalimentación: disponer de sistemas de monitoreo (buzones digitales o encuestas breves) para detectar áreas de insatisfacción en tiempo real y sistematizar la aplicación periódica del instrumento FS-ICU 34 como indicador de calidad institucional.

CONCLUSIONES

Las políticas de humanización implementadas en las áreas críticas del hospital evaluado han logrado consolidar una percepción de alta calidad en la atención y el trato digno. Esto se refleja en la elevada satisfacción con la competencia técnica del personal (médicos: 86.63; enfermería: 83.33); sin embargo, los hallazgos revelan que la excelencia clínica, aunque indispensable, es insuficiente para alcanzar la satisfacción plena si no se acompaña de un soporte emocional y espiritual integral, rubro que presentó la valoración más baja del estudio (53.54).

En este sentido, el futuro de la humanización de los cuidados críticos debe trascender las políticas de «puertas abiertas» para centrarse en la integración temprana y activa de la familia durante todo el proceso

Tabla 6: Satisfacción global: comparación de la satisfacción global en las tres terapias.

	Unidad			p
	Intensiva Media ± DE [IC95%]	Intermedia Media ± DE [IC95%]	Coronaria Media ± DE [IC95%]	
Preocupación y cuidados del personal	83.12 ± 19.93 [76.75-89.50]	87.07 ± 17.67 [82.42-91.72]	84.48 ± 15.55 [78.57-90.40]	0.576371
Consideración de sus necesidades	76.88 ± 23.61 [69.33-84.42]	84.91 ± 20.91 [79.42-90.41]	81.90 ± 22.06 [73.51-90.29]	0.394418
Apoyo espiritual	50.62 ± 33.25 [39.99-61.26]	57.33 ± 32.11 [48.89-65.77]	50.00 ± 35.98 [36.31-63.69]	0.498941
Habilidades del personal de enfermería	80.62 ± 17.44 [75.05-86.20]	87.07 ± 18.28 [82.26-91.88]	82.76 ± 16.51 [76.48-89.04]	0.281813
Habilidades de los médicos	88.12 ± 16.00 [83.01-93.24]	89.22 ± 17.59 [84.60-93.85]	85.34 ± 15.69 [79.38-91.31]	0.292022
Satisfacción general de la experiencia	74.00 ± 24.47 [66.17-81.83]	83.79 ± 17.75 [79.13-88.46]	83.45 ± 16.10 [77.33-89.57]	0.10456
Satisfacción con cantidad de cuidados	78.50 ± 23.27 [71.06-85.94]	85.17 ± 15.70 [81.04-89.30]	78.62 ± 23.26 [69.77-87.47]	0.470365
Papel en la toma de decisiones	69.00 ± 27.90 [60.08-77.92]	72.76 ± 22.38 [66.87-78.64]	68.97 ± 23.04 [60.20-77.73]	0.8661107

DE = desviación estándar. IC95% = intervalo de confianza de 95%.

asistencial. Es imperativo que las instituciones no sólo permitan el acceso físico, sino que faciliten los tiempos y espacios necesarios para que el familiar comprenda y participe en la toma de decisiones.

Finalmente, aunque el presente estudio presenta limitaciones por su diseño unicéntrico y muestreo por conveniencia, los resultados ofrecen una hoja de ruta clara para la implementación de acciones estratégicas en otras unidades de cuidados críticos. Se subraya la necesidad de desarrollar futuros estudios multicéntricos y longitudinales que evalúen el impacto de estas intervenciones a largo plazo, consolidando la humanización como un estándar de calidad y un indicador de gestión fundamental en la medicina crítica contemporánea.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad La Salle México, en especial a la Facultad Mexicana de Medicina, también al Dr. Eduardo Mercado Cruz por su asesoría y paciencia en la elaboración de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Calle GH, Martin MC, Nin N. Seeking to humanize intensive care. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2017;29(1):9-13. doi: 10.5935/0103-507X.20170003.

2. Rodríguez-Ruiz E, Latour JM, van Mol MMC. Promoting an inclusive and humanised environment in the intensive care unit: shift happens. *Intensive Crit Care Nurs*. 2025;86:103856. doi: 10.1016/j.iccn.2024.103856.

3. Van Den Broek JM, Brunsveld-Reinders AH, Zedlitz AM, Girbes ARJ, De Jonge E, Arbous MS. Questionnaires on family satisfaction in the adult ICU: a systematic review including

psychometric properties. *Crit Care Med*. 2015;43(8):1731-44. doi: 10.1097/CCM.0000000000001003.

4. Baeza GI, Quispe HC. Proyecto “Humanizando los Cuidados Intensivos”, nuevo paradigma de orientación de los Cuidados Intensivos. Dossier sobre Bioética y Medicina Intensiva. Observatori de Bioètica i Dret, Universitat de Barcelona; 2020. Disponible en: www.bioeticayderecho.ub.edu

5. Rodríguez TB, Granillo JF, Rodríguez TD. Historia de la medicina crítica. *An Med (Mex)*. 2015;60(2):144-149.

6. Hospital General de México. Historia de la medicina. *Rev Med Hosp Gen Mex*. 2006;69(1):44-51.

7. Martínez ZR. Humanización en la unidad de cuidados intensivos. *Med Crít*. 2021;35(3):144-147. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-89092021000300144&lng=es. Epub 25-Oct-2021. <https://doi.org/10.35366/100003>.

8. Luviano GJA. Pasado, presente y futuro. Simposio 50 años del colegio mexicano de medicina crítica. *Med Crít*. 2023;37(6):455-457. Epub 28 de octubre de 2024.<https://doi.org/10.35366/113100>

9. Schwartz AC, Dunn SE, Simon HFM, et al. Making family-centered care for adults in the ICU a reality. *Front Psychiatry*. 2022;13:837708. doi: 10.3389/fpsyt.2022.837708.

10. Ponnappa RM, Kadam U, Lee JDY, et al. Family satisfaction with intensive care unit communication during the COVID-19 pandemic: a prospective multicentre Australian study Family Satisfaction - COVID ICU. *Intern Med J*. 2023;53(4):481-491. doi: 10.1111/imj.15964.

11. Davidson JE, Aslakson RA, Long AC, et al. Guidelines for family-centered care in the neonatal, pediatric, and adult ICU. *Crit Care Med*. 2017;45(1):103-128. doi: 10.1097/CCM.0000000000002169.

12. Rodríguez-Ruiz E, Campelo-Izquierdo M, Mansilla-Rodríguez M, et al. Measuring family-centred care practices in adult intensive care units: The EMPATHIC-F questionnaire. *Nurs Crit Care*. 2022;27(3):375-383. doi: 10.1111/nicc.12670.

13. Ferrando P, Gould DW, Walmsley E, et al. Family satisfaction with critical care in the UK: a multicentre cohort study. *BMJ Open*. 2019;9(8):e028956. doi: 10.1136/bmjopen-2019-028956.

14. Haave RO, Bakke HH, Schroder A. Family satisfaction in the intensive care unit, a cross-sectional study from Norway. *BMC Emerg Med*. 2021;21(1):20. doi: 10.1186/s12873-021-00412-8.

15. Kydonaki K, Kean S, Tocher J. Family involvement in intensive care: a qualitative exploration of critically ill patients, their families

- and critical care nurses (input study). *J Clin Nurs*. 2020;29(7-8):1115-1128. doi: 10.1111/jocn.15175. Epub 2020, Jan 21. PMID: 31889366.
16. Watson J. The theory of Human Caring: retrospective and prospective. *Nurs Sci Q*. 1997;10(1):49-52.
 17. Azoulay E, Chevret S, Leleu G, et al. Half the families of intensive care unit patients experience inadequate communication with physicians. *Crit Care Med*. 2000;28(8):3044-3049. doi: 10.1097/00003246-200008000-00061.
 18. Debaty G, Ageron FX, Minguet L, et al. More than half the families of mobile intensive care unit patients experience inadequate communication with physicians. *Intensive Care Med*. 2015;41(7):1291-1298. doi: 10.1007/s00134-015-3890-2.

Correspondencia:

Dr. Daniel Rueda Ojeda

E-mail: d.delos@hotmail.com



Prevalencia y perfil microbiológico de sobreinfecciones bacterianas y fúngicas en pacientes hospitalizados con COVID-19

Bacterial and fungal superinfections in hospitalized COVID-19 patients: a retrospective cohort study

María Dioselina Ruiz Barrera,* José de Jesús Garduño García,* Dioselina García Cortés*

RESUMEN

Introducción: las sobreinfecciones bacterianas y fúngicas representan una complicación relevante en pacientes hospitalizados con COVID-19, particularmente en aquellos con enfermedad grave, exposición a dispositivos invasivos y estancia intrahospitalaria prolongada. **Objetivo:** describir las características clínicas, microbiológicas y los perfiles de resistencia a los antimicrobianos de las sobreinfecciones bacterianas y fúngicas en pacientes hospitalizados con COVID-19. **Material y métodos:** estudio unicéntrico, observacional, descriptivo, de cohorte retrospectiva, realizado en el Hospital General Regional No. 251 del IMSS, durante el periodo de julio de 2020 a julio de 2021. Se incluyeron pacientes adultos con diagnóstico confirmado de SARS-CoV-2 mediante reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa reversa (RT-PCR), estancia hospitalaria ≥ 48 horas y al menos un cultivo positivo. Se analizaron variables demográficas, tipo de muestra, microorganismos aislados, dispositivos invasivos, desenlace clínico y perfiles de susceptibilidad antimicrobiana mediante estadística descriptiva. **Resultados:** se analizaron 197 cultivos positivos correspondientes a 62 pacientes. La edad media fue de 49 años y el 71% fueron hombres. La mortalidad fue de 58.1%. El hemocultivo fue la muestra más frecuente. La sobreinfección bacteriana se presentó en 85% y la fúngica en 15%, con predominio de bacterias gramnegativas. Los microorganismos más aislados fueron *Staphylococcus* spp., *Acinetobacter* spp., *Escherichia coli* y *Klebsiella* spp., con elevados perfiles de resistencia a los antimicrobianos. **Conclusiones:** las sobreinfecciones bacterianas y fúngicas fueron frecuentes en pacientes hospitalizados con COVID-19 y se asociaron con alta mortalidad, predominando patógenos gramnegativos multirresistentes. **Palabras clave:** COVID-19, sobreinfección bacteriana, sobreinfección fúngica, resistencia antimicrobiana, hospitalización.

ABSTRACT

Introduction: bacterial and fungal superinfections are relevant complications in hospitalized patients with COVID-19, particularly in those with severe disease, exposure to invasive devices, and prolonged hospital stay. **Objective:** to describe the clinical characteristics, microbiological findings, and antimicrobial resistance profiles of bacterial and fungal superinfections in hospitalized patients with COVID-19. **Material and methods:** a single-center, observational, descriptive, retrospective cohort study was conducted at the Regional General Hospital No. 251 of the IMSS from July 2020 to July 2021. Adult patients with confirmed SARS-CoV-2 infection by RT-PCR, hospital stay ≥ 48 hours, and at least one positive culture were included. Demographic data, sample type, isolated microorganisms, invasive devices, clinical outcomes, and antimicrobial susceptibility profiles were analyzed using descriptive statistics. **Results:** a total of 197 positive cultures from 62 patients were analyzed. Mean age was 49 years and 71% were male. Overall mortality was 58.1%. Blood cultures were the most frequent samples. Bacterial superinfection accounted for 85% of cases and fungal superinfection for 15%, with predominance of Gram-negative bacteria. The most frequently isolated microorganisms were *Staphylococcus* spp., *Acinetobacter* spp., *Escherichia coli*, and *Klebsiella* spp., showing high antimicrobial resistance rates. **Conclusions:** bacterial and fungal superinfections were frequent in hospitalized COVID-19 patients and were associated with high mortality, with predominance of multidrug-resistant Gram-negative pathogens.

Keywords: COVID-19, bacterial superinfection, fungal superinfection, antimicrobial resistance, hospitalization.

Abreviaturas:

COVID-19 = *CO*rona*V*irus *D*isease 2019 (enfermedad por coronavirus 2019)

RT-PCR = *R*everse *T*ranscription *P*olymerase *C*hain *R*eaction (reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa)

SARS-CoV-2 = *S*evere *A*cute *R*espiratory *S*yndrom *C*orona-*V*irus 2 (coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave)

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

INTRODUCCIÓN

En diciembre de 2019, en Wuhan, China, se detectó un brote de infección respiratoria relacionado con un nuevo coronavirus en pacientes que habían estado en contacto con un mercado local. El Comité Internacional de Taxonomía Viral asignó a este agente el nombre de coronavirus 2, el cual provoca el síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2). La elevada transmisibilidad y la elevada tasa de complicaciones asociadas propiciaron rápidamente una emergencia internacional de salud pública y, posteriormente, su declaración como pandemia por parte de la Organización Mundial de la Salud, con una categoría de riesgo considerable.

La familia Coronaviridae se había considerado previamente de interés limitado; no obstante, los brotes provocados por SARS-CoV en 2003 y MERS-CoV en 2012 demostraron su habilidad para generar neumonías atípicas graves con una mortalidad elevada. Desde diciembre de 2019, el surgimiento del SARS-CoV-2 y la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) han desencadenado la pandemia más amplia y severa de las últimas décadas, con consecuencias sanitarias y socioeconómicas a escala mundial.¹

Los coronavirus se identificaron por primera vez en los años 60 como virus que afectan a los animales. Más tarde, se descubrió que también pueden infectar a los humanos y causar enfermedades que varían desde infecciones leves en las vías respiratorias superiores hasta neumonía grave. Se trata de virus ARN monocatenarios de sentido positivo, con morfología esférica y proteínas espiculares en su envoltura, características que les confieren el aspecto de una corona. Son parte de la familia Coronaviridae, subfamilia Coronavirinae,

* Hospital General Regional No. 251, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), México.

Recibido: 31/01/2026. Aceptado: 08/06/2026.

Citar como: Ruiz BMD, Garduño GJJ, García CD. Prevalencia y perfil microbiológico de sobreinfecciones bacterianas y fúngicas en pacientes hospitalizados con COVID-19. Med Crit. 2026;40(4):308-315. <https://dx.doi.org/10.35366/124254>

www.medigraphic.com/medicinacritica

que se divide en cuatro grupos: *Alfacoronavirus*, *Beta-coronavirus*, *Gammacoronavirus* y *Deltacoronavirus*. De estos, los dos primeros incluyen patógenos que afectan a los humanos. Su clasificación se basa en la similitud de las secuencias genéticas que codifican siete subunidades peptídicas específicas. En la mayoría de los coronavirus, incluido SARS-CoV-2, el murciélago ha sido identificado como el principal reservorio animal.² En el género *Alfacoronavirus* se incluyen HCoV-229E y HCoV-NL63, los cuales están asociados con infecciones respiratorias leves. Por otro lado, en el género *Betacoronavirus* se incluyen HCoV-HKU1 y HCoV-OC43, los cuales son causantes de cuadros respiratorios moderados, así como MERS-CoV y SARS-CoV, que son responsables de neumonías atípicas de elevada letalidad.³ El análisis filogenético y la secuenciación completa del genoma del nuevo virus identificado en 2019 permitieron su clasificación dentro del género *Betacoronavirus*, subgénero *SARS-CoV*, con una similitud nucleotídica de 89.1%, motivo por el cual fue designado oficialmente como SARS-CoV-2.^{1,4} El 12 de enero de 2020 se confirmó su papel etiológico como agente causal de infecciones respiratorias humanas.³

El 11 de marzo de 2020, la COVID-19 fue declarada pandemia. La transmisión del SARS-CoV-2 ocurre principalmente de persona a persona a través de pequeñas gotas que se producen al hablar, toser o estornudar, especialmente en contactos cercanos de menos de dos metros. La probabilidad de contagio aumenta durante los primeros cinco días de la enfermedad y coincide con altos niveles de ARN viral, que disminuyen entre el séptimo y el décimo día de la enfermedad.^{5,6}

Sobreinfecciones y factores de riesgo. Las infecciones bacterianas y fúngicas son más comunes en pacientes hospitalizados en estado crítico, particularmente en aquellos de edad avanzada, comorbilidades sistémicas, inmunosupresión, administración de corticosteroides, ventilación mecánica y largos periodos de hospitalización o en la unidad de cuidados intensivos. No obstante, también se han descrito sobreinfecciones en pacientes inmunocompetentes con COVID-19, aunque con menor frecuencia.^{7,8}

Fisiopatología de las superinfecciones. Después de la infección viral, la alteración de los mecanismos mecánicos y de la respuesta inmunitaria del huésped deteriora las defensas del sistema respiratorio, lo que facilita la proliferación bacteriana y fúngica.⁹ La interacción entre el virus y la célula huésped induce una respuesta inflamatoria caracterizada por la liberación de citocinas proinflamatorias, como interleucina-6, interleucina-2, receptor soluble de interleucina-2 y factor de necrosis tumoral alfa, además de citocinas antiinflamatorias como interleucina-4 e interleucina-10, lo cual contribuye al daño tisular.^{10,11} En el transcurso de las infecciones virales, la síntesis de procalcitonina es in-

hibida por el interferón gamma, lo cual explica que sus niveles permanezcan dentro de los niveles normales en pacientes con COVID-19 sin complicaciones bacterianas asociadas.¹⁰

La sobreinfección se define por la presencia de signos clínicos compatibles con neumonía o bacteriemia, además del aislamiento de un nuevo patógeno en muestras respiratorias inferiores o hemocultivos obtenidos después de 48 horas del ingreso hospitalario.¹² La neumonía asociada a ventilación mecánica se diagnostica mediante la combinación de infiltrados radiológicos nuevos o progresivos, manifestaciones clínicas de infección y cultivos microbiológicos positivos.^{13,14}

La neumonía es la infección secundaria más frecuente en pacientes hospitalizados con COVID-19, seguida de bacteriemia e infecciones del tracto urinario.¹⁵ Los pacientes críticos requieren con frecuencia ventilación mecánica prolongada, sedación profunda, posición prona y bloqueo neuromuscular, factores que incrementan el riesgo de infecciones nosocomiales, particularmente neumonía asociada a ventilador, cuya incidencia se ha reportado entre 21 y 88% en diferentes series.^{16,17} Aunque algunos estudios han reportado tasas bajas de bacteriemia verdadera en pacientes con COVID-19, hallazgos similares se describieron previamente en pacientes con SARS.¹⁸

En naciones en vías de desarrollo como México, donde se encuentra una carga considerable de microorganismos multirresistentes en el ambiente hospitalario, las sobreinfecciones asociadas al COVID-19 constituyen un desafío adicional y pueden contribuir al aumento de la mortalidad. Resulta necesario generar evidencia que incorpore elementos clínicos, microbiológicos y epidemiológicos, con el propósito de optimizar las estrategias de uso racional de antimicrobianos. En este contexto, el presente estudio describe un análisis retrospectivo de las características y desenlaces de pacientes con infecciones bacterianas documentadas por cultivo y diagnóstico de SARS-CoV-2/COVID-19 en un hospital de segundo nivel.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio de cohorte retrospectiva unicéntrica, observacional y descriptivo en el Hospital General Regional No. 251 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), situado en Metepec, Estado de México, durante el periodo comprendido entre julio de 2020 y julio de 2021.

La población de estudio estuvo constituida por pacientes adultos (≥ 18 años) hospitalizados en el servicio de medicina interna con diagnóstico confirmado de infección por SARS-CoV-2 mediante prueba de reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa reversa (RT-PCR), con una estancia intrahospitalaria mínima de

48 horas y al menos un cultivo microbiológico positivo documentado durante su hospitalización.

Se incorporaron pacientes de ambos géneros, diagnosticados con COVID-19 de origen comunitario o nosocomial, sin evidencia de infección bacteriana o fúngica activa al momento de su ingreso. Se excluyeron pacientes menores de 18 años, aquellos con infección asociada a la atención sanitaria documentada al ingreso o importada de otra unidad hospitalaria, pacientes con estancia hospitalaria menor a 48 horas, pacientes con prueba RT-PCR negativa para SARS-CoV-2 y aquellos con expediente clínico incompleto.

La identificación de los casos se realizó mediante la revisión de la base de datos institucional del Sistema Institucional de Organización de Cultivos (SIOC) y la corroboración del diagnóstico de COVID-19 con el Servicio de Epidemiología. Se revisaron los expedientes clínicos electrónicos para la obtención de variables demográficas, clínicas y microbiológicas.

Las variables analizadas incluyeron edad, sexo, comorbilidades, días de estancia intrahospitalaria, tipo de egreso, presencia de dispositivos invasivos (tubo endotraqueal, catéter venoso central, sonda urinaria, catéter para hemodiálisis y catéter intraperitoneal), tipo de muestra microbiológica (hemocultivo, cultivo de secreción bronquial, urocultivo y otros), microorganismos aislados y perfiles de susceptibilidad antimicrobiana. Para el análisis microbiológico, se consideró únicamente el primer aislamiento por sitio y microorganismo, clasificando los aislamientos repetidos como infecciones persistentes.

Los cultivos de microorganismos y los antibiogramas se realizaron siguiendo los protocolos del laboratorio clínico, usando métodos estándar para identificar bacterias y hongos, así como para determinar su sensibilidad a los antimicrobianos.

RESULTADOS

Durante el periodo comprendido entre julio de 2020 y julio de 2021, se identificaron 866 cultivos positivos realizados en el Hospital General Regional No. 251 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Tras la aplicación de los criterios de exclusión, se eliminaron cultivos correspondientes a pacientes menores de 18 años, procedentes de otros servicios hospitalarios, con estancia intrahospitalaria menor a 48 horas, sin diagnóstico confirmado de COVID-19 mediante RT-PCR o con expediente clínico incompleto. Posteriormente, se incluyeron 197 cultivos positivos correspondientes a 62 pacientes con diagnóstico confirmado de COVID-19, los cuales constituyeron la población final de estudio. El proceso de selección de los cultivos y pacientes incluidos se muestra en la [Figura 1](#).

Características generales de la población. La edad media de la población fue de 49 ± 15.36 años,

con una mediana de 50 años (rango intercuartílico 38-61 años). Se observó un predominio del sexo masculino, con 44 pacientes (71%), mientras que 18 pacientes (29%) correspondieron al sexo femenino.

Durante la evolución clínica intrahospitalaria, 36 pacientes (58.1%) fallecieron, 25 pacientes (40.3%) egresaron por mejoría clínica y un paciente (1.6%) fue egresado por alta voluntaria.

La estancia hospitalaria presentó una media de 25.83 ± 16.76 días, con una mediana de 22 días y un rango que osciló entre 4 y 81 días. La mayoría de los pacientes presentaron evidencia radiológica de compromiso pulmonar, documentándose neumonía en 51 pacientes (82.3%) mediante estudios de imagen.

En relación con las comorbilidades, las más frecuentes fueron diabetes mellitus tipo 2 y obesidad, seguidas en menor proporción por hipertensión arterial sistémica y enfermedad pulmonar crónica.

Estos hallazgos reflejan el perfil clínico predominante de pacientes hospitalizados con COVID-19 en el contexto del sistema hospitalario regional, caracterizado por alta carga de enfermedad metabólica y elevada gravedad clínica.

Distribución de cultivos. De los 197 cultivos positivos inicialmente identificados, 31 cultivos (16%) fueron clasificados como infecciones persistentes (mismo paciente, mismo sitio anatómico y mismo microorganismo aislado), por lo que fueron excluidos del análisis microbiológico principal para evitar duplicación de resultados.

De esta forma, el análisis final incluyó 166 cultivos microbiológicos, con una media de 4.4 ± 3.07 cultivos por paciente y una mediana de 3 cultivos por paciente.

En cuanto al tipo de muestra microbiológica, el hemocultivo fue el tipo de cultivo más frecuente, representando aproximadamente 52.4% de las muestras, seguido de cultivos de secreción bronquial (27.1%), urocultivos (13.3%); otros cultivos que incluyeron muestras de herida quirúrgica y cultivos asociados a catéter intraperitoneal (7.2%).

Respecto a los dispositivos invasivos utilizados durante la hospitalización, el tubo endotraqueal fue el dispositivo más frecuentemente asociado con la obtención de cultivos positivos, seguido del catéter venoso central, la sonda urinaria y otros dispositivos invasivos. Estos hallazgos reflejan la elevada exposición a procedimientos invasivos en pacientes con COVID-19 grave, particularmente aquellos que requieren soporte ventilatorio y acceso vascular prolongado.

Tipo de sobreinfección. En relación con el tipo de sobreinfección documentada, 85% de los casos correspondieron a sobreinfecciones bacterianas, mientras que 15% fueron sobreinfecciones fúngicas, lo que confirma el predominio de infecciones bacterianas secundarias en pacientes hospitalizados con COVID-19. Esta distribución se ilustra en la [Figura 2](#).

Desde el punto de vista clínico, estos resultados sugieren que las infecciones bacterianas oportunistas representan una complicación frecuente en pacientes con COVID-19 hospitalizados, especialmente en aquellos con estancias prolongadas, ventilación mecánica o múltiples dispositivos invasivos.

Microorganismos aislados. En el análisis microbiológico se identificaron 29 microorganismos diferentes, agrupados en bacterias gramnegativas, bacterias grampositivas y hongos.

De forma global, se observó un predominio de bacterias gramnegativas (63.8%) sobre bacterias grampositivas (36.2%), lo cual coincide con los patrones epidemiológicos descritos en infecciones nosocomiales asociadas a pacientes críticos.

Los microorganismos aislados con mayor frecuencia fueron *Staphylococcus spp.* (22.89%) y *Acinetobacter*

spp. (22.28%), seguidos de *Candida spp.* (15.06%), *Escherichia coli* (12.04%) y *Klebsiella spp.* (7.83%). En menor proporción se identificaron *Enterococcus spp.* (6.02%), *Stenotrophomonas spp.* (4.81%) y *Pseudomonas spp.* (3.61%). La distribución global de los microorganismos aislados se muestra en la [Figura 3](#).

El análisis según el tipo de muestra microbiológica evidenció diferencias en el patrón etiológico. En los hemocultivos, el microorganismo aislado con mayor frecuencia fue *Staphylococcus spp.*, seguido de *Enterococcus spp.*, lo cual sugiere una importante participación de bacterias grampositivas en infecciones del torrente sanguíneo.

En los cultivos de secreción bronquial, el patógeno predominante fue *Acinetobacter spp.*, seguido de *Candida spp.*, lo cual sugiere una importante participación de patógenos oportunistas y microorganismos asociados a ventilación mecánica.

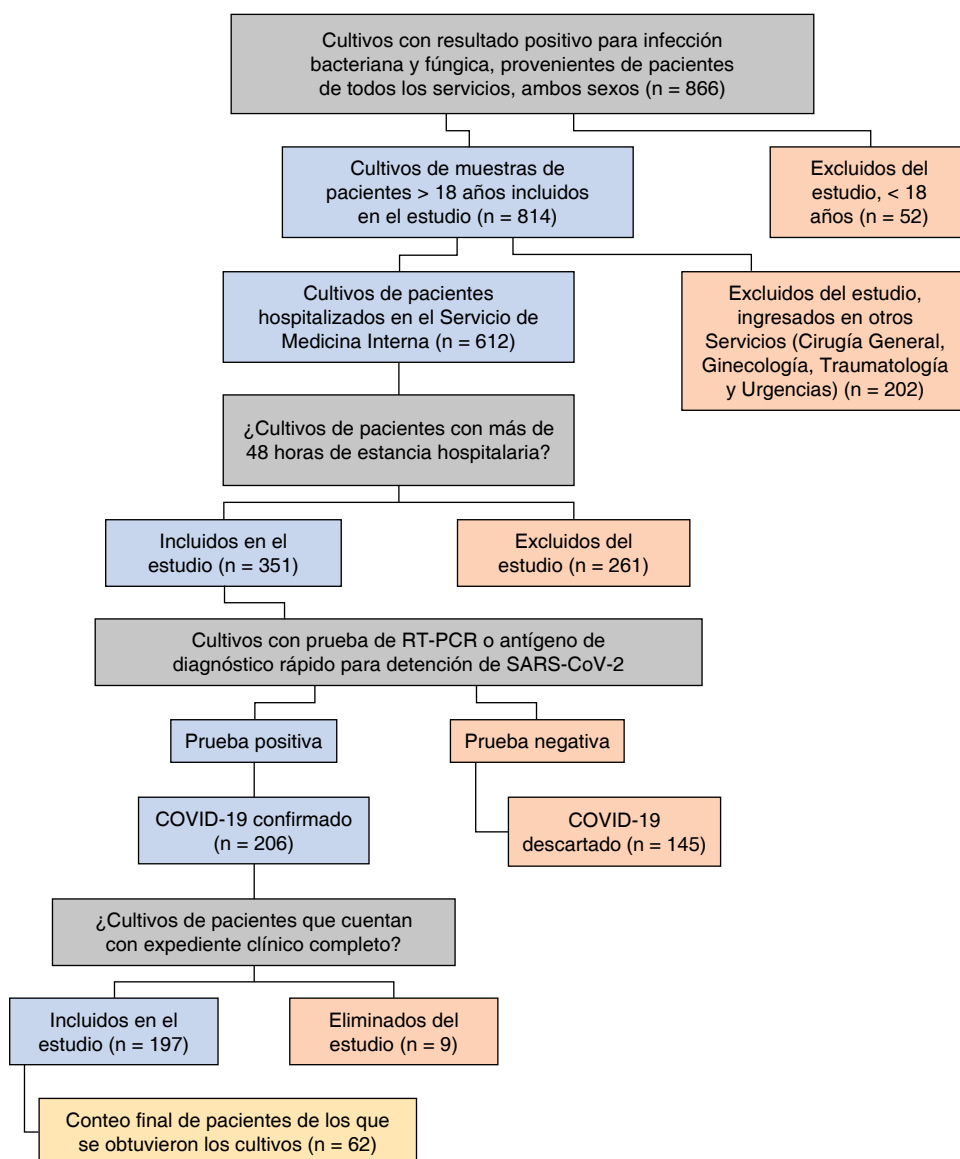


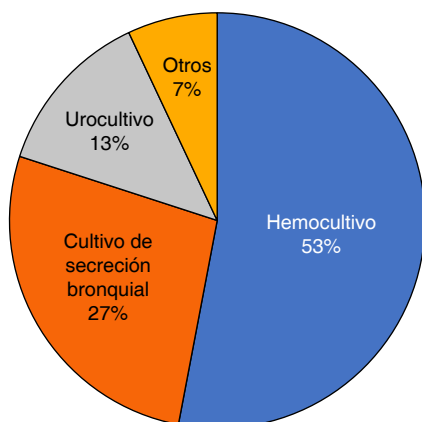
Figura 1:

Flujograma de selección de cultivos y pacientes incluidos en el estudio.

Se muestra el proceso de selección de los cultivos positivos analizados durante el período de estudio. Inicialmente se identificaron 866 cultivos positivos correspondientes a pacientes de ambos sexos y todos los servicios hospitalarios. Posteriormente, se excluyeron cultivos de pacientes menores de 18 años, de servicios distintos a Medicina Interna, con estancia hospitalaria menor a 48 horas, con prueba negativa para SARS-CoV-2 por RT-PCR o antígeno rápido, así como aquellos con expediente clínico incompleto. Finalmente, se incluyeron 197 cultivos positivos, correspondientes a 62 pacientes con diagnóstico confirmado de COVID-19, que cumplieron con todos los criterios de inclusión.

Figura 2:

Distribución porcentual de los tipos de cultivos incluidos en el estudio. Se representa el porcentaje de sobreinfección bacteriana y fúngica en cultivos positivos de pacientes con diagnóstico de COVID-19.



En los urocultivos, el microorganismo más frecuentemente identificado fue *Candida spp.*, seguido de *Escherichia coli*, lo que sugiere un posible papel de la instrumentación urinaria prolongada como factor predisponente.

Finalmente, en los cultivos agrupados como otros (herida quirúrgica y catéter intraperitoneal), el microorganismo predominante fue *Escherichia spp.*, seguido de *Pseudomonas spp.*

Perfil de susceptibilidad antimicrobiana. El análisis de los antibiogramas evidenció altos niveles de resistencia a los antimicrobianos, particularmente entre las bacterias gramnegativas. Se observaron elevados porcentajes de resistencia frente a fluoroquinolonas, trimetoprima-sulfametoxazol y cefalosporinas de tercera generación (Figura 4).

En contraste, los antimicrobianos con mayor tasa de susceptibilidad global fueron tigeciclina y los carbapenémicos, aunque se observaron variaciones según el microorganismo aislado.

Estos hallazgos son particularmente relevantes desde el punto de vista clínico y epidemiológico, ya que evidencian la presencia de patógenos oportunistas y potencialmente multirresistentes en pacientes hospitalizados con COVID-19, lo cual representa un desafío para el manejo terapéutico y el control de infecciones nosocomiales.

En conjunto, los resultados obtenidos aportan información epidemiológica relevante a nivel local, al describir el perfil microbiológico de las sobreinfecciones bacterianas y fúngicas en pacientes hospitalizados con COVID-19 en un hospital de segundo nivel de atención en México. Estos datos pueden ayudar a dirigir estrategias de vigilancia microbiológica, mejorar el uso de antimicrobianos y reforzar programas de control de infecciones en hospitales durante la pandemia.

DISCUSIÓN

El presente estudio constituye una recopilación y análisis de cultivos positivos obtenidos en pacientes hospi-

talizados con diagnóstico de COVID-19, lo que permitió describir el comportamiento de las sobreinfecciones bacterianas y fúngicas en un hospital de segundo nivel. En esta población, el hemocultivo fue el tipo de muestra más común, seguido por el cultivo de secreción bronquial, mientras que los cultivos de heridas quirúrgicas y de catéter peritoneal tuvieron una frecuencia reducida. Este hallazgo sugiere que las infecciones del torrente sanguíneo y las infecciones respiratorias secundarias representan las principales formas de sobreinfección en estos pacientes. De acuerdo con la evidencia, el dispositivo invasivo más implicado fue el tubo endotraqueal, seguido por el catéter venoso central. Esto reafirma el papel de la ventilación mecánica invasiva y los accesos intravasculares como factores de riesgo significativos.

De forma global, se identificaron 29 especies de patógenos agrupados en nueve familias, predominando *Acinetobacter spp.*, seguido de *Candida spp.*, *Staphylococcus spp.* y *Klebsiella spp.*, mientras que *Pseudomonas spp.* se aisló con menor frecuencia. Al analizar los sitios específicos de infección, en los hemocultivos predominó *Staphylococcus spp.* seguido de *Enterococcus spp.*; en los cultivos de secreción bronquial, *Acinetobacter spp.* fue el microorganismo más frecuente, seguido de *Candida spp.*; en los urocultivos predominó *Candida spp.* seguido de *Escherichia coli*; y en los cultivos agrupados como «otros» (herida quirúrgica y catéter intraperitoneal) se aisló principalmente *Escherichia spp.*, seguido de *Pseudomonas spp.* Estos hallazgos reflejan la heterogeneidad microbiológica asociada a las distintas fuentes de infección.

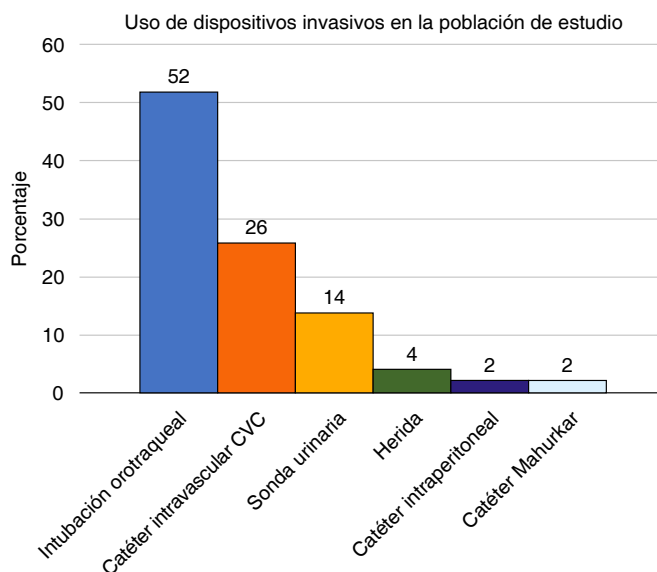


Figura 3: Distribución porcentual de los dispositivos invasivos utilizados en los pacientes incluidos en el estudio. Los hallazgos reflejan la alta exposición a dispositivos invasivos, particularmente aquellos relacionados con soporte ventilatorio y acceso vascular, en pacientes hospitalizados con COVID-19.

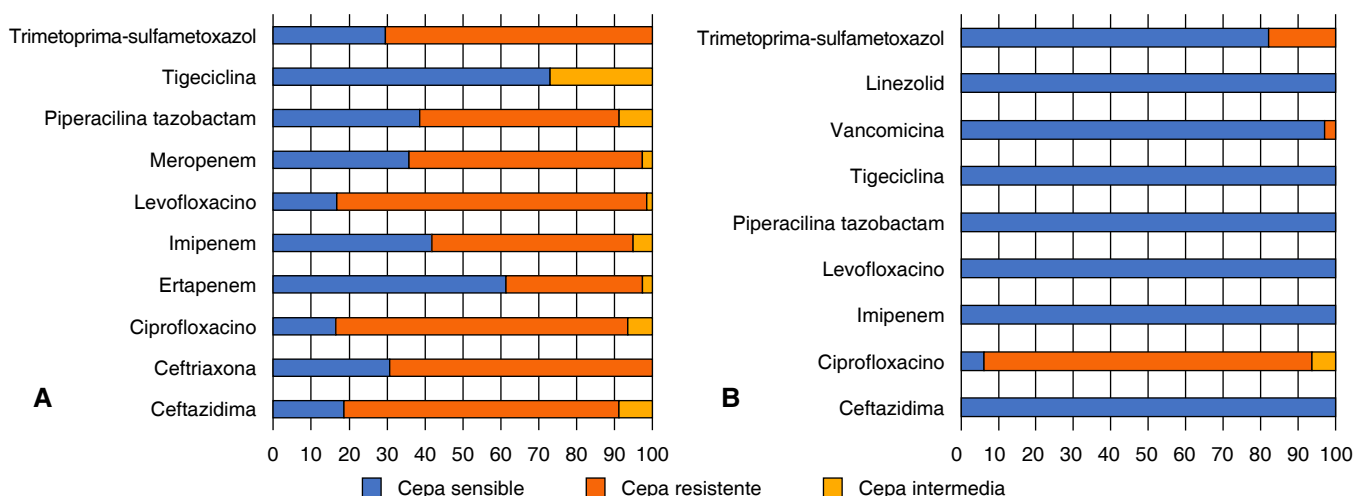


Figura 4: Perfil de susceptibilidad antimicrobiana de los microorganismos aislados de pacientes con COVID-19. **A)** Perfil de susceptibilidad de microorganismos gramnegativos. Muestra los porcentajes de resistencia, sensibilidad e intermedios frente a los principales antimicrobianos evaluados. Se observa un patrón de alta resistencia a fluoroquinolonas, trimetoprima-sulfametoxazol y cefalosporinas de tercera generación, con mayor susceptibilidad a tigeciclina y carbapenémicos. **B)** Perfil de susceptibilidad de microorganismos grampositivos. Muestra elevados niveles de resistencia a fluoroquinolonas y macrólidos, con conservación de la susceptibilidad a antibióticos de amplio espectro como linezolid, vancomicina y tigeciclina.

La sobreinfección bacteriana fue considerablemente más frecuente (85%) que la fúngica (15%), lo cual concuerda con lo descrito en la literatura, donde las infecciones secundarias en pacientes con neumonía viral suelen ser de origen bacteriano. Aunque habitualmente un solo microorganismo es responsable del cuadro clínico, se ha documentado que la coexistencia de múltiples patógenos puede agravar la evolución y dificultar la recuperación del paciente.¹⁹ Este fenómeno también es aplicable a la neumonía asociada a COVID-19.

En la presente investigación, la tasa de mortalidad fue elevada, con un 61.5% de los pacientes fallecidos, una cifra que guarda similitud con los informes de investigaciones realizadas en China, donde la tasa de mortalidad en pacientes críticos ascendió al 49%, particularmente en casos de comorbilidades como diabetes mellitus, enfermedad respiratoria y cardiovascular.²⁰ La evidencia disponible indica que las sobreinfecciones bacterianas secundarias constituyen un factor de riesgo importante para las complicaciones y desenlaces adversos en pacientes con COVID-19. En un estudio retrospectivo, Zhou y colaboradores reportaron que 27 de 28 pacientes con infecciones bacterianas secundarias fallecieron (96%), y que la mitad de los pacientes no sobrevivientes presentaron infección secundaria.²¹ Estos datos son consistentes con los hallazgos de la presente investigación.

En las unidades de cuidados intensivos, los pacientes suelen estar expuestos a múltiples factores que favorecen la adquisición de infecciones bacterianas, particularmente por microorganismos oportunistas. Diversos autores consideran que la edad avanzada, la presencia de comorbilidades y la coinfección bacteriana influyen de manera significativa en la mortalidad.²² No obstante,

otros estudios han reportado una incidencia menor de infecciones bacterianas; un metaanálisis que incluyó cerca de 4,000 pacientes hospitalizados con COVID-19 encontró una frecuencia de 7%, que aumentó al 14% en pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Estas variaciones pueden atribuirse a diferencias en las poblaciones estudiadas, el tamaño muestral y los criterios de inclusión utilizados.

Respecto al sexo, se observó un predominio del masculino, hallazgo que coincide con múltiples investigaciones, en las que se ha descrito que los hombres, especialmente aquellos de mayor edad y con comorbilidades crónicas, presentan mayor susceptibilidad a la infección por COVID-19, posiblemente relacionado con una respuesta inmune menos eficiente.²²

Durante la pandemia, la frecuencia de sobreinfecciones reportadas ha disminuido en comparación con otros brotes por coronavirus, lo cual podría explicarse por el incremento en la prescripción de antibióticos de amplio espectro, frecuentemente utilizados de manera empírica.²³ En este estudio, cuatro de las nueve familias de patógenos aislados correspondieron a microorganismos multirresistentes, lo que representa un reto terapéutico importante.

Las sobreinfecciones bacterianas y fúngicas son complicaciones esperadas en el contexto de neumonía viral grave. Sin embargo, en pacientes con COVID-19 la evidencia publicada sobre este fenómeno es limitada, y en muchos estudios no se analiza de manera específica su impacto pronóstico, a pesar de que se ha reportado infección secundaria hasta en 50% de los pacientes no sobrevivientes.^{23,24} La literatura señala que aproximadamente 8% de los pacientes hospitalizados presenta coinfecciones bacterianas o fúngicas,

siendo la bacteriemia la manifestación más frecuente, con aislamiento tanto de bacterias grampositivas como gramnegativas.²⁴

Chen y colaboradores describieron coinfecciones bacterianas y fúngicas principalmente en pacientes gravemente enfermos, aislando microorganismos como *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Aspergillus flavus*, *Candida glabrata* y *Candida albicans*.²⁵ En concordancia, en el presente estudio se aislaron bacterias grampositivas, como *Staphylococcus aureus*, y gramnegativas, como *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Los patógenos bacterianos más frecuentes identificados fueron *Staphylococcus spp.* (22.89%), *Acinetobacter spp.* (22.28%), *Escherichia coli* (12.04%), *Klebsiella pneumoniae* (7.83%), *Enterococcus spp.* (6.02%), *Stenotrophomonas maltophilia* (4.81%) y *Pseudomonas aeruginosa* (3.61%). Las infecciones micóticas estuvieron representadas por *Candida spp.* con una frecuencia de 15.06%.

Nebreda y colaboradores reportaron que 16% de los pacientes con COVID-19 presentó coinfección o sobreinfección bacteriana o fúngica, siendo *Acinetobacter baumannii* el patógeno más frecuente y multirresistente, sensible únicamente a colistina.²⁶ En el presente estudio, *Acinetobacter baumannii* también se identificó con alta frecuencia y con patrones de resistencia relevantes, mostrando susceptibilidad intermedia a colistina en una proporción significativa.

García y asociados describieron que las coinfecciones adquiridas en la comunidad se asociaron principalmente a *Streptococcus pneumoniae* y *Staphylococcus aureus*, mientras que las sobreinfecciones nosocomiales se debieron en mayor medida a *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*.²⁷ En contraste, en este estudio *P. aeruginosa* se aisló en menor proporción, lo que podría relacionarse con diferencias en el perfil epidemiológico institucional.

Li y colaboradores reportaron una alta frecuencia de *Acinetobacter baumannii* y *Klebsiella pneumoniae*, con elevadas tasas de resistencia a carbapenémicos.²⁸ Los hallazgos del presente estudio coinciden parcialmente con estos resultados, identificándose las mismas especies bacterianas, aunque con menores porcentajes de resistencia global.

En relación con las comorbilidades, diversos autores han analizado el impacto de la obesidad y la diabetes tipo 2 en el pronóstico de pacientes con COVID-19. En este estudio no se observaron diferencias significativas entre pacientes con y sin sobreinfección, tampoco se identificó una asociación clara con diabetes tipo 2 o enfermedad pulmonar crónica, a diferencia de otros reportes.²⁹ Sin embargo, se observaron diferencias en la proporción de obesidad, condición que ha sido asociada a mayor riesgo de hospitalización, ingreso a UCI y mortalidad.³⁰

Finalmente, los estudios microbiológicos son muy importantes para identificar patógenos y la resistencia a los antibióticos, lo que ayuda a tomar decisiones de tratamiento en pacientes con COVID-19. Entre las limitaciones de este estudio se encuentra su carácter unicéntrico y el tamaño reducido de la muestra, lo que limita la detección de patrones específicos de coinfección. No obstante, los resultados sugieren que la realización sistemática de estudios microbiológicos durante la pandemia aporta información valiosa para el manejo clínico de estos pacientes.

CONCLUSIONES

Se registró una elevada incidencia de sobreinfecciones bacterianas (85%) y, en una proporción inferior, de sobreinfecciones fúngicas (15%), lo que corrobora que las infecciones bacterianas secundarias son más prevalentes que las fúngicas en pacientes hospitalizados con COVID-19. Más de la mitad de los pacientes fallecieron durante su estancia hospitalaria, y las bacterias gramnegativas fueron los patógenos aislados con mayor frecuencia.

Los resultados del estudio sugieren una asociación entre la presencia de sobreinfecciones bacterianas o fúngicas y el incremento de la mortalidad en pacientes con COVID-19. Este riesgo parece ser mayor cuando se aíslan patógenos como *Acinetobacter spp.*, *Staphylococcus spp.* y *Klebsiella spp.*, los cuales, debido a su virulencia y a su capacidad de desarrollar resistencia a los antimicrobianos, se asocian con mayor gravedad clínica, prolongación de la estancia intrahospitalaria y desenlaces desfavorables.

La determinación de los perfiles de sensibilidad y resistencia a los antimicrobianos representó un desafío metodológico debido al uso de diferentes sensidiscos y antibióticos en los antibiogramas, lo que limitó la comparación directa entre pacientes y pudo generar sesgos de información. No obstante, la realización sistemática de cultivos microbiológicos permitió identificar los patógenos implicados y sus perfiles de susceptibilidad, aportando información relevante para orientar la toma de decisiones terapéuticas en pacientes con COVID-19 que desarrollan sobreinfecciones bacterianas o fúngicas.

Tras la revisión de la literatura disponible en PubMed Central y Google Académico, no se identificaron reportes previos publicados por autores mexicanos que describan de manera específica la prevalencia y el perfil microbiológico de sobreinfecciones bacterianas y fúngicas en pacientes hospitalizados con COVID-19. En este contexto, el presente trabajo podría constituir uno de los primeros reportes nacionales que documenta estas características microbiológicas, aportando evidencia relevante para el conocimiento epidemiológico y el manejo clínico de estas complicaciones en el ámbito hospitalario.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al equipo de salud del Hospital General Regional No. 251 del Instituto Mexicano del Seguro Social, por su compromiso y dedicación durante la atención de los pacientes en el periodo de la pandemia por COVID-19, así como por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- Gorbalenya AE, Baker SC, Baric RS, et al. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: the species and its viruses-a statement of the Coronavirus Study Group. *Nat Microbiol.* 2020. doi: 10.1101/2020.02.07.937862. Available in: <https://doi.org/10.1101/2020.02.07.937862>
- Wu Z, Yang L, Ren X, et al. ORF8-Related genetic evidence for chinese horseshoe bats as the source of human severe acute respiratory syndrome coronavirus. *J Infect Dis.* 2016;213(4):579-583.
- Su S, Wong G, Shi W, et al. Epidemiology, genetic recombination, and pathogenesis of coronaviruses. *Trends Microbiol.* 2016;24(6):590-592.
- Wu F, Zhao S, Yu B, et al. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature.* 2020;579(7798):265-269.
- COVID-19 Investigation Team. Clinical and virologic characteristics of the first 12 patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the United States. *Nat Med.* 2020;26(6):861-868.
- Cheng K, He M, Shu Q, Wu M, Chen C, Xue Y. Analysis of the Risk Factors for Nosocomial Bacterial Infection in Patients with COVID-19 in a Tertiary Hospital. *Risk Manag Healthc Policy.* 2020;13:2593-2599.
- Chen T, Wu D, Chen H, et al. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. *BMJ.* 2020;368:m1295.
- Blaize N, Mayaux J, Nabet C, et al. Fatal invasive aspergillosis and coronavirus disease in an immunocompetent patient. *Emerg Infect Dis.* 2020;26(7):1636-1637.
- Alp E, Voss A. Ventilator associated pneumonia and infection control. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 2006;5:7. doi: 10.1186/1476-0711-5-7.
- Hendaus MA, Jomha FA. Covid-19 induced superimposed bacterial infection. *J Biomol Struct Dyn.* 2021;39(11):4185-4191. doi: 10.1080/07391102.2020.1772110.
- Pedersen SF, Ho YC. SARS-CoV-2: a storm is raging. *J Clin Invest.* 2020;130(5):2202-2205. doi: 10.1172/JCI137647.
- Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020;395(10223):497-506.
- Chastre J, Luyt CE. Does this patient have VAP? *Intensive Care Med.* 2016;42(7):1159-1163. doi: 10.1007/s00134-016-4239-1.
- Francois B, Laterre PF, Luyt CE, Chastre J. The challenge of ventilator-associated pneumonia diagnosis in COVID-19 patients. *Crit Care.* 2020;24(1):289. doi: 10.1186/s13054-020-03013-2.
- He Y, Li W, Wang Z, Chen H, Tian L, Liu D. Nosocomial infection among patients with COVID-19: A retrospective data analysis of 918 cases from a single center in Wuhan, China. *Infection Control & Hospital Epidemiology.* 2020;41(8):982-983. doi: 10.1017/ice.2020.126.
- Bhatraju PK, Ghassemieh BJ, Nichols M, et al. Covid-19 in critically ill patients in the Seattle region - case series. *N Engl J Med.* 2020;382(21):2012-2022.
- Yang X, Yu Y, Xu J, et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir Med.* 2020;8(5):475-481.
- Peiris JS, Chu CM, Cheng VC, et al. Clinical progression and viral load in a community outbreak of coronavirus-associated SARS pneumonia: a prospective study. *Lancet.* 2003;361(9371):1767-1772.
- González-Castro A, Escudero-Acha P, Peñasco Y, et al. Cuidados intensivos durante la epidemia de coronavirus 2019 [Intensive care during the 2019-coronavirus epidemic]. *Med Intensiva.* 2020;44(6):351-362.
- Kim D, Quinn J, Pinsky B, Shah NH, Brown I. Rates of co-infection between SARS-CoV-2 and other respiratory pathogens. *JAMA.* 2020;323(20):2085-2086. doi: 10.1001/jama.2020.6266.
- Zhou P, Yang XL, Wang XG, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature.* 2020;579(7798):270-273. doi: 10.1038/s41586-020-2012-7.
- Rawson TM, Moore LSP, Zhu N, et al. Bacterial and fungal coinfection in individuals with coronavirus: a rapid review to support COVID-19 antimicrobial prescribing. *Clin Infect Dis.* 2020;71(9):2459-2468.
- Fernández-Rodríguez A, Casas I, Culebras E, Morilla E, Cohen MC, Alberola J. COVID-19 y estudios microbiológicos post mortem [COVID-19 and post-mortem microbiological studies]. *Revista Española de Medicina Legal.* 2020;46(3):127-138.
- Acosta G, Escobar G, Bernal G, et al. Description of patients with severe COVID-19 treated in a national referral hospital in Peru. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2020;37(2):2538.
- Chen N, Zhou M, Dong X, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet.* 2020;395(10223):507-513.
- Nebreda-Mayoral T, Miguel-Gómez MA, March-Rosselló GA, et al. Bacterial/fungal infection in hospitalized patients with COVID-19 in a tertiary hospital in the Community of Castilla y León, Spain. *Enferm Infecc Microbiol Clin (Engl Ed).* 2022;40(4):158-165.
- García-Vidal C, Sanjuan G, Moreno-García E, et al. Incidence of co-infections and superinfections in hospitalized patients with COVID-19: a retrospective cohort study. *Clin Microbiol Infect.* 2021;27(1):83-88.
- Li J, Wang J, Yang Y, et al. Etiology and antimicrobial resistance of secondary bacterial infections in patients hospitalized with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective analysis. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2020;9(1):153.
- Posso M, Comas M, Román M, et al. Comorbidities and mortality in patients with COVID-19 aged 60 years and older in a university hospital in Spain. *Arch Bronconeumol (Engl Ed).* 2020;56(11):756-758.
- Popkin BM, Du S, Green WD, et al. Individuals with obesity and COVID-19: A global perspective on the epidemiology and biological relationships. *Obes Rev.* 2020;21(11):e13128.

Correspondencia:

María Dioselina Ruiz Barrera

E-mail: maridioseruizbarrera@gmail.com



Índices de choque y lactato en choque séptico: análisis de correlación y regresión lineal en un estudio retrospectivo

Shock indices and lactate in septic shock: correlation and linear regression analysis in a retrospective study

Roberto Jesús Arellano Jurado,^{*†} Elizabeth Mendoza Portillo,^{‡,||} José Juan Lozano Nuevo,^{*,**} Jorge Alejandro Ayala San Pedro,^{*,††} Mayra Nayeli Estrada García^{§,§§}

RESUMEN

Introducción: el lactato sérico es el marcador más utilizado para identificar hipoperfusión en sepsis, aunque presenta limitaciones. Los índices de choque constituyen herramientas no invasivas potencialmente útiles para estimar inestabilidad hemodinámica. El objetivo fue evaluar la correlación entre el índice de choque diastólico (ICD) y los niveles de lactato en pacientes con choque séptico, y comparar su desempeño con otros índices de choque. **Material y métodos:** estudio multicéntrico, retrospectivo y analítico realizado en 41 pacientes con choque séptico atendidos entre 2022 y 2024. Se calcularon el índice de choque (IC), ICD, índice de choque modificado (ICM), índice de choque ajustado por edad (ICE) y presión de pulso (PP). La asociación con lactato se analizó mediante correlación de Spearman y regresión lineal bivariada con transformación logarítmica del lactato. **Resultados:** la mediana de lactato fue 2 mmol/L (RIC 1.3-3.5) y la mortalidad intrahospitalaria 39%. El ICD mostró una correlación positiva débil con lactato (0.322; $p < 0.04$; R^2 : 0.104). El IC presentó la correlación más fuerte (0.494; $p \leq 0.001$), mientras que el ICE mostró la mayor capacidad explicativa (R^2 : 0.285). La PP no mostró asociación significativa. **Discusión y conclusiones:** el ICD presentó una asociación limitada con los niveles de lactato. El IC y, especialmente, el ICE mostraron mejor desempeño estadístico. Los índices de choque pueden complementar la evaluación inicial del paciente con choque séptico, pero no sustituyen los marcadores bioquímicos. Se requieren estudios prospectivos con mayor tamaño muestral para validar estos hallazgos.

Palabras clave: índice de choque, lactato, choque séptico, sepsis, hemodinámica, hipoperfusión.

ABSTRACT

Introduction: serum lactate is the most widely used marker for identifying hypoperfusion in sepsis, although it has limitations. Shock indices are potentially useful non-invasive tools for estimating hemodynamic instability. The objective was to evaluate the correlation between the diastolic shock index (DSI) and lactate levels in patients with septic shock and to compare its performance with other shock indices. **Material and methods:** a multicenter, retrospective, analytical study was conducted in 41 patients with septic shock treated between 2022 and 2024. The shock index (SI), DSI, modified shock index (MSI), age-adjusted shock index (ASI), and pulse pressure (PP) were calculated. The association with lactate was analyzed using Spearman correlation and bivariate linear regression with logarithmic transformation of lactate. **Results:** the median lactate level was 2 mmol/L (IQR 1.3-3.5), and the in-hospital mortality rate was 39%. The ICD showed a weak positive correlation with lactate (0.322; $p < 0.04$; R^2 : 0.104). The IC showed the strongest correlation (0.494; $p \leq 0.001$), while the ICE showed the greatest explanatory power (R^2 : 0.285). The PP showed no

significant association. **Discussion and conclusions:** the ICD showed a limited association with lactate levels. The IC and, especially, the ICE showed better statistical performance. Shock indices can complement the initial assessment of patients with septic shock, but they do not replace biochemical markers. Prospective studies with larger sample sizes are needed to validate these findings.

Keywords: shock index, lactate, septic shock, sepsis, hemodynamics, hypoperfusion.

Abreviaturas:

BUN = Blood Urea Nitrogen (nitrógeno ureico en sangre)
FC = frecuencia cardíaca
IC = índice de choque
ICD = índice de choque diastólico
ICE = índice de choque ajustado por edad
ICM = índice de choque modificado
PP = presión de pulso
SOFA = Sequential Organ Failure Assessment (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica)
TAD = tensión arterial diastólica
TAM = tensión arterial media
TAS = tensión arterial sistólica
UCI = Unidad de Cuidados Intensivos
 $\Delta p(v-a)CO_2$ = diferencia de presión venoarterial de dióxido de carbono

INTRODUCCIÓN

La sepsis es una de las principales causas de muerte hospitalaria a nivel mundial. En México representa entre 3 y 10% de los ingresos hospitalarios y entre 2 y 37% de los ingresos a unidades de cuidados intensivos (UCI); además, hasta 50% de las camas de estas unidades son ocupadas por pacientes con sepsis.¹⁻³

En México, la sepsis motivó 85% de los ingresos a UCI y el choque séptico 27.3%; de estos últimos fallecieron 30.4%. En urgencias, la mortalidad a 30 días fue de 9.3% para sepsis y de 65.8% para choque séptico, cifras superiores a las reportadas en Estados Unidos, Reino Unido y Turquía.⁴

A nivel macrocirculatorio, el choque séptico cursa con una fase inicial de hipovolemia relativa por aumento de la capacitancia venosa y disminución del volumen efectivo, agravada por fiebre, menor ingesta o pérdidas gastrointestinales. Posteriormente puede presentarse una fase hiperdinámica y, finalmente, disfunción cardia-

* Hospital General de Ticomán. Ciudad de México, México.

† Hospital General Rubén Leñero. Ciudad de México, México.

§ Hospital General Xoco. Ciudad de México, México.

ORCID:

† 0009-0009-9758-7015

|| 0000-0003-0380-3856

** 0009-0008-9858-0475

†† 0000-0003-0577-8877

§§ 0009-0004-5957-2967

Recibido: 27/02/2026. Aceptado: 26/03/2026.

Citar como: Arellano JRJ, Mendoza PE, Lozano NJJ, Ayala SPJA, Estrada GMN. Índices de choque y lactato en choque séptico: análisis de correlación y regresión lineal en un estudio retrospectivo. Med Crit. 2026;40(4):316-325. <https://dx.doi.org/10.35366/124255>

www.medigraphic.com/medicinacritica

ca con progresión a falla multiorgánica. Estas fases no necesariamente ocurren de forma secuencial.⁵

De acuerdo con los principios hemodinámicos descritos por Pinsky, una de las primeras respuestas a la sepsis es la activación adrenérgica con incremento de la frecuencia cardíaca (FC) por encima de 100 latidos por minuto (lpm), asociada con mayor mortalidad cuando persiste más de 12 horas. Asimismo, la hipotensión, definida como disminución súbita de la tensión arterial sistólica (TAS) de 40 mmHg o una tensión arterial media (TAM) menor de 65 mmHg, puede comprometer la perfusión tisular e incrementar la mortalidad.^{6,7}

La TAS constituye una estimación de la poscarga del ventrículo izquierdo y presenta diferencias entre las mediciones centrales y periféricas debido a la amplificación de la onda de pulso. Por otro lado, la tensión arterial diastólica (TAD) refleja principalmente el tono vascular y la presión de perfusión coronaria. A diferencia de la TAS, la TAD permanece relativamente constante a lo largo del árbol arterial, incluso en condiciones inflamatorias severas. Aunque se ha propuesto iniciar vasopresores con TAD menor de 40 mmHg, este criterio no es absoluto. La TAD periférica podría reflejar mejor el estado de vasodilatación sistémica característico de la sepsis, además de obtenerse mediante métodos no invasivos con menor sesgo fisiológico que la TAS.^{8,9}

La FC y la presión arterial, evaluadas de forma aislada, poseen limitada capacidad para identificar estados de choque. Sin embargo, al relacionar ambas variables se obtiene el índice de choque (IC), definido como la relación FC/TAS, utilizado desde 1967 como herramienta para evaluar inestabilidad hemodinámica y riesgo de mortalidad temprana.^{10,11}

Yussof y colaboradores encontraron que un $IC \geq 1.2$ al ingreso presentó sensibilidad de 73.1% y especificidad de 45.8% para mortalidad intrahospitalaria; a las dos horas de reanimación, un $IC \geq 1$ mostró sensibilidad de 80.8% y especificidad de 79.2%. Wira y su equipo reportaron que valores sostenidos mayores de 0.8 durante las primeras 72 horas se asociaron con mayor necesidad de vasopresores, disfunción orgánica y mortalidad.¹²⁻¹⁴

David Sotello y asociados compararon distintos índices de choque y evaluaron un nuevo punto de corte para el $IC > 1$. En una población donde predominó la sepsis, la mortalidad fue de 5.1% con $IC > 0.7$ y de 11.3% con $IC > 1$.¹⁰

A partir de estos hallazgos, se han propuesto variantes como el índice de choque modificado (ICM), el índice de choque ajustado por edad (ICE) y el índice de choque diastólico (ICD), evaluados en diferentes tipos de choque, incluida la sepsis.¹⁵⁻¹⁷

En pacientes sépticos, Prasad y colaboradores observaron que un $ICM > 1.59$ predijo necesidad de ven-

tilación mecánica invasiva a las 24 horas con sensibilidad de 68.7% y especificidad de 86.2%. Los autores concluyeron que el ICM mostró mejor desempeño que el IC, aunque señalaron que este índice no incorpora la TAD, variable relevante en el choque séptico.¹⁸

En contraste, existen pocos estudios sobre el ICD. Se ha planteado que valores superiores a un intervalo 2 a 2.2 podrían reflejar hipoperfusión secundaria a vasodilatación sistémica, especialmente en órganos dependientes de la perfusión diastólica; sin embargo, no existe un punto de corte validado para definir intervenciones específicas.^{9,19,20}

Ospina y asociados evaluaron el ICD en dos cohortes de pacientes con choque séptico mediante mediciones seriadas antes y después del inicio de vasopresores. Los pacientes con ICD persistentemente elevado presentaron mayor mortalidad y mayores requerimientos de líquidos y vasopresores. Además, el ICD mostró un rendimiento comparable al puntaje SOFA y al lactato para predecir mortalidad, superando a la TAM, TAD e IC. Los autores propusieron al ICD como un marcador de severidad capaz de identificar pacientes que podrían beneficiarse de intervenciones tempranas.⁹

Estos hallazgos sugieren que el ICD podría ser una herramienta útil para identificar pacientes con fenotipo predominantemente vasopléjico y orientar estrategias de reanimación con ahorro de líquidos.

La hipoperfusión secundaria a la inestabilidad hemodinámica puede identificarse mediante parámetros clínicos y bioquímicos. El llenado capilar ≥ 3 segundos es un indicador clínico de compromiso circulatorio, aunque puede verse afectado por condiciones locales o sistémicas. Aunque responde rápidamente a los vasopresores, persiste incertidumbre sobre su correlación con la perfusión central. No obstante, en el estudio ANDROMEDA-SHOCK, la reanimación guiada por llenado capilar mostró mejores resultados que la guiada por lactato.²¹⁻²³

Entre los marcadores bioquímicos de hipoperfusión destacan el lactato, la $\Delta p(v-a)CO_2$ y el índice mitocondrial, cada uno con diferente rendimiento diagnóstico.^{21,24,25}

El lactato continúa siendo uno de los principales marcadores de hipoperfusión, considerando como anormal un valor ≥ 2 mmol/L. Sin embargo, su elevación también puede relacionarse con alteraciones en su depuración y otros mecanismos no hipóxicos, especialmente conforme evoluciona el choque. Por ello, no se recomienda utilizarlo como único objetivo terapéutico para evaluar la corrección de la hipoperfusión.^{26,27}

Dado que el lactato sigue siendo un subrogado ampliamente utilizado de hipoperfusión tisular, resulta relevante explorar su asociación con los distintos índices de choque.

Con base en estos antecedentes, evaluamos la relación entre los diferentes índices de choque, particularmente el ICD, y la hipoperfusión reflejada mediante los niveles de lactato sérico en pacientes con choque séptico, utilizando modelos de correlación y regresión lineal para determinar su capacidad explicativa. Nuestra hipótesis fue que un incremento del ICD se asociaría con mayores concentraciones de lactato sérico y que este índice presentaría una mejor capacidad para explicar la hipoperfusión en comparación con otros índices de choque.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio multicéntrico, retrospectivo, observacional, analítico, en tres unidades hospitalarias de la Ciudad de México. Aprobado por el Comité de Ética con número de registro 2050100262023.

Teniendo como antecedente, previo a la realización de nuestro estudio, los datos del estudio de Sarika Gupta y colaboradores (2020) sobre correlación del IC y lactato en choque séptico, con $R = 0.559$, se realizó el cálculo de muestra conforme el cálculo de estudio correlacional, corregido contemplando pérdidas esperadas, con una muestra necesaria de 35.8 pacientes.^{28,29}

El tamaño de muestra calculado para el estudio fue de 35.8 participantes, considerando la magnitud de correlación esperada, el nivel de significancia y la potencia estadística previamente establecidos. Finalmente, se incluyeron 41 pacientes hospitalizados del periodo de 2022 a 2024 en los servicios de medicina interna y unidad de cuidados intensivos, superando el número mínimo requerido. Aunque el tamaño muestral es moderado, resulta suficiente para los objetivos analíticos planteados. Además, la inclusión de participantes procedentes de múltiples centros contribuye a una mayor heterogeneidad de la muestra y favorece la validez externa de los hallazgos.

Se utilizó una definición operacional ampliada de choque séptico basada en criterios clínicos y hemodinámicos. Esta decisión metodológica se adoptó debido a que el objetivo del estudio fue analizar la asociación entre los índices de choque y los niveles séricos de lactato de manera independiente al punto de corte diagnóstico establecido por Sepsis-3, permitiendo así evaluar la relación en un espectro más amplio de hipoperfusión hemodinámica.

Criterios de inclusión: pacientes ≥ 18 años con diagnóstico de choque séptico definido por presencia de infección sospechada o confirmada con compromiso hemodinámico que requirió manejo vasopresor, acompañado de al menos una manifestación clínica de hipoperfusión (llenado capilar ≥ 3 segundos, oligoanuria o deterioro del estado de alerta), independientemente del nivel inicial de lactato.

Criterios de no inclusión: hiperlactatemia no debida a choque o hipoperfusión, insuficiencia hepática crónica con estadio Child Pugh B o C, enfermedad renal crónica con tasa de filtrado glomerular ≤ 60 mL/min/1.73 m², embarazo, cardiopatías congénitas, disritmias, uso de marcapasos, síndrome coronario crónico o agudo, insuficiencia cardíaca con fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) reducida, hemorragia aguda o subaguda, encefalopatía de causa hepática, renal, vascular u orgánica de sistema nervioso central, neoplasias de cualquier origen o estadio, intoxicación por fármacos o drogas, infección por VIH.

Criterios de eliminación: presencia de datos insuficientes para poder realizar el cálculo de los índices y el estudio.

Todos los datos fueron recolectados de los expedientes clínicos, la información recabada fue trabajada en hojas de cálculo y en software estadístico (IBM® SPSS versión 27.0.1), donde fue llevado a cabo el análisis estadístico de los datos.

Objetivo principal: Analizar la correlación entre el ICD y los niveles séricos de lactato (como un subrogado de hipoperfusión), mediante la prueba de correlación de Spearman, así como evaluar su capacidad de explicativa utilizando regresión lineal bivariada.

Objetivos secundarios: 1) Analizar la correlación entre el IC, ICM, ICE y la presión de pulso (PP) con los niveles séricos de lactato, utilizando la prueba de correlación de Spearman. 2) Evaluar la capacidad explicativa de las variables IC, ICM, ICE y PP sobre los niveles séricos de lactato mediante análisis de regresión lineal.

Las variables relacionadas con la tensión arterial (TAS, TAD, TAM) y la FC fueron obtenidas de los registros clínicos realizados por personal de enfermería o médicos tratantes mediante monitores o durante la exploración física. Dichos dispositivos están calibrados conforme a las normas institucionales y tienen un nivel alto de confiabilidad y validez interna en la monitorización de pacientes críticos. Los índices de choque, la TAM y la PP se calcularon manualmente utilizando las fórmulas correspondientes para cada una.

Se utilizó la determinación de signos vitales por métodos no invasivos a través de los cuales se calcularon los índices de choque: ICD, IC, ICM, e ICE, también la PP. Estas mediciones fueron realizadas al momento del diagnóstico de choque séptico y se emplearon para el análisis estadístico correspondiente.

El IC se calculó dividiendo la FC entre la TAS ($IC = FC/TAS$), el ICD se obtuvo dividiendo la FC sobre la TAD ($ICD = FC/TAD$) y el ICM se calculó utilizando la TAM ($ICM = FC/TAM$).

El ICE se obtuvo multiplicando el IC por la edad del paciente ($ICE = IC \times edad$). Por último, la PP se calculó restando la TAD a la TAS ($PP = TAS - TAD$).

El nivel de lactato utilizado en el estudio correspondió a la primera medición reportada durante la evaluación del paciente con choque, en sangre arterial o venosa, recolectada bajo técnica estéril por personal médico. Las muestras sanguíneas fueron enviadas a laboratorio clínico y procesadas mediante analizadores de gases arteriales con capacidad para medición de lactato, con resultados disponibles en minutos. Estos instrumentos presentan una alta sensibilidad, especificidad, validez interna comprobada, y son considerados estándar de oro para la medición de este parámetro.

Otras variables utilizadas en el estudio como edad, sexo, diagnóstico de hipertensión, diabetes tipo 2 y neumopatía crónica se obtuvieron directamente del expediente clínico. Las variables bioquímicas como creatinina sérica, proteína C reactiva (PCR), procalcitonina, nitrógeno ureico en sangre (BUN), urea, bilirrubina total, plaquetas y leucocitos fueron obtenidas a través de muestras de sangre venosa recolectadas por venopunción estandarizada o a través de un catéter venoso central, con muestras procesadas mediante analizadores bioquímicos automatizados con validación externa, control de calidad y certificaciones ISO, con altos valores de sensibilidad y especificidad.

La puntuación en la escala de coma de Glasgow fue obtenida mediante el registro de la evaluación neurológica por el personal médico; esta escala es ampliamente validada en neurocríticos y en sepsis, utilizada a nivel internacional con alta confiabilidad interobservador. Mientras que la puntuación SOFA fue calculada utilizando seis sistemas (función respiratoria, coagulación, hepática, cardiovascular, neurológica y renal), cada uno con puntuación de 0 a 4, calificados con base en valores de laboratorio, evaluación y signos clínicos, con validez bien establecida para predicción de mortalidad en pacientes en estado crítico. El índice vasoactivo-inotrópico (VIS) se calculó a partir de las dosis registradas de fármacos vasoactivos administrados al paciente durante la evaluación e intervención del estado de choque; este índice ha sido validado en pacientes críticos y muestra buena capacidad discriminativa para predecir desenlaces adversos. La mortalidad intrahospitalaria en este estudio fue definida como el fallecimiento del paciente durante su estancia hospitalaria por complicaciones de la sepsis.

La distribución de los datos se analizó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, observándose una distribución paramétrica no normal en la variable dependiente (lactato sérico), en el resto de variables continuas (ICD, IC, ICM, ICE, PP) una distribución normal. Por esta razón y con el fin de mantener la consistencia metodológica y evitar la combinación de métodos paramétricos y no paramétricos, se utilizó de forma uniforme el coeficiente Rho de Spearman para todas las correlaciones, con el objetivo de homogeneizar el enfoque estadístico.

Las características de la población con variables con distribución normal se reportan como media $\pm$ desviación estándar (DE); variables no normales como mediana (rango intercuartílico [RIC] 25-75%).

Debido a la multicolinealidad, por la alta correlación mutua entre los mismos índices de choque y un elevado factor de inflación de varianza (VIF) se optó por realizar el análisis de regresión lineal de forma bivariada entre cada variable independiente (índices de choque y presión de pulso) y el valor de lactato.

Se realizó un modelo de regresión lineal con lactato como variable dependiente y, debido a desviaciones en la normalidad de los residuos, se construyó el modelo utilizando transformación logarítmica natural del lactato, verificándose posteriormente la normalidad de los residuos.

En cada análisis de regresión lineal se reportaron los siguientes indicadores: coeficiente de determinación (R^2), R^2 ajustado, error estándar de la estimación, análisis de varianza (ANOVA) con su correspondiente estadístico F, coeficientes no estandarizados (B) y estandarizados (Beta), valor t, intervalos de confianza al 95% (IC95%) y significancia estadística (p).

Previo a la interpretación de los modelos, se evaluaron los supuestos de regresión lineal. La normalidad de los residuos se analizó mediante gráfico Q-Q, mientras que la linealidad y homocedasticidad se examinaron mediante inspección visual de los gráficos de residuos estandarizados versus valores predichos. En los modelos con transformación logarítmica, los residuos mostraron distribución aproximadamente normal y adecuada dispersión, sin evidencia de heterocedasticidad.

RESULTADOS

Se analizaron 41 pacientes, 20 hombres (48.8%) y 21 mujeres (51.2%), 13 pacientes fueron clasificados como adultos mayores con edad ≥ 65 años (31.7%). En cuanto a comorbilidades, 13 tenían antecedente de hipertensión arterial (31.7%), 18 de diabetes (43.9%) y siete de neumopatía crónica (17.1%).

La mediana del índice de masa corporal fue 24.03 kg/m² (20.8-29.6). Al momento de calcular los índices de choque, la frecuencia cardiaca media fue de 90.12 $\pm$ 26.45 latidos por minuto, la tensión arterial sistólica 77.8 $\pm$ 13.19 mmHg, diastólica de 46.49 $\pm$ 8.81 mmHg, de tensión arterial media 56.92 $\pm$ 8.88 mmHg y de presión de pulso 31.32 $\pm$ 11.77.

El ICD calculado promedio fue 1.99 $\pm$ 0.65 puntos. Del total de la muestra, 20 (48.8%) tuvieron un ICD ≥ 2 puntos, mientras que 12 (29.3%) un ICD ≥ 2.2 puntos. Por otro lado, la media del IC fue 1.20 $\pm$ 0.43 puntos, 34 pacientes (82.9%) superaron el punto de corte ≥ 0.8 puntos y 30 (73.2%) tuvieron ≥ 1 puntos en este índice. El ICM calculado promedio fue 1.62 $\pm$ 0.53 puntos, del

cual 31 pacientes (75.6%) tuvieron un valor ≥ 1.3 puntos. Para el ICE la media fue 69.27 ± 30.04 puntos y 32 casos (78%) obtuvieron un valor ≥ 45.6 puntos.

El lactato medido inicial tuvo una mediana de 2 mmol/L (1.3-3.5), 24 pacientes (58.5%) registraron una medición ≥ 2 mmol/L; la mediana de llenado capilar fue 2 segundos (2-3), de puntuación Glasgow 13 puntos (8-15), índice urinario 0.35 mL/kg/h (0-0.88).

La mediana de los niveles de proteína C reactiva fue 27.5 mg/L (17.75-94.7), procalcitonina 7.57 ng/mL (1.09-27.8), leucocitos 14.7×10^3 cel/ μ L (9-20.8), bilirrubina total 0.8 mg/dL (0.57-1.49), creatinina sérica 1.54 mg/dL (0.70-2.36), urea 70 mg/dL (34.3-117), BUN 32.7 mg/dL (16.7-54). La media de cifras de plaquetas fue $215.67 \pm 117.37 \times 10^3$ cel/ μ L.

La puntuación SOFA tuvo mediana de 9.5 puntos (7-11) y el índice vasoactivo-inotrópico (VIS) 13 puntos (8.5-19.8). Fallecieron 16 pacientes (39%) durante la hospitalización por sepsis.

Fueron divididos también en subgrupos según los puntos de corte más frecuentes descritos para cada índice de choque, es decir, ICD ≥ 2 , IC ≥ 0.8 , ICM ≥ 1.3 y ICE ≥ 45.6 , calculando las medias, medianas y porcentajes de cada característica de la población (*Tabla 1*).

Se analizó la correlación del ICD con los niveles de lactato: 0.322 ($p < 0.04$, IC95% 0.006-0.570). La relación entre el ICD y la transformación logarítmica natural del lactato (log-lactato), obtuvo un coeficiente de determinación R^2 : 0.104, R^2 ajustado: 0.081, error estándar: 0.67. El análisis de varianza (ANOVA) reveló un valor F: 4.53 ($p = 0.04$); el coeficiente no estandarizado (B) para ICD: 0.348 y el coeficiente estandarizado (Beta): 0.323, t: 2.12 ($p = 0.04$, IC95% 0.17-0.67) (*Figura 1A*).

La correlación de IC y lactato: 0.494 ($p \leq 0.001$, IC95% 0.21-0.70). La correlación entre un IC ≥ 1 y lactato: 0.284 ($p = 0.072$, IC95% -0.035-0.55). El modelo de regresión lineal para la relación entre IC y log-lactato reportó R^2 : 0.216, R^2 ajustado: 0.196, error estándar: 0.63. El análisis de varianza (ANOVA) mostró un valor F: 10.75 ($p < 0.002$). El coeficiente no estandarizado (B): 0.754, coeficiente estandarizado (Beta): 0.465, t: 3.27 ($p < 0.002$, IC95% 0.28-1.21). El modelo permitió estimar los niveles de lactato en función del IC mediante la siguiente expresión: $e (0.16 + (0.75 * IC))$ (*Figura 1B*).

La correlación del lactato con el ICM: 0.410 ($p < 0.008$, IC95% 0.108-0.64). En el análisis de regresión lineal, el modelo mostró R^2 : 0.171, R^2 ajustado: 0.150 y error estándar: 0.64. En cuanto al análisis de varianza (ANOVA), F: 8.03 ($p < 0.007$). El coeficiente no estandarizado (B): 0.544, coeficiente estandarizado (Beta): 0.413 y t: 2.83 ($p < 0.007$, IC95% 0.15-0.93). A partir del modelo de regresión lineal con transformación logarítmica, se derivó la siguiente ecuación para estimar los niveles de lactato: $e (0.13 + (0.54 * ICM))$ (*Figura 2A*).

La PP y el lactato, obtuvieron una correlación de -0.307 ($p = 0.051$, IC95% -0.56-0.010). R^2 : 0.082, R^2 ajustado: 0.059 y error estándar: 0.68. La prueba ANOVA reveló una F: 3.5 ($p = 0.069$). Su coeficiente no estandarizado (B): -0.017, coeficiente estandarizado (Beta): -0.287, t: -1.87 ($p = 0.069$, IC95% -0.03-0.001) (*Figura 2B*).

El ICE y lactato obtuvieron una correlación de 0.443 ($p < 0.004$, IC95% 0.14-0.66), en el análisis de regresión lineal, log-lactato obtuvo R^2 : 0.285, R^2 ajustado: 0.267 y error estándar: 0.60. Para evaluar la significancia global del modelo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), obteniendo F: 15.54 ($p \leq 0.001$). El coeficiente no estandarizado (B): 0.012, coeficiente estandarizado (Beta): 0.534, t: 3.94 ($p \leq 0.001$, IC95% 0.006-0.019). El modelo de regresión permitió estimar los valores esperados de lactato mediante: $e (0.11 + (0.01 * ICE))$ (*Figura 3*).

Los residuos de todos modelos con transformación logarítmica mostraron distribución normal, lo que permitió cumplir los supuestos de la regresión lineal y fortalecer la validez interna de los modelos (*Tabla 2*).

La inspección de los gráficos diagnósticos no mostró desviaciones relevantes de los supuestos de linealidad, homocedasticidad ni normalidad de los residuos.

DISCUSIÓN

En cuanto al análisis del objetivo principal, se observó una correlación positiva, pero débil, entre el ICD y los niveles de lactato, con intervalos de confianza amplios, lo que refleja una precisión limitada en la estimación. En conjunto, el ICD mostró una capacidad explicativa limitada para predecir la variabilidad del log-lactato (como aproximación a los niveles de lactato) en este escenario.

Aunque teóricamente el ICD podría reflejar mejor la vasoplejía característica del choque séptico al incorporar la presión arterial diastólica, en nuestra muestra no demostró un desempeño estadísticamente superior ni una asociación de magnitud clínicamente relevante.

Para el IC, se observó la correlación de mayor magnitud con el lactato dentro de los índices evaluados, con asociación estadísticamente significativa. Aunque su capacidad explicativa relativa del log-lactato fue moderada, comparado con el ICD, el IC mostró una asociación de mayor magnitud y mejor desempeño estadístico; sin embargo, estos hallazgos deben interpretarse como evidencia de asociación y no como confirmación de superioridad clínica definitiva.

El ICM también mostró una correlación positiva y estadísticamente significativa con el lactato, lo que representa una capacidad explicativa relativa intermedia dentro del conjunto de índices evaluados. Aunque su magnitud de asociación fue relevante, no superó el desempeño observado con el ICE en términos de varianza explicada.

Tabla 1: Características de la población.

Variable	Población general			ICD ≥ 2		IC ≥ 0.8		ICM ≥ 1.3		ICE ≥ 45.6	
	Total n (%)	Media $\pm$ DE	Error estándar	n (%)	Error estándar	n (%)	Error estándar	n (%)	Error estándar	n (%)	Error estándar
Total de pacientes	41 (100)			20 (48.78)		34 (82.92)		31 (75.60)		32 (78.04)	
Edad, años		58.1 $\pm$ 17.03	2.66	54.15 $\pm$ 14.67	4.07	56.46 $\pm$ 17.16	3.5	56.55 $\pm$ 14.86	3.17	61.61 $\pm$ 13.96	2.91
Adultos mayores (≥ 65 años)	13 (31.7)			5 (25)		10 (29.4)		9 (29.0)		12 (37.5)	
Sexo											
Hombres	20 (48.8)			10 (50)		19 (55.9)		18 (58.1)		17 (53.1)	
Mujeres	21 (51.2)			10 (50)		15 (44.1)		13 (41.9)		15 (46.9)	
Antecedentes											
Hipertensión arterial	13 (31.7)			7 (35)		11 (32.4)		10 (32.3)		11 (34.4)	
Diabetes tipo 2	18 (43.9)			11 (55)		18 (52.9)		17 (54.8)		17 (53.1)	
Neuropatía crónica	7 (17.1)			2 (10)		5 (14.7)		3 (9.7)		6 (18.8)	
IMC (kg/m^2)*		24.03 [20.8-29.6]		23.43 [20.41-26.85]		23.81 [20.7-29.3]		23.81 [20.7-31.4]		23.8 [20.8-33.05]	
Tensión arterial (mmHg)											
Sistólica		77.8 $\pm$ 13.19	2.06	78.08 $\pm$ 13.15	3.64	76.38 $\pm$ 14.47	2.95	77.45 $\pm$ 15.05	3.21	75.74 $\pm$ 14.05	2.93
Diastólica		46.49 $\pm$ 8.81	1.37	43.54 $\pm$ 8.10	2.24	45.46 $\pm$ 8.57	1.75	44.86 $\pm$ 8.43	1.79	44.91 $\pm$ 8.29	1.72
Media		56.92 $\pm$ 8.88	1.38	55.05 $\pm$ 8.03	2.22	55.76 $\pm$ 9.63	1.96	55.72 $\pm$ 9.48	2.02	55.18 $\pm$ 9.20	1.91
Frecuencia cardíaca (lpm)		90.12 $\pm$ 26.45	4.13	101.15 $\pm$ 15.62	4.33	92.67 $\pm$ 18.30	3.73	95.77 $\pm$ 15.43	3.29	89.87 $\pm$ 18.48	3.85
Presión de pulso		31.32 $\pm$ 11.77	1.83	34.54 $\pm$ 12.88	3.57	30.92 $\pm$ 10.81	2.2	32.59 $\pm$ 12.18	2.59	30.83 $\pm$ 10.99	2.29
ICD		1.99 $\pm$ 0.65	0.1	2.36 $\pm$ 0.45	0.12	2.10 $\pm$ 0.55	0.11	2.19 $\pm$ 0.49	0.1	2.06 $\pm$ 0.58	0.12
≥ 2	20 (48.8)			11 (55)		19 (55.9)		20 (64.5)		18 (56.3)	
≥ 2.2	12 (29.3)			1.33 $\pm$ 0.30	0.08	1.25 $\pm$ 0.35	0.07	1.28 $\pm$ 0.34	0.07	1.23 $\pm$ 0.38	0.07
IC		1.20 $\pm$ 0.43	0.06								
≥ 0.8	34 (82.9)			19 (95)		30 (88.2)		30 (96.8)		30 (93.8)	
≥ 1	30 (73.2)			19 (95)		1.70 $\pm$ 0.43	0.08	29 (93.5)		27 (84.4)	
ICM		1.62 $\pm$ 0.53	0.08	1.86 $\pm$ 0.34	0.09	30 (88.2)		1.76 $\pm$ 0.40	0.08	1.67 $\pm$ 0.46	0.09
≥ 1.3	31 (75.6)			20 (100)		30 (88.2)				28 (87.5)	
ICE		69.27 $\pm$ 30.04	4.69	71.11 $\pm$ 24.87	6.89	70.50 $\pm$ 26.45	5.4	72.39 $\pm$ 25.46	5.42	74.16 $\pm$ 22.68	4.72
≥ 45.6	32 (78.0)			18 (90)		30 (88.2)		28 (90.3)			
Lactato (mmol/L)*		2 [1.3-3.5]		2.1 [1.55-4.65]		2.05 [1.42-4.4]		2.2 [1.5-4.57]		2.1 [1.5-4.5]	
≥ 2	24 (58.5)			13 (65)		20 (58.8)		20 (64.5)		20 (62.5)	
Llenado capilar (s)*		2 [2-3]		2 [2-3]		2 [2-3]		2 [2-3]		2 [2-3]	
Glasgow (puntos)		13 [8-15]		14 [10-15]		13.5 [10.5-15]		13.5 [12.2-15]		14 [12-15]	
Índice urinario (mL/kg/h)*		0.35 [0-0.88]		0.33 [0-0.61]		0.08 [0-0.66]		0.63 [0-0.56]		0.13 [0-0.51]	
Creatinina sérica (mg/dL)*		1.54 [0.70-2.36]		2.1 [1.05-2.7]		1.81 [0.8-2.52]		2.11 [1.15-2.65]		2.1 [1.27-2.6]	
Proteína C reactiva (mg/L)*		27.5 [17.75-94.7]		31.6 [17.75-132]		26.5 [15.7-71.2]		29.25 [15.4-120.7]		31.6 [15.5-94.7]	
Procalcitonina (ng/mL)*		7.57 [1.09-27.8]		10.0 [1.54-27.6]		5.24 [0.73-31.8]		8.95 [1.09-36.7]		7.57 [0.83-36.5]	
Leucocitos ($\times 10^3/\mu\text{L}$)		14.7 [9-20.8]		14.7 [9-26.7]		14.7 [10.1-21.2]		14.7 [9.82-20.4]		15.1 [9.9-23.2]	
Bilirrubina total (mg/dL)*		0.8 [0.57-1.49]		1 [0.6-1.39]		0.75 [0.57-1.44]		0.75 [0.59-1.34]		1 [0.7-1.75]	
Plaquetas ($\times 10^3/\mu\text{L}$)		215.67 $\pm$ 117.37	18.55	227.61 $\pm$ 116.39	32.28	250.12 $\pm$ 115.80	23.63	251.36 $\pm$ 119.13	25.39	227.60 $\pm$ 124.23	25.9
Urea (mg/dL)*		70 [34.3-117]		82 [44-117]		60.5 [35.2-116]		72.5 [37.8-114]		82 [39-163]	
BUN (mg/dL)*		32.7 [16.7-54]		34 [20.5-47]		28.3 [6.7-52.7]		33.3 [17.6-52.2]		34 [18-76]	
SOFA (puntos)*		9.5 [7-11]		9 [6.5-11]		8 [7-11]		8 [7-11]		8 [7-11]	
VIS*		13 [8.5-19.8]		15 [8.5-41.9]		13 [7.25-27.5]		12.5 [6.75-22.5]		13 [8-30]	
Mortalidad intrahospitalaria	16 (39)			8 (40)		12 (36.4)		10 (32.3)		14 (43.8)	

Las características con distribución normal se reportan como media $\pm$ DE.

* Las variables con distribución no normal se expresan en mediana [rango intercuartílico].

BUN = Blood Urea Nitrogen (nitrógeno ureico en sangre). DE = desviación estándar. IC = índice de choque. ICD = índice de choque diastólico. ICE = índice de choque ajustado por edad. ICM = índice de choque modificado. IMC = Índice de masa corporal. lpm = latidos por minuto. SOFA = Sequential Organ Failure Assessment (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica). VIS = Vasoactive-Inotropic Score (índice vasoactivo-inotrópico).

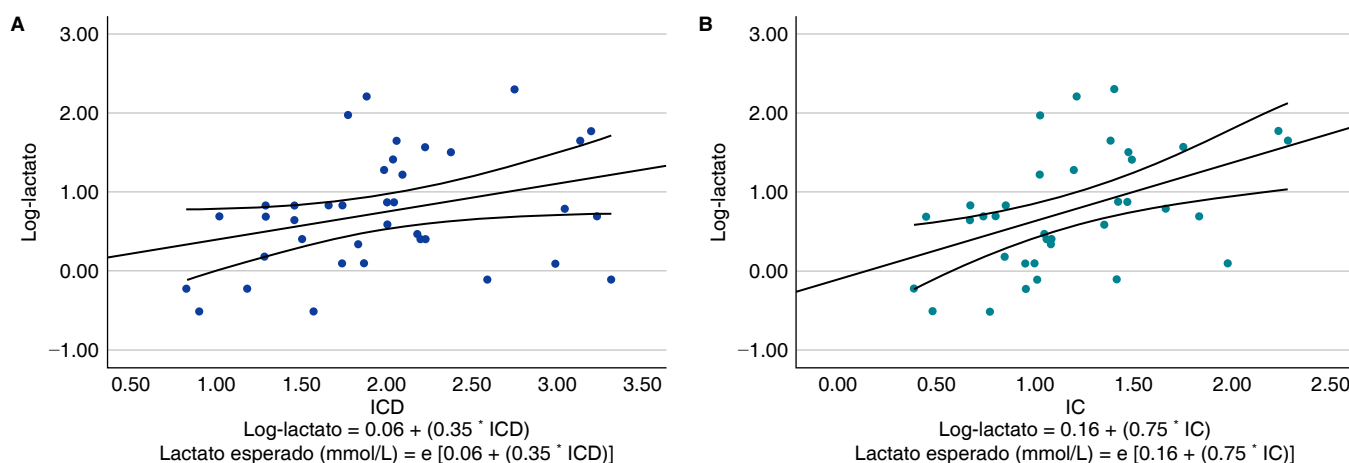


Figura 1: Asociación entre índice de choque diastólico (ICD) e índice de choque (IC) con log-lactato.

Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el ICD y el IC con el logaritmo natural del lactato (log-lactato) sérico. La línea representa el modelo de regresión lineal simple.

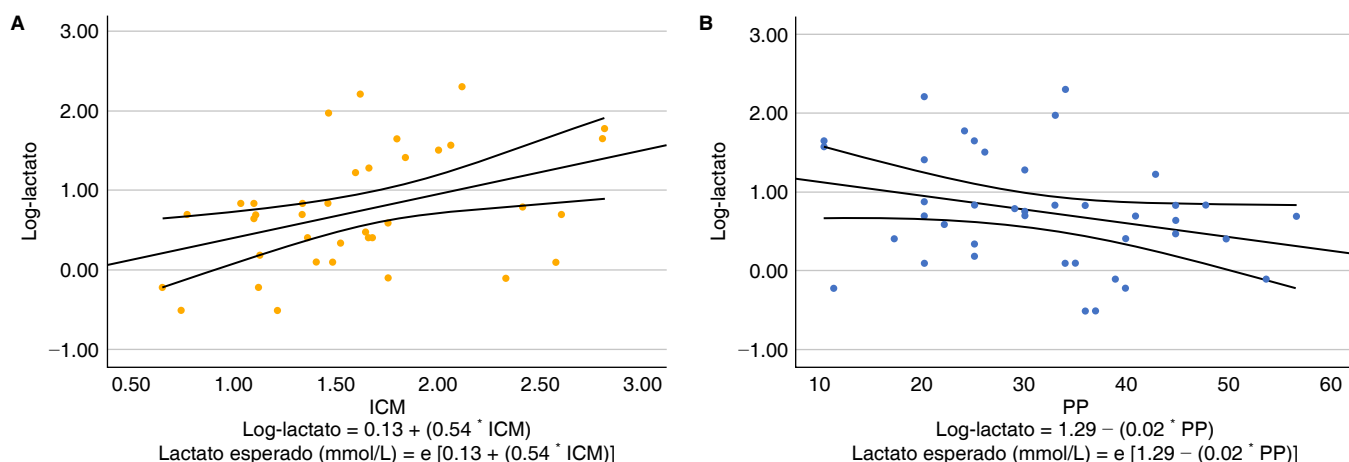


Figura 2: Asociación entre índice de choque modificado (ICM) y presión de pulso (PP) con log-lactato.

Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el ICM y la PP con el logaritmo natural del lactato (log-lactato) sérico. La línea representa el modelo de regresión lineal simple.

En contraste, la PP mostró una correlación negativa de magnitud débil significativa con los niveles de lactato. En el modelo de regresión lineal no logró significancia estadística global, lo que indica una capacidad explicativa limitada como variable aislada en esta muestra.

El ICE mostró la mayor capacidad explicativa sobre el log-lactato ($R^2 = 0.285$) que permitió expresar una ecuación para la estimación de los valores esperados de lactato, por lo que podría considerarse como herramienta complementaria en contextos donde la medición de lactato no esté disponible, requiriendo validación en estudios prospectivos.

Aunque su desempeño fue superior en términos de varianza explicada, estos hallazgos también deben interpretarse como evidencia de asociación estadística dentro de un estudio observacional, y no como confirmación de superioridad clínica definitiva. La posible

influencia de factores relacionados con la edad y la respuesta cardiovascular requiere evaluación específica en modelos ajustados.

Este hallazgo podría relacionarse con la inclusión de la edad como componente estructural del índice, lo cual indirectamente incorpora variables asociadas al envejecimiento vascular, como rigidez arterial, menor distensibilidad y reducción de la reserva hemodinámica. En el contexto del choque séptico, estas alteraciones podrían amplificar la discrepancia entre presión arterial y perfusión tisular efectiva, lo que se traduciría en mayores niveles de lactato. De esta forma, el ICE podría estar identificando un fenotipo hemodinámico influenciado por la vulnerabilidad vascular asociada a la edad.

Si bien IC e ICM también presentaron asociación significativa, su menor capacidad explicativa sugiere que su utilidad es principalmente asociativa más que

explicativa o predictiva. El ICD y la PP presentaron una asociación de menor magnitud y limitada varianza explicada.

En comparación con estudios previos, nuestros hallazgos muestran algunas diferencias relevantes. Ospina y colaboradores reportaron que el ICD tuvo un desempeño comparable al SOFA y al lactato para predecir mortalidad; sin embargo, en nuestra cohorte la asociación fue más discreta. Esta variabilidad podría atribuirse a diferencias metodológicas, particularmente en el tamaño muestral, el momento de evaluación y el desenlace analizado. De igual forma, aunque Yussuf y Wira documentaron utilidad pronóstica del IC en sepsis; en nuestro estudio su capacidad explicativa sobre el lactato fue limitada, lo que sugiere que la relación entre índices hemodinámicos y perfusión tisular puede depender del contexto clínico y la población evaluada.

Es importante considerar que existen diferencias metodológicas relevantes entre los estudios previamente publicados y el presente trabajo. Ospina y asociados evaluaron cohortes prospectivas de pacientes con choque séptico mediante mediciones seriadas del ICD an-

tes y después del inicio de vasopresores, utilizando la mortalidad a 28 y 90 días como desenlace principal. En contraste, nuestro estudio analizó la asociación entre distintos índices de choque y los niveles iniciales de lactato sérico como marcador indirecto de hipoperfusión. Estas diferencias en el diseño, el momento de evaluación y los desenlaces estudiados, podrían explicar parcialmente las discrepancias observadas en la magnitud de las asociaciones encontradas.

De manera similar, Yussuf y colaboradores evaluaron el IC al ingreso y durante las primeras horas de reanimación en pacientes con sepsis y choque séptico, mientras que Wira y su equipo analizaron la persistencia de elevaciones del IC durante las primeras 72 horas y su relación con mortalidad, disfunción orgánica y necesidad de vasopresores. Por su parte, Prasad estudió el ICM como predictor de requerimiento de ventilación mecánica invasiva. Estas diferencias metodológicas limitan la comparación directa de resultados, aunque en conjunto respaldan la utilidad potencial de los índices de choque como herramientas de estratificación clínica.

Desde una perspectiva clínica, estos hallazgos sugieren que los índices de choque pueden utilizarse como herramientas complementarias para la evaluación inicial del paciente con choque séptico. Su principal fortaleza radica en que son variables obtenidas de forma inmediata, no invasiva y sin costo adicional, características especialmente relevantes en servicios de urgencias, hospitales con recursos limitados o escenarios donde los biomarcadores de perfusión tisular no se encuentran disponibles de manera inmediata. No obstante, la magnitud de las asociaciones observadas indica que estos índices deben interpretarse como herramientas complementarias y no como sustitutos de la valoración clínica integral ni de otros marcadores de hipoperfusión.

Además de cuantificar la asociación entre los índices de choque y el lactato, los modelos de regresión permitieron derivar ecuaciones para estimar el valor esperado del lactato a partir de variables hemodinámicas simples. Aunque estas ecuaciones no fueron desa-

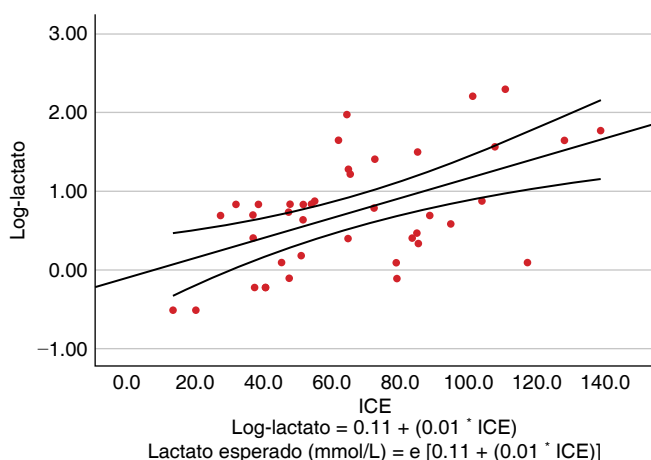


Figura 3: Asociación entre índice de choque ajustado por edad (ICE) y log-lactato.

Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el ICE y el logaritmo natural del lactato (log-lactato) sérico. La línea representa el modelo de regresión lineal simple.

Tabla 2: Correlación y modelos de regresión lineal simple entre los índices de choque y el log-lactato.

	CC	IC95%	p	R ² (log-lactato)	R ² ajustado (log-lactato)	Coefficiente (B)	Coefficiente estándar (Beta)	F	p
ICD	0.32	0.006-0.57	< 0.04	0.104	0.081	0.34	0.323	4.53	< 0.04
IC	0.49	0.21-0.70	≤ 0.001	0.216	0.196	0.75	0.465	10.75	< 0.002
ICM	0.41	0.10-0.64	< 0.008	0.171	0.150	0.54	0.413	8.03	< 0.007
ICE	0.44	0.14-0.66	< 0.004	0.285	0.267	0.012	0.534	15.54	≤ 0.001
PP	-0.307	-0.56-0.01	0.05	0.082	0.059	-0.017	-0.287	3.5	0.069

CC = coeficiente de correlación. IC = índice de choque. IC = índice de choque. IC95% = intervalo de confianza de 95%. ICD = índice de choque diastólico. ICE = índice de choque ajustado por edad. ICM = índice de choque modificado. PP = presión de pulso. Se presentan coeficientes de correlación con IC95%, coeficientes de regresión no estandarizados (B) y estandarizados (Beta), R², R² ajustado y estadísticos F del modelo y significancia estadística (p).

rolladas como herramientas predictivas para la toma de decisiones clínicas y requieren validación externa, representan una aproximación cuantitativa que podría servir como base para el desarrollo de futuros modelos de estimación en choque séptico.

Las limitaciones del estudio incluyen la naturaleza observacional, que impide establecer relaciones causales y permite únicamente identificar asociaciones entre los índices de choque y los niveles de lactato. Aunque el tamaño muestral cumplió con el cálculo realizado previamente para los análisis planteados e incluso fue ligeramente superior al requerido, el número absoluto de pacientes fue relativamente pequeño, lo que pudo contribuir a intervalos de confianza amplios en algunas estimaciones. Asimismo, no se realizó ajuste por posibles variables de confusión ni por intervenciones terapéuticas previas, como la administración inicial de líquidos, vasopresores u otras medidas de reanimación que podrían modificar tanto los índices de choque como los niveles de lactato. Adicionalmente, la presión arterial fue obtenida mediante métodos no invasivos, lo que puede influir en la precisión de algunas mediciones hemodinámicas.

También es necesario considerar, como parte de las limitaciones, aquellos pacientes con mayor capacidad de compensación, fenotipo y curso de la sepsis, estados de incoherencia hemodinámica, diferente perfil cardiovascular, genético y metabólico en la población mexicana que pudiera influir en los resultados, así como otras variables no contempladas que pudieran influir tanto en los índices de choque y los niveles de lactato.

Como perspectiva debe continuar explorándose la relación entre los índices de choque, la PP y otras variables involucradas en sepsis, mediante análisis de regresión lineal, logística, curvas ROC y pruebas diagnósticas para evaluar el valor predictivo de los diferentes puntos de corte con los niveles de lactato, delta de CO_2 [$\Delta p(v-a)\text{CO}_2$] e índice mitocondrial [$\Delta p(v-a)\text{CO}_2 / \Delta(a-v)\text{O}_2$] como parámetros indirectos de hipoperfusión, mortalidad y complicaciones, así como con el llenado capilar (con mediciones estandarizadas y objetivas evitando el sesgo interevaluador) en población mexicana, fenotípica y metabólicamente diferente de la población evaluada y reportada en la mayor parte de la literatura, sin pasar por alto la influencia de ciertos factores fisiológicos asociados con la edad en los cambios de tensión arterial, como la rigidez arterial, disminución de la sensibilidad barorreceptora, entre otros, que pudieran modificar la utilidad o puntos de corte estos índices en adultos mayores por los cambios en la tensión arterial sistólica o diastólica en esta población.

CONCLUSIONES

Todos los índices de choque evaluados mostraron asociación con los niveles de lactato, aunque con magnitud

variable. El ICE presentó la mayor capacidad explicativa dentro de los modelos analizados, seguido del IC y del ICM; mientras que el ICD mostró una asociación positiva, pero de menor magnitud. Estos resultados sugieren que los índices de choque pueden aportar información complementaria sobre el estado de hipoperfusión en pacientes con choque séptico; sin embargo, su capacidad explicativa aislada es limitada y no permite sustituir otros parámetros clínicos o bioquímicos utilizados en la evaluación hemodinámica. Se requieren estudios prospectivos multicéntricos con mayor tamaño muestral para validar estos hallazgos, determinar puntos de corte óptimos y establecer su utilidad clínica en la población mexicana.

REFERENCIAS

1. Canedo CNA, Gómez FSS, Mendoza PE, et al. *Sepsis: de la fisiopatología a la clínica*. México: ZarPra Ediciones; 2023.
2. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016;315(8):801-810. doi: 10.1001/jama.2016.0287.
3. Mendez JIA. Código sepsis en urgencias. *Arch Med Urg Mex*. 2024;16(1):8-11. doi: 10.35366/115757.
4. Gorordo-Delsol LA, Merinos-Sánchez G, Estrada-Escobar RA, et al. Sepsis y choque séptico en los servicios de urgencias de México: estudio multicéntrico de prevalencia puntual. *Gac Med Mex*. 2020;156(6). doi: 10.24875/GMM.19005468.
5. Chiscano-Camón L, Plata-Menchaca E, Ruiz-Rodríguez JC, Ferrer R. Fisiopatología del shock séptico. *Med Intensiva*. 2022;46:1-72. doi: 10.1016/j.medin.2022.03.017.
6. Arguelles-Pérez C, Torres-Aguilar O, Monares-Zepeda E, Sánchez-Díaz JS, Peniche-Moguel KG. Los 5 principios hemodinámicos del Dr. Pinsky. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2020;20(1):45-49. doi: 10.1016/j.acci.2019.10.001.
7. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the european society of intensive care medicine. *Intensive Care Med*. 2014;40(12):1795-1815. doi: 10.1007/s00134-014-3525-z.
8. Teboul JL. How to integrate hemodynamic variables during resuscitation of septic shock? *J Intensive Med*. 2023;3(2):131-137. doi: 10.1016/j.jointm.2022.09.003.
9. Ospina-Tascón GA, Teboul JL, Hernandez G, et al. Diastolic shock index and clinical outcomes in patients with septic shock. *Ann Intensive Care*. 2020;10(1):41. doi: 10.1186/s13613-020-00658-8.
10. Sotello D, Yang S, Nugent K. Comparison of the shock index, modified shock index, and age shock index in adult admissions to a tertiary hospital. *Southwest Respir Crit Care Chron*. 2019;7(28):18-23. doi: 10.12746/swrccc.v7i28.539.
11. Fernández JD, Núñez WA, Vargas MP. Utilización del índice de shock en el manejo de pacientes con sepsis severa y choque séptico: una revisión sistemática. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2016;16(4):262-269. doi: 10.1016/j.acci.2016.08.005.
12. Fernández JD, Castañeda-González JP, Zambrano JI, Martínez FE, Ortiz MA. Evaluación del índice de shock en choque séptico: una revisión sistemática. *Med Intensiva*. 2024;48(11):e10-e19. doi: 10.1016/j.medin.2024.06.011.
13. Yussof SJ, Zakaria MI, Mohamed FL, et al. Value of shock index in prognosticating the short-term outcome of death for patients presenting with severe sepsis and septic shock in the emergency department. *Med J Malaysia*. 2012;67(4):406-411.
14. Wira CR, Francis MW, Bhat S, Ehrman R, Conner D, Siegel M. The shock index as a predictor of vasopressor use in emergency department patients with severe sepsis. *West J Emerg Med*. 2014;15(1):60-66.
15. Jouffroy R, Gilbert B, Thomas L, et al. Association between prehospital shock index variation and 28-day mortality among

- patients with septic shock. *BMC Emerg Med.* 2022;22(1):872. doi: 10.1186/s12873-022-00645-1.
16. Barbagelata Y, Castillo CL, Cáceres L, et al. El índice de shock e índice de shock ajustado por edad como predictores de muerte en la insuficiencia cardiaca descompensada. *Rev Argent Cardiol.* 2021;89(5):455-461. doi: 10.7775/rac.es.v89.i5.20443.
 17. Liu YC, Liu JH, Fang ZA, et al. Modified shock index and mortality rate of emergency patients. *World J Emerg Med.* 2012;3(2):114-117. doi: 10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2012.02.006.
 18. Devendra PKJ, Abhinov T, Himabindu KC, Rajesh K, Krishna MD. Modified shock index as an indicator for prognosis among sepsis patients with and without comorbidities presenting to the emergency department. *Cureus.* 2021;13(12):e20283. doi: 10.7759/cureus.20283.
 19. Jeon Y, Kim S, Ahn S, et al. Predicting septic shock in patients with sepsis at emergency department triage using systolic and diastolic shock index. *Am J Emerg Med.* 2024;78:196-201. doi: 10.1016/j.ajem.2024.01.029.
 20. Aguilar FG, Zepeda EM, Guerra MPG, Aguilar JAG, Nieto ORP, Romero GFY. Algoritmo de Emergencias Médicas de Chiapas para pacientes en estado de choque. *Med Crít.* 2022;36(3):168-173. doi: 10.35366/105383.
 21. De Backer D, Cecconi M, Chew MS, et al. A plea for personalization of the hemodynamic management of septic shock. *Crit Care.* 2022;26(1):377. doi: 10.1186/s13054-022-04255-y.
 22. Hernández G, Bakker J. Perspectives on perfusion monitoring in septic shock after the ANDROMEDA-SHOCK trial. *Med Intensiva.* 2019;43(9):578-581. doi: 10.1016/j.medin.2019.09.009.
 23. Hernández G, Ospina-Tascón GA, Damiani LP, et al. Effect of a resuscitation strategy targeting peripheral perfusion status vs serum lactate levels on 28-day mortality among patients with septic shock. *JAMA.* 2019;321(7):654-664. doi: 10.1001/jama.2019.0071.
 24. Mok G, Hendin A, Reardon P, Hickey M, Gray S, Yadav K. Macrocirculatory and microcirculatory endpoints in sepsis resuscitation. *J Intensive Care Med.* 2021;36(12):1385-1391. doi: 10.1177/0885066620982585.
 25. Epigmenio SP, Díaz JSS, Moguel KGP, Rodríguez EAM, Domínguez JEV, Sánchez MVC. Evaluación de la perfusión tisular en pacientes con choque séptico normodinámico versus hiperdinámico. *Med Crít.* 2018;32(6):344-350. doi: 10.35366/ti186c.
 26. Kiyatkin ME, Bakker J. Lactate and microcirculation as suitable targets for hemodynamic optimization in resuscitation of circulatory shock. *Curr Opin Crit Care.* 2017;23(4):348-354. doi: 10.1097/MCC.0000000000000423.
 27. Duarte-Mote J, Lee-Eng CV, Romero-Figueroa S, et al. Lactato: ¿marcador de hipoperfusión? *Med Int Mex.* 2019;35(6):934-943. doi: 10.24245/mim.v35i6.3173.
 28. Gupta S, Alam A. Shock index is better than conventional vital signs for assessing higher level of care and mortality in severe sepsis or shock. *Am J Emerg Med.* 2021;46:545-549. doi: 10.1016/j.ajem.2020.11.014.
 29. Fistera. Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal [Internet]. A Coruña: Fistera; 2026 [citado 2026 Jun 12]. Disponible en: <https://www.fistera.com/formacion/metodologia-investigacion/determinacion-tamano-muestral-para-calculacion-significacion-coeficiente-correlacion-lineal/>

Correspondencia:

Dr. Roberto Jesús Arellano Jurado

E-mail: roberto.arellano.j@gmail.com



Abordaje del paciente con obesidad sometido a cirugía bariátrica en la unidad de cuidados intensivos

Approach to patients with obesity undergoing bariatric surgery in the intensive care unit

Manuel Alberto Guerrero Gutiérrez,* Jesús Elías Ortiz Gómez,† Orlando Rubén Pérez Nieto,§
Diego Escarramán Martínez,¶ Marisa Minutti Palacios,|| Jorge Mario Antolínez Motta,**
Gerardo Alberto Solís Pérez,‡‡ Juan Carlos Flores Carrillo,§§ Ignacio Rodríguez Guevara,¶¶
Clemente Humberto Zúñiga Gil***

RESUMEN

Introducción: México presenta una alta prevalencia de sobrepeso y obesidad a nivel mundial, alcanzando entre 35 y 40% de la población. La cirugía bariátrica y metabólica se ha consolidado como una opción terapéutica eficaz para el control de la obesidad mórbida y sus comorbilidades; sin embargo, no está exenta de riesgos durante el periodo perioperatorio. Se ha reportado que aproximadamente el 10% de los pacientes reingresa al hospital en los primeros 90 días posteriores al procedimiento y cerca de la mitad de ellos requiere atención en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). A pesar de estas cifras, existe un subgrupo de pacientes cuyo riesgo no es identificado oportunamente mediante las escalas de predicción disponibles, lo que genera un subregistro en la verdadera necesidad de ingreso a UCI. Una adecuada estratificación del riesgo permitiría un ingreso oportuno a UCI, con el potencial de disminuir complicaciones, reducir la morbilidad y optimizar la estancia hospitalaria. **Material y métodos:** se realizó una búsqueda sistemática en junio de 2025 utilizando términos MeSH en Medline, Cochrane y LILACS. No se aplicaron restricciones por idioma ni por periodo de publicación. Se incluyeron estudios relacionados con cirugía bariátrica en población de UCI, excluyendo otros diseños, poblaciones distintas y documentos duplicados. **Conclusiones:** el paciente con obesidad sometido a cirugía bariátrica representa un reto clínico significativo debido al impacto fisiológico de la cirugía laparoscópica y a las alteraciones propias asociadas con la obesidad. Además, presenta un mayor riesgo de complicaciones perioperatorias, entre las que destacan el sangrado, el tromboembolismo pulmonar y las complicaciones pulmonares postoperatorias, las cuales pueden incrementar de manera significativa la morbilidad.

Palabras clave: obesidad, cirugía bariátrica, terapia intensiva, manejo crítico, complicaciones postoperatorias.

ABSTRACT

Introduction: Mexico has one of the highest prevalences of overweight and obesity worldwide, affecting approximately 35-40% of the population. Bariatric surgery has emerged as an effective therapeutic option for the management of morbid obesity and its associated comorbidities; however, it is not exempt from perioperative risks. It has been reported that nearly 10% of patients are readmitted within the first 90 days after surgery, and approximately half of these require admission to the Intensive Care Unit (ICU). Despite these figures, a subgroup of patients remains whose risk is not adequately identified through currently available predictive scoring systems, leading to an underestimation of the true need for critical care admission. Implementing accurate risk stratification strategies would enable timely admission to the

ICU, with the potential to significantly reduce postoperative complications, decrease morbidity and mortality, and optimize hospital length of stay as well as the utilization of healthcare resources. **Material and methods:** a systematic literature search was conducted in June 2025 using MeSH terms in Medline, Cochrane, and LILACS databases. No language or publication date restrictions were applied. Studies addressing bariatric surgery in populations admitted to the Intensive Care Unit (ICU) were included, while other study designs, different populations, and duplicate records were excluded. **Conclusions:** patients with obesity undergoing bariatric surgery represent a significant clinical challenge due to the physiological impact of laparoscopic surgery and the obesity-related physiological alterations. In addition, these patients are at increased risk of perioperative complications, including bleeding, pulmonary thromboembolism, and postoperative pulmonary complications, all of which may significantly increase morbidity and mortality.

Keywords: obesity, bariatric surgery, intensive care, critical care management, postoperative complications.

Abreviaturas:

ACS = American College of Surgeons (Colegio Americano de Cirujanos)

CBM = cirugía bariátrica y metabólica

CPAP = Continuous Positive Airway Pressure (presión positiva continua de la vía aérea)

DASI = Duke Activity Status Index (Índice del Estado de Actividad de Duke)

OS-MRS = Obesity Surgery-Mortality Risk Score (puntuación de riesgo de mortalidad en cirugía de obesidad)

ROTEM = ROTational ThromboElastoMetry (tromboelastometría rotacional)

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

VExUS = Venous Excess UltraSound (ultrasonografía del exceso venoso)

VNI = ventilación no invasiva

INTRODUCCIÓN

La obesidad constituye una crisis sanitaria global en aumento.^{1,2} Ante la limitada eficacia del tratamiento conservador, la cirugía bariátrica se ha consolidado como la intervención más efectiva para el manejo de la obesidad y sus comorbilidades,³⁻⁵ aunque no está exenta de riesgos en pacientes de alto riesgo y con potencial de complicaciones. La creciente inclusión de adultos mayores, con una prevalencia de 41.9%,^{6,7} añade complejidad; sin embargo, las tasas de complicaciones (7.9%) y mortalidad (0.7%) son comparables a la población general, lo que respalda su seguridad en pacientes seleccionados.⁸

* New City Hospital. Tijuana, México. UABC, Tijuana. ORCID: 0000-0002-0645-1836

† Centro Médico Bariátrico de Tijuana. Baja California, México.

§ Hospital General San Juan del Río. Querétaro, México. ORCID: 0000-0001-8817-7000

¶ Centro Médico Nacional «La Raza». México. ORCID: 0000-0003-3190-0258

|| Centro Médico ABC. México.

** Hospital General «Dr. Manuel Gea González». México.

‡‡ Unidad Médica de Alta Especialidad No. 14, Instituto Mexicano del Seguro Social. Veracruz, México.

§§ New City Hospital. Tijuana, México. ORCID: 0009-0005-2997-0013

¶¶ Hospital General San Juan del Río. Querétaro, México. ORCID: 0009-0004-7563-5905

*** New City Hospital. Tijuana, México.

Recibido: 22/02/2026. Aceptado: 08/06/2026.

Citar como: Guerrero GMA, Ortiz GJE, Pérez NOR, Escarramán MD, Minutti PM, Antolínez MJM et al. Abordaje del paciente con obesidad sometido a cirugía bariátrica en la unidad de cuidados intensivos. Med Crit. 2026;40(4):326-332. <https://dx.doi.org/10.35366/124256>

www.medigraphic.com/medicinacritica

En México, entre 35 y 40% de los adultos presentan sobrepeso u obesidad.⁹ Aunque el ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) es bajo (3-5%),^{7,8} hasta 29% de los pacientes acude a urgencias y 10% requiere reintegro tras la cirugía,¹⁰⁻¹² lo que sugiere una subestimación de la carga real. Además, las escalas actuales no identifican adecuadamente a todos los pacientes en riesgo,^{13,14} limitando el ingreso oportuno a cuidados críticos. Una mejor estratificación podría reducir complicaciones, mejorar la morbimortalidad y optimizar los recursos sanitarios.¹⁵⁻¹⁹

Dada la limitada disponibilidad de informes de síntesis de evidencia respecto a los resultados clave relacionados con el ingreso a la UCI en pacientes sometidos a cirugía bariátrica, el presente estudio tuvo como objetivo realizar una revisión de alcance (*scoping review*) de la literatura existente. Esta revisión se centró en identificar y analizar la evidencia disponible acerca de los beneficios potenciales del ingreso a UCI en esta población, destacando los siguientes puntos críticos:

1. Escalas de riesgo del paciente sometido a cirugía bariátrica.
2. Criterios de ingreso a UCI en el paciente postoperado de cirugía bariátrica.
3. Principales complicaciones y diagnósticos de ingreso a la UCI de esta población.
4. Optimización del paciente bariátrico en la UCI.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se aplicaron estrategias de búsqueda con términos de Mesh en Medline, Cochrane y LILACS en junio de 2025. La estrategia de investigación no se limitó a un período específico. La búsqueda incluyó todos los estudios sobre cirugía bariátrica y metabólica (CBM) en la pobla-

ción de estudio de la UCI, sin limitación de idioma. Se excluyeron otros tipos de diseño de investigación, otras poblaciones de investigación y documentos duplicados (*Figura 1*).

RESULTADOS

Con base en la búsqueda realizada, uno de los objetivos principales fue sintetizar la evidencia disponible sobre los resultados clínicos más frecuentemente reportados en estudios relacionados con la cirugía bariátrica y con el ingreso a la UCI. Entre los hallazgos más comunes se identificaron los diagnósticos y las complicaciones postoperatorias, los cuales fueron reportados de manera constante en distintos periodos de seguimiento.

ESCALAS DE RIESGO DEL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA BARIÁTRICA

La identificación oportuna del paciente de alto riesgo sometido a cirugía bariátrica y metabólica es fundamental. Para ello, se han desarrollado diversas escalas que permiten estratificar el riesgo desde distintos enfoques, incluyendo la capacidad funcional,²⁰ el riesgo tromboembólico^{21,22} y modelos multifactoriales integrales.²³

Entre las herramientas más utilizadas destacan el *Duke Activity Status Index* (DASI),²⁰ la calculadora de riesgo tromboembólico de la Clínica Cleveland²² y el *Obesity Surgery-Mortality Risk Score* (OS-MRS).^{23,24} De forma complementaria, puede emplearse la calculadora del *American College of Surgeons* (ACS).²⁵⁻²⁷

En este estudio se seleccionaron las escalas con mayor validación y rigor estadístico, centrándose el análisis en estas tres principales. Se presenta una tabla comparativa que resume sus características, variables, utilidad clínica y limitaciones (*Tabla 1*).

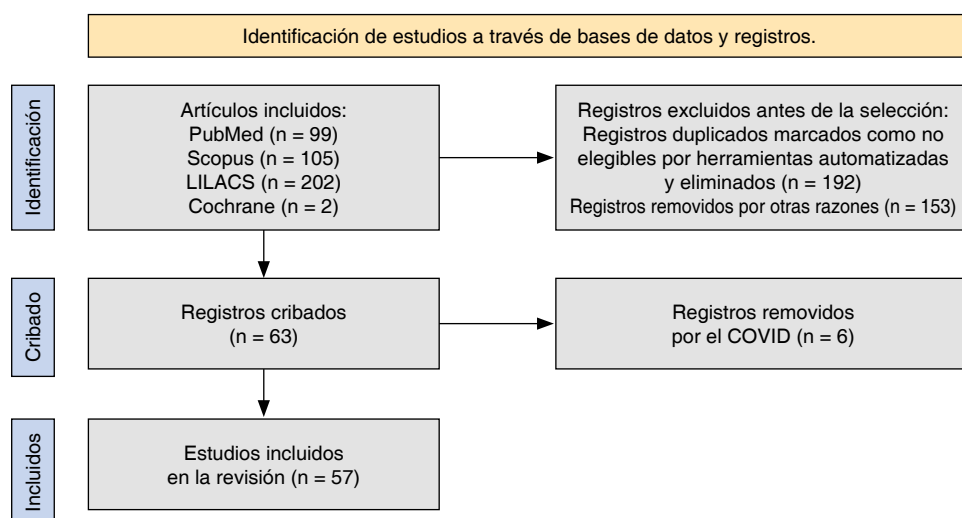


Figura 1:

Diagrama de flujo PRISMA: selección y exclusión de estudios.

Tabla 1: Escalas para la estratificación de riesgo en el paciente sometido a cirugía bariátrica.

Escala/calculadora	Variables principales	Utilidad clínica	Limitaciones
DASI (<i>Duke Activity Status Index</i>)	12 ítems sobre actividades cotidianas; puntaje máximo 58.2	Evalúa capacidad funcional y riesgo cardiovascular preoperatorio	Autorreporte; puede subestimar/sobrestimar capacidad real
Calculadora de la Clínica de Cleveland (RTE)	Factores clínicos y comorbilidades para riesgo tromboembólico	Predice riesgo de tromboembolismo venoso en pacientes quirúrgicos	Validada en poblaciones específicas; requiere datos clínicos completos
OS-MRS (<i>Obesity Surgery-Mortality Risk Score</i>)	Edad, IMC ≥ 50 , sexo masculino, HTA, riesgo tromboembólico	Predice mortalidad perioperatoria en cirugía bariátrica	No incluye factores funcionales; puede infraestimar riesgo en pacientes complejos
ACS <i>Bariatric Risk Calculator</i>	Datos clínicos e intraoperatorios en plataforma en línea	Predice complicaciones y mortalidad con rigor estadístico (ACS)	Requiere conexión a internet; no siempre aplicable en entornos con recursos limitados

ACS = *American College of Surgeons* (Colegio Americano de Cirujanos). IMC = índice de masa corporal. OS-MRS = *Obesity Surgery-Mortality Risk Score* (puntuación de riesgo de mortalidad en cirugía de obesidad). RTE = riesgo de tromboembolismo venoso.

CRITERIOS DE INGRESO A LA UCI PARA EL PACIENTE SOMETIDO A CBM

OS-MRS y predicción de ingreso a UCI en cirugía bariátrica

En la evaluación del *Obesity Surgery-Mortality Risk Score* (OS-MRS) como predictor de ingreso a UCI en cirugía bariátrica laparoscópica, sólo 2% de los pacientes requirió cuidados intensivos. No obstante, la estratificación mediante OS-MRS, junto con variables clínicas, permitió identificar a los pacientes de mayor riesgo. Se asociaron significativamente con ingreso a UCI: edad ≥ 58 años, ≥ 5 comorbilidades y tiempo quirúrgico > 171 minutos, además del sexo masculino como factor independiente.²⁴

El OS-MRS clasifica a los pacientes en tres categorías (A, B y C), siendo la clase C la más relacionada con ingreso a UCI. En contraste, el índice de masa corporal no se identificó como predictor independiente, lo que refuerza la necesidad de una valoración multifactorial, ver [Tabla 2](#).^{26,27} En conjunto, el OS-MRS es una herramienta útil, pero debe complementarse con variables clínicas, ya que el IMC aislado no justifica ingreso a UCI.

FACTORES PREDICTIVOS DE INGRESO A UCI EN CIRUGÍA BARIÁTRICA

La [Tabla 3](#) muestra un resumen basado en el artículo: *Obesity Surgery Mortality Risk Score as a Predictor for Intensive Care Unit Admission in Patients Undergoing Laparoscopic Bariatric Surgery*.²⁴

PRINCIPALES COMPLICACIONES Y DIAGNÓSTICOS DE INGRESO A LA UCI EN EL PACIENTE POSTOPERADO DE CBM

Limitarse a enumerar complicaciones como causa de ingreso a UCI en el postoperatorio de cirugía bariá-

Tabla 2: Escala de riesgo de mortalidad en el paciente con obesidad. OS-MRS (*Obesity Surgery-Mortality Risk Score*).

Factor de riesgo		Puntos
Índice de masa corporal > 50 kg/m ²		1
Masculino		1
Edad > 45 años		1
Hipertensión arterial sistémica		1
Factores de riesgo para embolismo pulmonar (trombosis venosa profunda, filtro en vena cava, hipertensión pulmonar, síndrome de apnea obstructiva del sueño)		1
Clase	Puntos	Mortalidad (%)
A	0-1	0.2-0.3
B	2-3	1.1-1.5
C	4-5	2.4-3

trica puede resultar reduccionista, dada la complejidad del paciente y del procedimiento. Por ello, es fundamental un abordaje integral y estructurado desde el postoperatorio inmediato. Un elemento clave es la adecuada comunicación y registro de eventos intraoperatorios y tempranos, ya que errores en el *handoff* se asocian con desenlaces adversos; pese a su relevancia, aún existen deficiencias en su estandarización.¹⁸

La evidencia demuestra que una entrega estructurada mediante listas de verificación mejora la continuidad terapéutica, el cumplimiento de objetivos clínicos y la detección temprana del deterioro, impactando positivamente en la evolución del paciente.^{18,19} En este contexto, el manejo del paciente bariátrico requiere un enfoque multidisciplinario, protocolos definidos, entrenamiento continuo y recursos adecuados para monitorización y movilización segura.

Las principales causas de ingreso a UCI incluyen complicaciones quirúrgicas como sangrado, lesiones intraoperatorias y fallas relacionadas con anastomosis, cuya presentación varía según la técnica empleada. La limitada visualización directa en anastomosis mecáni-

cas refuerza la importancia de un reporte quirúrgico detallado para orientar el diagnóstico.

Finalmente, la vigilancia clínica estrecha es esencial. Signos tempranos como taquicardia, llenado capilar retardado, palidez y deshidratación, deben evaluarse de forma seriada tras intervenciones iniciales, para permitir una detección oportuna de complicaciones y una mejor toma de decisiones, lo que impacta favorablemente en el pronóstico.²⁰

OPTIMIZACIÓN DEL PACIENTE BARIÁTRICO EN LA UCI

Extubación segura y soporte ventilatorio no invasivo

En el paciente con obesidad sometido a cirugía bariátrica, la extubación y el postoperatorio inmediato representan un periodo crítico por el riesgo combinado de

Tabla 3: Factores predictivos de ingreso a terapia intensiva con base en la OS-MRS (*Obesity Surgery-Mortality Risk Score*).

Factor predictivo	Punto de corte/clasificación	Implicación clínica
Edad, años	≥ 58	Mayor riesgo de ingreso a UCI
Número de comorbilidades	≥ 5	Asociado con mayor probabilidad de complicaciones críticas
Duración de la cirugía, minutos	≥ 171	Predice necesidad de vigilancia intensiva postoperatoria
OS-MRS	Clase A (0-1) = bajo riesgo Clase B (2-3) = intermedio Clase C (4-5) = alto riesgo	Clase C se asocia significativamente con ingreso a UCI
IMC	No se identificó punto de corte significativo	IMC aislado no es predictor independiente de ingreso a UCI

IMC = índice de masa corporal. UCI = Unidad de Cuidados Intensivos.

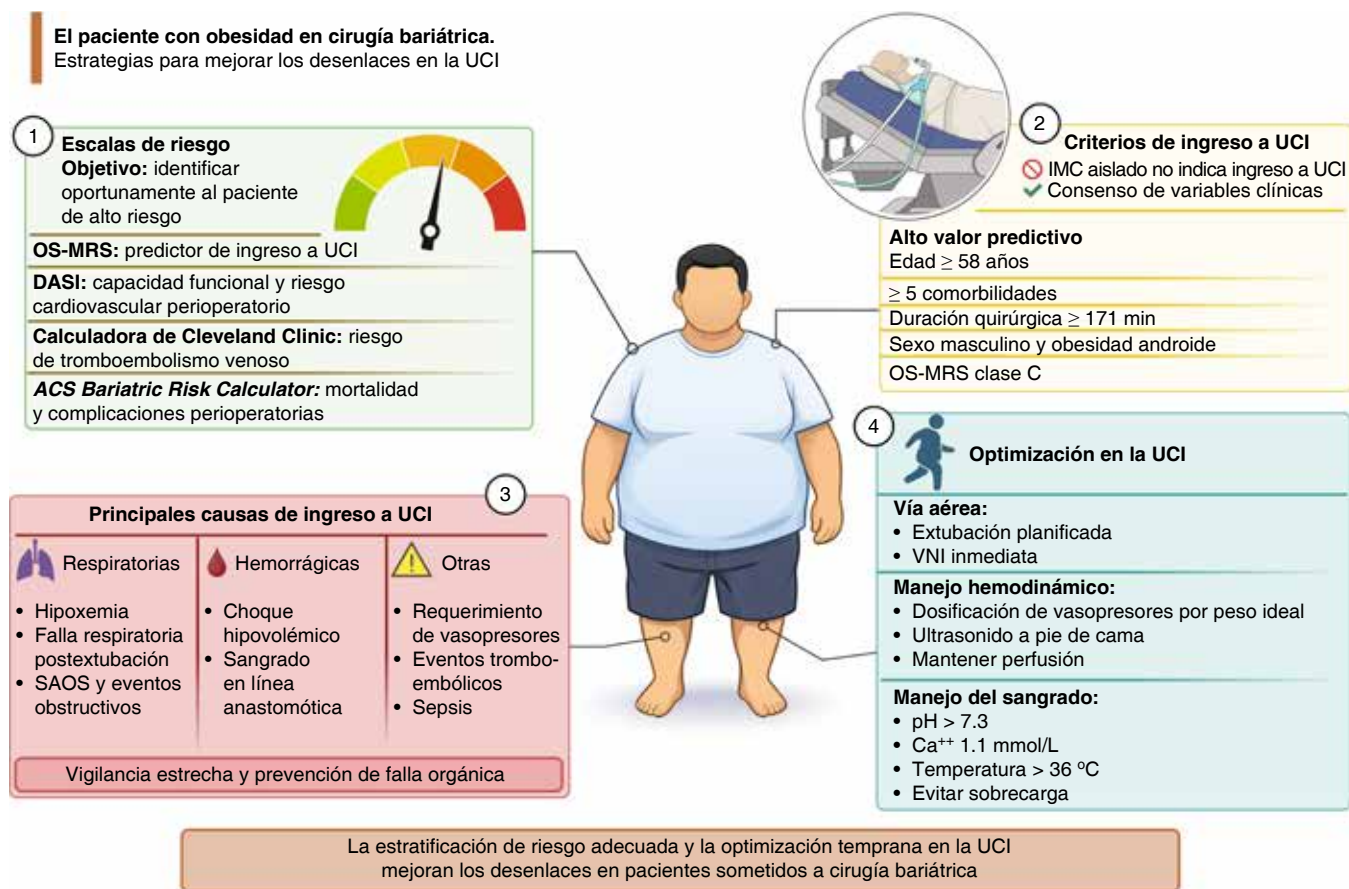


Figura 2: Estratificación de riesgo y optimización del paciente con obesidad sometido a cirugía bariátrica en la Unidad de Cuidados Intensivos.

ACS = American College of Surgeons (Colegio Americano de Cirujanos). DASI = Duke Activity Status Index (Índice del Estado de Actividad de Duke). IMC = índice de masa corporal. OS-MRS = Obesity Surgery-Mortality Risk Score (puntuación de riesgo de mortalidad en cirugía de obesidad). UCI = Unidad de Cuidados Intensivos. VNI = ventilación no invasiva.

complicaciones respiratorias y reintubación difícil.²⁸⁻³⁰ La presencia de síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS) se asocia con mayor desaturación, insuficiencia respiratoria y transferencia a UCI (*Odds Ratio* [OR] ~2.81),³¹ además de un incremento de 3-4 veces en la dificultad de la vía aérea.³² En este contexto, una extubación fallida implica un escenario de alto riesgo, por lo que es fundamental optimizar estrategias preventivas.³³⁻³⁵

La evidencia respalda el uso temprano de presión positiva no invasiva (CPAP/VNI) tras la extubación, debido a atelectasias y complicaciones pulmonares,^{36,37} lo cual mejora la mecánica pulmonar y reduce la pérdida de volumen pulmonar.³⁸ Ensayos clínicos como EXTUB-OBESE y HIGH-WEAN demuestran que la VNI profiláctica disminuye el fracaso terapéutico, la reintubación y la mortalidad en pacientes con obesidad, especialmente en IMC ≥ 40 kg/m².³⁹⁻⁴¹ De forma consistente, metaanálisis recientes confirman que la VNI, sola o combinada con alto flujo, reduce la reintubación y la mortalidad a corto plazo (número necesario a tratar [NNT] ~10-15).⁴²⁻⁴⁴

En el paciente crítico con obesidad mórbida, el estado de choque puede incrementar la mortalidad hasta 50%.^{45,46} El manejo con vasopresores requiere especial atención debido a variaciones en la dosificación; se recomienda utilizar peso ideal o ajustado y titular según respuesta clínica.⁴⁷⁻⁵⁰ Asimismo, la administración de líquidos y monitorización puede ser compleja, favoreciendo el uso de líneas arteriales y herramientas como ultrasonografía del exceso venoso, por sus siglas en inglés (VExUS) para evaluación hemodinámica dirigida.⁵¹⁻⁵⁴

Finalmente, el abordaje del sangrado debe ser sistemático, diferenciando origen quirúrgico o microvascular. La optimización del entorno hemostático es clave, incluyendo normotermia, corrección de calcio y pH, y evitando hemodilución excesiva, lo cual mejora la formación del coágulo y la interpretación de estudios como tromboelastometría rotacional, por sus siglas en inglés (ROTEM).⁵⁵⁻⁵⁸

CONCLUSIÓN

La evaluación preoperatoria debe incluir herramientas validadas como el OS-MRS, la valoración de la capacidad funcional (DASI), la estimación del riesgo tromboembólico y calculadoras de riesgo global. El ingreso a la UCI debe basarse en variables clínicas y no en el índice de masa corporal aislado. Las principales causas de ingreso incluyen complicaciones respiratorias, hemorrágicas y hemodinámicas. La optimización en UCI debe centrarse en una estrategia ventilatoria con presión positiva temprana, en la dosificación adecuada de vasopresores basada en el peso ideal o ajustado, en la

monitorización hemodinámica dirigida a objetivos y en la corrección sistemática de factores que afectan la hemostasia. La estratificación adecuada y la intervención temprana se asocian con mejores desenlaces clínicos.

Las recomendaciones prácticas derivadas de la evidencia revisada se resumen en la *Figura 2*.

REFERENCIAS

1. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19.2 million participants. *Lancet*. 2016;387(10026):1377-1396.
2. Schauer PR, Bhatt DL, Kirwan JP, et al. Bariatric surgery versus intensive medical therapy for diabetes--3-year outcomes. *N Engl J Med*. 2014;370(21):2002-13. doi: 10.1056/NEJMoa1401329.
3. Lingvay I, Cohen RV, Roux CWL, Sumithran P. Obesity in adults. *Lancet*. 2024;404(10456):972-987. doi: 10.1016/S0140-6736(24)01210-8.
4. Rubino F, Cummings DE, Eckel RH, et al. Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2025;13(3):221-262. doi: 10.1016/S2213-8587(24)00316-4.
5. Hales CM, Carroll MD, Fryar CG, Ogden CL. Prevalence of obesity and severe obesity among adults: United States, 2017-2018. *NCHS Data Brief*. 2020;(360):1-8.
6. Goldberg I, Yang J, Nie L, et al. Safety of bariatric surgery in patients older than 65 years. *Surg Obes Relat Dis*. 2019;15(8):1380-1387. doi: 10.1016/j.soard.2019.05.016.
7. Barajas-Gamboa JS, Restrepo-Rodas G, Mocanu V, et al. Evaluating postoperative conversion trends in the elderly: an Metabolic and Bariatric Surgery Accreditation and Quality Improvement Program-based analysis of bariatric surgery outcomes. *Surg Obes Relat Dis*. 2025;21(8):949-955. doi: 10.1016/j.soard.2025.04.002.
8. Bartosiak K, Różańska-Waledziak A, Waledziak M, et al. The safety and benefits of laparoscopic sleeve gastrectomy in elderly patients: a case-control study. *Obes Surg*. 2019;29(7):2233-2237. doi: 10.1007/s11695-019-03830-7.
9. Campos-Nonato I, Galván-Valencia O, Hernández-Barrera L, Oviedo-Solís C, Barquera S. Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la Ensanut 2022. *Salud Publica Mex*. 2023;65:s238-s247. Spanish. doi: 10.21149/14809. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2022/doctos/analiticos/31-Obesidad.y.riesgo-ENSANUT2022-14809-72498-2-10-20230619.pdf>
10. Froylich D, Corcelles R, Davis M, et al. Factors associated with length of stay in intensive care after bariatric surgery. *Surg Obes Relat Dis*. 2016;12(7):1391-1396. doi: 10.1016/j.soard.2015.11.031.
11. Samuels JM, Helmkamp L, Carmichael H, Rothchild K, Schoen J. Determining the incidence of postbariatric surgery emergency department utilization: an analysis of a statewide insurance database. *Surg Obes Relat Dis*. 2021;17(8):1465-1472.
12. Farooqi S, Montrieff T, Koyfman A, Long B. High risk and low incidence diseases: bariatric surgery complications. *Am J Emerg Med*. 2025;87:113-122. doi: 10.1016/j.ajem.2024.10.050
13. Chand B, Prathanvanich P. Critical care management of bariatric surgery complications. *J Intensive Care Med*. 2016;31(8):511-528. doi: 10.1177/0885066615593067.
14. Quilliot D, Sirveaux MA, Nomine-Criqui C, Fouquet T, Reibel N, Brunaud L. Evaluation of risk factors for complications after bariatric surgery. *J Visc Surg*. 2018;155(3):201-210. doi: 10.1016/j.jviscsurg.2018.01.004.
15. Husain F, Jeong IH, Spight D, Wolfe B, Mattar SG. Risk factors for early postoperative complications after bariatric surgery. *Ann Surg Treat Res*. 2018;95(2):100-110. doi: 10.4174/astr.2018.95.2.100.
16. Gluszyńska P, Diemietczyk I, Szczerbiński Ł, Kretowski A, Major P, Razak HH. Risk factors for early and late complications

- after laparoscopic sleeve gastrectomy in one-year observation. *J Clin Med*. 2022;11(2):436. doi: 10.3390/jcm11020436.
17. Arterburn DE, Olsen MK, Smith VA, et al. Association between bariatric surgery and long-term survival. *JAMA*. 2015;313(1):62-70. doi: 10.1001/jama.2014.16968.
 18. Carron M. Enhanced recovery after bariatric surgery and admission to the intensive care unit: a potential paradox. *Obes Surg*. 2025;35(8):2785-2786. doi: 10.1007/s11695-025-07990-7. Epub 2025 Jun 24. PMID: 40553317.
 19. Clavien PA, Barkun J, de Oliveira ML, et al. The Clavien-Dindo classification of surgical complications: five-year experience. *Ann Surg*. 2009;250(2):187-196. doi: 10.1097/SLA.0b013e3181b13ca2.
 20. Turan H, Yasaci Z, Elkan H. Reliability and validity of the duke activity status index in bariatric surgery individuals living with obesity: insights into prognostic value. *Obes Surg*. 2025;35(3):860-866. doi: 10.1007/s11695-025-07714-x.
 21. Mey-Ruiz N, Barney-Briseño D, Berrón-Pérez SA. Tromboprolaxis en el paciente sometido a cirugía bariátrica. *Critical Care and Emergency Medicine*. doi: 10.58281/ccem24120906.
 22. Gunaratne T, Schulte R, Moss S, Lisheba O, Rothberg MB. Use of a risk assessment model for venous thromboembolism is associated with decreased prophylaxis. *J Gen Intern Med*. 2025;40(15):3649-3657. doi: 10.1007/s11606-025-09592-6.
 23. Efthimiou E, Court O, Sampalis J, Christou N. Validation of obesity surgery mortality risk score in patients undergoing gastric bypass in a canadian center. *Surg Obes Relat Dis*. 2009;5(6):643-647. doi: 10.1016/j.soard.2009.08.010.
 24. Aceto P, De Cicco R, Calabrese C, et al. Obesity surgery mortality risk score as a predictor for intensive care unit admission in patients undergoing laparoscopic bariatric surgery. *J Clin Med*. 2024;13(8):2252. doi: 10.3390/jcm13082252.
 25. Tewksbury C, Geng Z, Foster M, et al. Validation and improvement of a highly predictive bariatric surgery mortality risk calculator to include sleeve gastrectomy using MBSAQIP 2015-2017 data. *Surg Obes Relat Dis*. 2020;16(6):725-731. doi: 10.1016/j.soard.2020.02.011.
 26. Grieco A, Huffman KM, Cohen ME, et al. The metabolic and bariatric surgery accreditation and quality improvement program bariatric surgical risk/benefit calculator: 30-day risk. *Surg Obes Relat Dis*. 2021;17(6):1117-1124. doi: 10.1016/j.soard.2021.02.005.
 27. DeMaria EJ, Portenier D, Wolfe L. Obesity surgery mortality risk score: proposal for a clinically useful score to predict mortality risk in patients undergoing gastric bypass. *Surg Obes Relat Dis*. 2007;3(2):134-140. doi: 10.1016/j.soard.2007.01.005.
 28. Schetz M, De Jong A, Deane AM, et al. Obesity in the critically ill: a narrative review. *Intensive Care Med*. 2019;45(6):757-769.
 29. Li S, Fu Z, Zhang W, Liu H. Impact of obesity on intensive care unit outcomes in older patients with critical illness: a cohort study. *PLoS One*. 2024;19(2):e0297635. doi: 10.1371/journal.pone.0297635.
 30. De Jong A, Wrigge H, Hedenstierna G, et al. How to ventilate obese patients in the ICU. *Intensive Care Med*. 2020;46(12):2423-2435. doi: 10.1007/s00134-020-06286-x.
 31. Sun X, Yu J, Luo J, Xu S, Yang N, Wang Y. Meta-analysis of the association between obstructive sleep apnea and postoperative complications. *Sleep Med*. 2022;91:1-11. doi: 10.1016/j.sleep.2021.11.019.
 32. Nagappa M, Wong DT, Cozowicz C, Ramachandran SK, Memtsoudis SG, Chung F. Is obstructive sleep apnea associated with difficult airway? Evidence from a systematic review and meta-analysis of prospective and retrospective cohort studies. *PLoS One*. 2018;13(10):e0204904. doi: 10.1371/journal.pone.0204904.
 33. Ni YN, Luo J, Yu H, et al. Can body mass index predict clinical outcomes for patients with acute lung injury/acute respiratory distress syndrome? A meta-analysis. *Crit Care*. 2017;21(1):36. doi: 10.1186/s13054-017-1615-3.
 34. Hogue CW Jr, Stearns JD, Colantuoni E, et al. The impact of obesity on outcomes after critical illness: a meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2009;35(7):1152-70. doi: 10.1007/s00134-009-1424-5.
 35. Parikh R, Garcia MA, Rajendran I, et al. ICU outcomes in Covid-19 patients with obesity. *Ther Adv Respir Dis*. 2020;14:1753466620971146. doi: 10.1177/1753466620971146.
 36. Mancilla-Galindo J, Ortiz-Gomez JE, Pérez-Nieto OR, et al. Preoperative atelectasis in patients with obesity undergoing bariatric surgery: a cross-sectional study. *Anesth Analg*. 2025;140(6):1450-1460. doi: 10.1213/ANE.00000000000007166.
 37. García-García ML, Martín-Lorenzo JG, Lirón-Ruiz R, Torralba-Martínez JA, García-López JA, Aguayo-Albasini JL. Failure of the obesity surgery mortality risk score (OS-MRS) to predict postoperative complications after bariatric surgery. A single-center series and systematic review. *Obes Surg*. 2017;27(6):1423-1429. doi: 10.1007/s11695-016-2506-4.
 38. Neligan PJ, Malhotra G, Fraser M, et al. Continuous positive airway pressure via the Boussignac system immediately after extubation improves lung function in morbidly obese patients with obstructive sleep apnea undergoing laparoscopic bariatric surgery. *Anesthesiology*. 2009;110(4):878-884. doi: 10.1097/ALN.0b013e31819b5d8c.
 39. De Jong A, Bignon A, Stephan F, et al. Effect of non-invasive ventilation after extubation in critically ill patients with obesity in France: a multicentre, unblinded, pragmatic randomised clinical trial. *Lancet Respir Med*. 2023;11(6):530-539. doi: 10.1016/S2213-2660(22)00529-X.
 40. De Jong A, Huguet H, Bignon A, et al. Noninvasive ventilation in postoperative critically ill patients with morbid obesity: secondary analysis of the EXTUBOBESE multicentre randomised clinical trial. *Br J Anaesth*. 2025;135(5):1477-1485. doi: 10.1016/j.bja.2025.09.002.
 41. Thille AW, Muller G, Gacouin A, et al. Effect of postextubation high-flow nasal oxygen with noninvasive ventilation vs high-flow nasal oxygen alone on reintubation among patients at high risk of extubation failure: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2019;322(15):1465-1475. doi: 10.1001/jama.2019.14901.
 42. Pensier J, Naudet-Lasserre A, Monet C, et al. Noninvasive respiratory support following extubation in critically ill adults with obesity: a systematic review and network meta-analysis. *EclinicalMedicine*. 2024;79:103002. doi: 10.1016/j.eclinm.2024.103002.
 43. Panzuti G, Pisani L, Nava S. Bridging the gap: the role of non-invasive respiratory supports in weaning from invasive mechanical ventilation. *J Clin Med*. 2025;14(20):7443. doi: 10.3390/jcm14207443.
 44. Xu Y, Yang S, Liu C, Zhang J, Ding M. Effects of different noninvasive oxygenation strategies in critically ill adults after extubation: An umbrella review of meta-analyses. *Respir Med*. 2025;250:108526. doi: 10.1016/j.rmed.2025.108526.
 45. Monnet X, Messina A, Greco M, et al. ESICM guidelines on circulatory shock and hemodynamic monitoring 2025. *Intensive Care Med*. 2025;51(11):1971-2012. doi: 10.1007/s00134-025-08137-z.
 46. Anderson MR, Shashaty MGS. Impact of obesity in critical illness. *Chest*. 2021;160(6):2135-2145. doi: 10.1016/j.chest.2021.08.001.
 47. Barletta JF, Erstad BL. Pitfalls and pearls with drug dosing in the critically ill obese patient: 10 statements to guide ICU practitioners. *J Crit Care*. 2022;71:154105. doi: 10.1016/j.jccr.2022.154105.
 48. Erstad BL, Barletta JF. Drug dosing in the critically ill obese patient: a focus on medications for hemodynamic support and prophylaxis. *Crit Care*. 2021;25(1):77. doi: 10.1186/s13054-021-03495-8.
 49. Erstad BL, Barletta JF. Drug dosing in the critically ill obese patient-a focus on sedation, analgesia, and delirium. *Crit Care*. 2020;24(1):315. doi: 10.1186/s13054-020-03040-z.
 50. Gorham J, Taccone FS, Hites M. Therapeutic drug monitoring of antimicrobials in critically ill obese patients. *Antibiotics (Basel)*. 2023;12(7):1099. doi: 10.3390/antibiotics12071099.
 51. Arabi YM, Belley-Cote E, Carsetti A, et al. European Society of Intensive Care Medicine clinical practice guideline on fluid therapy in adult critically ill patients. Part 1: the choice of resuscitation fluids. *Intensive Care Med*. 2024;50(6):813-831. doi: 10.1007/s00134-024-07369-9.

52. Mekontso DA, AlShamsi F, Belletti A, et al. European Society of Intensive Care Medicine (ESICM) 2025 clinical practice guideline on fluid therapy in adult critically ill patients: part 2-the volume of resuscitation fluids. *Intensive Care Med.* 2025;51(3):461-477. doi: 10.1007/s00134-025-07840-1.
53. Ostermann M, Alshamsi F, Artigas RA, et al. European Society of Intensive Care Medicine Clinical Practice Guideline on fluid therapy in adult critically ill patients: Part 3-fluid removal at de-escalation phase. *Intensive Care Med.* 2025;51(10):1749-1763. doi: 10.1007/s00134-025-08058-x.
54. Zhai SS, Shang L, Ren DZ, Chen YY, Wang H. Portable handheld ultrasound for VExUS assessment in critical care: Reliability and time efficiency in resident-led examinations. *J Crit Care.* 2026;91:155224. doi: 10.1016/j.jcrc.2025.155224.
55. Bicudo BP, Rodrigues de Oliveira-Filho J, Ivano VK, Cazzo E. Effectiveness of prophylactic doses of tranexamic acid in reducing hemorrhagic events in bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *Obes Surg.* 2026;36(4):1876-1889. doi: 10.1007/s11695-026-08522-7.
56. Fahrendorff M, Oliveri RS, Johansson PI. The use of viscoelastic haemostatic assays in goal-directing treatment with allogeneic blood products - A systematic review and meta-analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2017;25(1):39. doi: 10.1186/s13049-017-0378-9.
57. Kazim AH, Bamehriz F, Alsubaie HSS, et al. Blood group and response to bariatric surgery in morbidly obese patients: a retrospective study in saudi arabia. *Healthcare (Basel).* 2022;11(1):52. doi: 10.3390/healthcare11010052.
58. Crochemore T, Gorlinger K, Lance MD. Early goal-directed hemostatic therapy for severe acute bleeding management in the intensive care unit: a narrative review. *Anesth Analg.* 2024;138(3):499-513. doi: 10.1213/ANE.0000000000006756

Correspondencia:

Manuel Alberto Guerrero Gutiérrez

E-mail: manuelguerreromd@gmail.com



Azul de metileno como terapia adyuvante en choque refractario vasopléjico: presentación de un caso clínico

Methylene blue as an adjunctive therapy in refractory vasoplegic shock: a case report

Magali Gutiérrez Macías,* Juan Diego de Jesús Macías Limón,* Dana Isabel Ríos Ramírez*

RESUMEN

Paciente masculino de la quinta década de la vida, que ingresó al servicio de urgencias por presentar dolor abdominal localizado en fosa iliaca derecha, acompañado de fiebre, náuseas, vómito en tres ocasiones, evacuaciones diarreicas en diez ocasiones. Fue valorado por cirugía general que, ante la presencia de abdomen agudo, decidió someter al paciente a laparotomía exploradora (LAPE) + apendicetomía. Egresó de quirófano con datos de choque refractario con apoyo de vasopresores sin lograr mantener presión arterial media (PAM) perfusora. Ante la persistencia de vasoplejía, se decidió iniciar azul de metileno a dosis de 2 mg/kg, se observó mejoría hemodinámica a las ocho horas con retiro gradual de vasopresor, retiro total a las 72 horas. Presentó uresis verde-azul, además de coloración de tegumentos azul como efecto secundario, así como anuria que requirió manejo de terapia de soporte renal. Presentó mejoría clínica con retiro de soportes al octavo día.

Palabras clave: choque vasopléjico, choque refractario, azul de metileno, terapia adyuvante, soporte hemodinámico.

ABSTRACT

A male patient in his fifth decade of life was admitted to the emergency department with abdominal pain localized in the right iliac fossa, accompanied by fever, nausea, three episodes of vomiting, and ten episodes of diarrhea. He was evaluated by the general surgery team, and due to the presence of an acute abdomen, the decision was made to perform an exploratory laparotomy plus appendectomy. He was transferred from the operating room with signs of refractory shock, requiring vasopressor support but without achieving a perfusion-target mean arterial pressure (MAP). Given the persistence of vasoplegia, methylene blue was initiated at a dose of 2 mg/kg. Hemodynamic improvement was observed after 8 hours, allowing for gradual vasopressor withdrawal and complete discontinuation at 72 hours. The patient developed green-blue urine and bluish skin discoloration as adverse effects, in addition to anuria requiring renal replacement therapy. Clinical improvement was achieved, with complete withdrawal of supportive measures by the 8th day.

Keywords: vasoplegic shock, refractory shock, methylene blue, adjunctive therapy, hemodynamic support.

Abreviaturas:

APACHE = *Acute Physiology And Chronic Health Evaluation* (Evaluación de Fisiología Aguda y Salud Crónica)

KDIGO = *Kidney Disease: Improving Global Outcomes* (Enfermedad Renal: Mejorando los Resultados Mundiales)

NUTRIC = *Nutrition Risk in the Critically Ill* (riesgo nutricional en pacientes críticamente enfermos)

SAPS = *Simplified Acute Physiologic Score* (Puntuación Simplificada de Fisiología Aguda)

SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment* (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica)

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

INTRODUCCIÓN

El choque séptico refractario es una condición clínica en la que persisten hipotensión e hipoperfusión tisular a pesar de una reanimación adecuada con líquidos y el uso de dosis elevadas de vasopresores –típicamente norepinefrina $\geq 0.2\text{--}0.5 \mu\text{g/kg/min}$ – en pacientes con infección confirmada o sospechada y disfunción orgánica asociada.^{1,2} Esta entidad se caracteriza por una resistencia vascular a las catecolaminas, lo que implica disminución de la respuesta vasopresora, independientemente de la dosis administrada. Las tasas de mortalidad por choque séptico refractario pueden alcanzar 60%. Se considera que el azul de metileno produce efectos ahorradores de catecolaminas a través de la fisiopatología de bloquear selectivamente la guanilil ciclasa soluble e inhibiendo a la óxido nítrico sintasa lo que reduce sus efectos vasodilatadores aproximadamente de 30 a 60 minutos después de la administración intravenosa.^{3,4} La evidencia actual indica que el azul de metileno puede inducir una respuesta hemodinámica favorable en una proporción significativa de pacientes con choque séptico refractario, permitiendo una reducción en los requerimientos de vasopresores y un aumento de la presión arterial media en las primeras horas tras su administración.^{5,6} Los estudios retrospectivos y ensayos clínicos han demostrado que la administración temprana de azul de metileno puede acortar el tiempo hasta la suspensión de vasopresores, disminuir los niveles de lactato y reducir la estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y el hospital, aunque no se ha demostrado un impacto significativo en la mortalidad.^{4,5} El momento óptimo para su administración parece ser temprano en la evolución del choque refractario, idealmente dentro de las primeras 24 horas tras el inicio de vasopresores, ya que esto se asocia con una reducción significativa en el tiempo de uso de vasopresores, estancia en UCI y hospital, y días de ventilación mecánica.^{2,7} Una dosis más alta de norepinefrina antes del inicio de azul de metileno representó una mayor probabilidad de responder a este tratamiento.⁸

CASO CLÍNICO

Masculino de 43 años, niega enfermedades crónico-degenerativas, tabaquismo positivo a razón de tres

* Hospital General ISSSTE. San Luis Potosí, México.

Recibido: 12/09/2025. Aceptado: 08/06/2026.

Citar como: Gutiérrez MM, Macías LJDJ, Ríos RDI. Azul de metileno como terapia adyuvante en choque refractario vasopléjico: presentación de un caso clínico. Med Crit. 2026;40(4):333-335. <https://dx.doi.org/10.35366/124257>

www.medicgraphic.com/medicinacritica

cigarros por semana, alcoholismo ocasional. Niega alérgicos. Inició su cuadro clínico el 01/08/2025 al presentar dolor abdominal difuso con escala visual análoga (EVA) 8/10 acompañado de náuseas, vómito en una ocasión, evacuaciones diarreicas en 10 ocasiones con escala de Bristol tipo 6, automedicado con diclofenaco cediendo parcialmente el dolor. Al día siguiente se agregó fiebre no cuantificada termométricamente, lumbalgia y aumento de dolor abdominal de predominio en fosa iliaca derecha, acompañado de tres vómitos, motivo por el cual acudió al servicio de urgencias, hemodinámicamente estable. A la exploración física facies álgica, actitud antiálgica, cardiopulmonar sin compromiso, abdomen con peristalsis abolida, datos francos de irritación peritoneal, rebote positivo, McBurney positivo, talopercusión negativa, Rovsing negativo. Se inició manejo del dolor y se solicitaron estudios paraclínicos en los cuales destacaron, en la biometría hemática, leucocitos: 10,480/uL, neutrófilos de 9,100/uL, linfopenia de 900/uL, hemoglobina: 16.4 g/dL, hematócrito: 46.8%, plaquetas 260,000/uL; glucosa 116 mg/dL, urea: 52.3 mg/dL, nitrógeno ureico en sangre: 24.4 mg/dL, creatinina: 2.87 mg/dL, proteína C reactiva: 275.4 mg/L.

Tomografía axial computarizada (TAC) simple de abdomen evidenció quiste simple en polo inferior de riñón izquierdo, gran distensión de asas intestinales, niveles hidroaéreos, a nivel de ciego, con datos sugestivos de obstrucción a ese nivel, además de líquido libre en corredera derecha, aumento de la grasa perivesical.

El abordaje de cirugía general fue una laparotomía exploradora (LAPE) + apendicectomía el día 03/08/2025, con egreso a sala de recuperación con mascarilla bolsa reservorio, en mal estado en general con deterioro ventilatorio que requirió manejo avanzado de la vía aérea. Ingresó a Unidad de Cuidados Intensivos, con mala evolución presentando cianosis distal con llenado capilar de ocho segundos, lactato de 4.4 mmol/L; Mottling: 3 puntos, SOFA: 18 puntos, APACHE II: 40 puntos, SAPS II: 96 puntos, NUTRIC score: 6 puntos, McMahon score: 11.5 puntos, en estado de choque séptico refractario que requirió manejo con esteroide a dosis de choque, triple esquema de antimicrobiano. Ante el deterioro hemodinámico y persistencia de estado de choque se iniciaron secuencialmente vasopresores a dosis de norepinefrina 0.62 µg/kg/min, vasopresina a 0.066 UI/min, adrenalina 0.08 µg/kg/min, sin lograr mantener presión arterial media (PAM) perfusora, debido a la fisiopatología del choque refractario se decidió inicio de terapia de rescate y como coadyuvante azul de metileno a dosis de 2 mg/kg correspondiente a 180 mg IV en bolo, (*Figuras 1 y 2*) con posterior mejoría hemodinámica a las ocho horas de la primera administración, se inició retiro de vasopresores, con retiro total a las 72 horas. A pesar de la terapia implementada presentó acidosis metabólica refractaria con hiperlactatemia, anuria, lesión renal aguda KDIGO III con



Figura 1:

Coloración cutánea azulada posterior a la administración de azul de metileno.



Figura 2:

Drenaje verde-azulado posterior a la administración de azul de metileno.

desequilibrio hidroelectrolítico: hiperkalemia, hiperfosfatemia, hipocalcemia, requiriendo terapia de soporte renal modalidad hemodiálisis intermitente presentando diuresis y disminución de azoados en su cuarta sesión. Entre los efectos adversos se observaron un color azul verdoso transitorio en la orina y una decoloración azulada de la piel, sin consecuencias clínicas (*Figuras 3 y 4*). La función renal se recuperó en alrededor de 10 días. El día ocho se retiró el respirador y se extubó al paciente. Permaneció consciente con el personal de la UCI, se mantuvo en hospital durante 25 días, sin requerir vasopresores o terapia de remplazo renal. Egresó a su domicilio.

COMENTARIOS

El choque refractario ocurre en aproximadamente 7% de los pacientes críticamente enfermos y presenta una mortalidad a corto plazo > 50%.⁹ El azul de metileno se



Figura 3:

Uresis verde-azulada posterior al uso de azul de metileno.



Figura 4:

Cambio transitorio en la coloración cutánea asociado al uso de azul de metileno.

ha propuesto como terapia adyuvante en choque séptico refractario, por su capacidad de inhibir la síntesis de óxido nítrico y revertir la vasodilatación patológica.¹⁰ En este caso, una dosis única se asoció con mejoría de parámetros hemodinámicos y reducción de requerimientos vasopresores, coincidiendo con reportes previos. Los efectos adversos incluyeron coloración verdeazulada de orina y pigmentación cutánea violácea-azulada, ambos transitorios y sin repercusión clínica.¹¹ La función renal se recuperó en diez días. Este caso respalda que el azul de metileno, usado en forma puntual, es seguro y potencialmente útil como adyuvante en choque séptico refractario, aunque se requieren más estudios para definir su impacto en la mortalidad.

REFERENCIAS

1. Elbayomi M, Dewald O, Pathare P, et al. The mystery of methylene blue and its role in managing post-cardiac surgery vasoplegic shock. *Ann Med*. 2025;57(1):2460770. doi: 10.1080/07853890.2025.2460770.
2. Antonucci E, Polo T, Giovini M, et al. Refractory septic shock and alternative wordings: a systematic review of literature. *J Crit Care*. 2023;75:154258. doi: 10.1016/j.jcrc.2023.154258.
3. Pluta MP, Putowski Z, Czempik PF, et al. Successful use of methylene blue in catecholamine-resistant septic shock: a case report and short literature review. *Int J Mol Sci*. 2023;24(13):10772. doi: 10.3390/ijms241310772.
4. Huang X, Yan W, Chen Z, Qian Y. Effect of methylene blue on outcomes in patients with distributive shock: a meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open*. 2024;14(1):e080065. doi: 10.1136/bmjopen-2023-080065.
5. Ibarra-Estrada M, Kattan E, Aguilera-González P, et al. Early adjunctive methylene blue in patients with septic shock: a randomized controlled trial. *Crit Care*. 2023;27(1):110. doi: 10.1186/s13054-023-04397-7.
6. Luis-Silva F, Meneguetti MG, Sato L, et al. Effect of methylene blue on hemodynamic response in the early phase of septic shock: a case series. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(4):e32743. doi: 10.1097/MD.00000000000032743.
7. Ballarin RS, Lazzarin T, Zornoff L, et al. Methylene blue in sepsis and septic shock: a systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2024;11:1366062. doi: 10.3389/fmed.2024.1366062.
8. Xue S, Li L, Liu Z, et al. Predicting responsiveness to fixed-dose methylene blue in adult patients with septic shock using interpretable machine learning: a retrospective study. *Sci Rep*. 2025;15(1):7254.
9. Priyanka P, Chang CH, Chawla LS, et al. Vasopressor-resistant hypotension, combination vasopressor therapy, and shock phenotypes in critically ill adults with vasodilatory shock. *Shock*. 2022;58(4):260-268. doi: 10.1097/SHK.0000000000001980.
10. Jentzer JC, Vallabhajosyula S, Khanna AK, et al. Management of refractory vasodilatory shock. *Chest*. 2018;154(2):416-426. doi: 10.1016/j.chest.2017.12.021.
11. Uhelski ML, Johns ME, Horrmann A, Mohamed S, Sohail A, Khasabova IA, Simone DA, Banik RK. Adverse effects of methylene blue in peripheral neurons: an *in vitro* electrophysiology and cell culture study. *Mol Pain*. 2022;18:17448069221142523. doi: 10.1177/17448069221142523.

Correspondencia:

Dra. Magali Gutiérrez Macias

E-mail: maggy_gtzm@hotmail.com



Lesión catastrófica de la aorta secundaria a compresiones torácicas durante reanimación: reporte de caso

Catastrophic aortic injury secondary to chest compressions during resuscitation: a case report

Carlos Andrés Castro Galvis,* Maikol Belalcázar González,† Álvaro Francisco Rosas,§ Ronie Álvarez Maldonado¶

RESUMEN

Las lesiones aórticas asociadas a compresiones torácicas durante la reanimación cardiopulmonar (RCP) son infrecuentes, aunque potencialmente letales. El espectro descrito incluye separación intimal, hematoma intramural, disección y ruptura completa de la pared aórtica. La mayor parte de la evidencia disponible proviene de estudios de autopsia y reportes aislados de caso. Presentamos el caso de una mujer de 54 años que ingresó tras un paro cardiorrespiratorio extrahospitalario. Durante la evaluación inicial, el ultrasonido a pie de cama (POCUS) evidenció derrame pericárdico severo con signos de compromiso hemodinámico. La angiotomografía torácica mostró tromboembolismo pulmonar bilateral, múltiples fracturas costales y ruptura de la aorta ascendente con hemopericardio. La paciente fue llevada a cirugía cardiovascular urgente, donde se confirmó una transección traumática de la aorta ascendente asociada a hematoma intramural extenso y dilatación aneurismática preexistente. Se realizó reemplazo de la aorta ascendente mediante injerto vascular. A pesar del manejo quirúrgico y del soporte intensivo posterior, evolucionó con disfunción multiorgánica y lesión neurológica extensa, falleciendo posteriormente. Este caso resalta la necesidad de considerar lesiones vasculares mayores en pacientes con deterioro hemodinámico posterior a la RCP, especialmente en presencia de enfermedad aórtica subyacente, y destaca el papel del POCUS en la identificación temprana de complicaciones mecánicas potencialmente fatales posteriores al retorno de circulación espontánea.

Palabras clave: reanimación cardiopulmonar, rotura aórtica, embolia pulmonar, hemopericardio, taponamiento cardíaco, ecografía en el punto de atención.

ABSTRACT

Aortic injuries associated with chest compressions during cardiopulmonary resuscitation (CPR) are uncommon but potentially fatal. The spectrum of injury includes intimal tears, intramural hematoma, aortic dissection, and complete rupture. Most published cases correspond to autopsy findings or isolated reports diagnosed by echocardiography or computed tomography. We report the case of a 54-year-old woman admitted after an out-of-hospital cardiac arrest. During the initial emergency department evaluation, point-of-care ultrasound (POCUS) revealed a large pericardial effusion with echocardiographic signs of hemodynamic compromise. Computed tomography angiography demonstrated bilateral pulmonary embolism, multiple rib fractures, and rupture of the ascending aorta with hemopericardium. Emergent cardiovascular surgery confirmed traumatic transection of the ascending aorta associated with extensive intramural hematoma and pre-existing aneurysmal dilation. Ascending aortic replacement with a vascular graft was performed. Despite surgical intervention and intensive care support, the patient developed progressive multiorgan failure and extensive neurological injury, ultimately resulting in death. This case highlights the importance of considering major vascular injuries in patients with hemodynamic instability after CPR, particularly in the presence of underlying aortic disease, and underscores the role of POCUS

in the early recognition of potentially fatal post-resuscitation mechanical complications.

Keywords: cardiopulmonary resuscitation, aortic rupture, pulmonary embolism, hemopericardium, cardiac tamponade, point-of-care ultrasound.

Abreviaturas:

POCUS = *Point Of Care UltraSound* (ultrasonido en el punto de atención)

RCP = reanimación cardiopulmonar

ROSC = *Return Of Spontaneous Circulation* [(retorno de la circulación espontánea)

TEP = tromboembolismo pulmonar

INTRODUCCIÓN

Las lesiones traumáticas asociadas a la reanimación cardiopulmonar (RCP) incluyen fracturas costales, lesiones pulmonares, hemotórax, hemopericardio y compromiso cardiovascular mayor.^{1,2} Las lesiones intratorácicas no esqueléticas se han documentado hasta en 41.2% de los pacientes fallecidos después de un paro cardiorrespiratorio.¹

La lesión traumática de la aorta constituye una complicación infrecuente, pero potencialmente fatal, cuyo espectro comprende lesión intimal, hematoma intramural, disección y ruptura completa.³⁻⁷ Aunque la aorta torácica descendente es el segmento más frecuentemente afectado, el compromiso de la aorta ascendente se asocia con mayor mortalidad y deterioro hemodinámico catastrófico.^{4,6,8}

El ultrasonido a pie de cama (POCUS) permite identificar rápidamente complicaciones mecánicas potencialmente reversibles en el periodo posterior al paro, como hemopericardio, taponamiento cardíaco, tromboembolismo pulmonar y patología aórtica aguda.^{3,4,9}

Presentamos el caso de una paciente con ruptura catastrófica de la aorta ascendente posterior a RCP extrahospitalaria, diagnosticada mediante POCUS y confirmada quirúrgicamente.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Mujer de 54 años trasladada al Servicio de Urgencias después de presentar paro cardiorrespiratorio extrahospitalario. A la llegada del personal paramédico recibía reanimación cardiopulmonar iniciada por transeúntes

* Clínica Imbanaco, Santiago de Cali, Valle del Cauca. Colombia. ORCID: 0000-0002-8314-4506

† Pontificia Universidad Javeriana Cali. Colombia. ORCID: 0000-0003-4981-5190

§ Pontificia Universidad Javeriana Cali. Colombia. ORCID: 0009-0002-9298-9153

¶ Clínica Imbanaco, Santiago de Cali, Valle del Cauca. Colombia. ORCID: 0000-0002-6160-1665

Recibido: 19/05/2026. Aceptado: 30/06/2026.

Citar como: Castro GCA, Belalcázar GM, Rosas ÁF, Álvarez MR. Lesión catastrófica de la aorta secundaria a compresiones torácicas durante reanimación: reporte de caso. Med Crit. 2026;40(4):336-340. <https://dx.doi.org/10.35366/124258>

www.medigraphic.com/medicinacritica

sin entrenamiento formal. No fue posible establecer el tiempo total de paro, el ritmo inicial ni la duración de las compresiones torácicas.

Tras el retorno de la circulación espontánea, ingresó con Glasgow 3/15, signos de hipoperfusión sistémica e inestabilidad hemodinámica con requerimiento de soporte vasopresor. Se aseguró la vía aérea mediante intubación orotraqueal y se inició manejo hemodinámico avanzado.

El ultrasonido cardíaco a pie de cama (POCUS) identificó derrame pericárdico severo con variación respiratoria del flujo transmitral superior a 25%, hallazgos sugestivos de compromiso hemodinámico y taponamiento cardíaco inminente^{10,11} (*Figura 1*).

La tomografía de cráneo no mostró lesiones intracraneales agudas. La angiotomografía de cuello y tórax evidenció múltiples fracturas costales bilaterales, tromboembolismo pulmonar bilateral con compromiso segmentario multilobar y ruptura del segmento medio de la aorta ascendente (*Figuras 2-4*), asociada con hemo-pericardio y signos de taponamiento cardíaco (*Figura 5*).

La paciente fue trasladada de urgencia a cirugía cardiovascular. Durante la esternotomía se evacuaron aproximadamente 500 mL de contenido hemático pericárdico, en presencia de colapso hemodinámico. Se identificó una aorta ascendente aneurismática de 48 mm, con tejidos de mala calidad, hematoma intramural extenso con compromiso de la raíz aórtica, aorta ascendente y arteria pulmonar, además de una transección de aproximadamente 3 cm en la pared posterolateral de la aorta ascendente.

La válvula aórtica era trivalva y estaba desplazada por el hematoma intramural, con insuficiencia leve a moderada. Se realizó resección de la aorta ascendente desde la unión sinotubular hasta su segmento distal, evacuación del hematoma intramural de la raíz aórtica, resuspensión valvular, reconstrucción de la raíz mediante doble tira de felpa y reemplazo de la aorta ascendente con injerto tubular recto de dacrón #28.



Figura 1: Ultrasonido a pie de cama (POCUS) cardíaco con evidencia de derrame pericárdico severo en el contexto de lesión aórtica posterior a maniobras de reanimación cardiopulmonar.



Figura 2: Angiotomografía computarizada de tórax con evidencia de tromboembolismo pulmonar bilateral.



Figura 3: Reconstrucción coronal de angiotomografía computarizada de tórax que evidencia lesión de la aorta torácica ascendente, con irregularidad focal de la pared aórtica y extravasación de contraste (flecha verde), hallazgos compatibles con ruptura aórtica aguda.

Durante el procedimiento presentó sangrado difuso secundario a coagulopatía, por lo que se efectuó empaquetamiento mediastinal y se dejó el mediastino abierto. El tiempo de circulación extracorpórea fue de 141 minutos y el tiempo de pinzamiento aórtico de 107 minutos.

Posteriormente ingresó a la Unidad de Cuidados Intensivos, donde permaneció durante seis días con ventilación mecánica invasiva y soporte vasopresor continuo. Evolucionó con compromiso microcirculatorio severo, lesión renal aguda anúrica y disfunción pulmonar moderada a severa. En el componente neurológico se documentó un infarto extenso en el territorio de la arteria cerebral media, asociado con edema cerebral significativo y ausencia de respuesta a estímulos tras la suspensión de la sedación.

Ante la progresión de la disfunción multiorgánica y el pronóstico neurológico desfavorable, se realizó una reunión interdisciplinaria con cuidados paliativos y la familia. Se decidió limitar la escalada terapéutica y orientar el manejo hacia medidas de confort. Finalmente, la paciente falleció.

DISCUSIÓN

Las lesiones aórticas asociadas a compresiones torácicas durante la RCP representan una entidad rara, aunque probablemente subdiagnosticada. La mayoría de los casos publicados corresponden a hallazgos *post mortem*, mientras que los sobrevivientes constituyen una minoría de los reportes disponibles.^{1,3,6,12}

La lesión observada en esta paciente probablemente corresponde al resultado de un fenómeno multifactorial en el cual coexistieron enfermedad degenerativa aórtica preexistente y trauma mecánico secundario a compresiones torácicas. La presencia de dilatación aneurismática de 48 mm y tejidos aórticos de muy mala calidad sugieren vulnerabilidad estructural previa, lo cual coincide con reportes anteriores que describen mayor susceptibilidad a ruptura en pacientes con enfermedad aórtica subyacente.^{8,13}

Los mecanismos biomecánicos descritos incluyen compresión de la aorta entre el esternón y la columna vertebral, incremento abrupto de la presión intraluminal y fuerzas de desaceleración y cizallamiento en puntos de fijación anatómica.^{3,14} Aunque la aorta descendente es el sitio más frecuentemente comprometido, la lesión de la aorta ascendente suele tener consecuencias hemodinámicas más catastróficas debido a su proximidad con el pericardio y el corazón.^{4,6}

Williams y asociados demostraron que las compresiones torácicas pueden ocasionar lesiones intimaes aisladas incluso sin ruptura transmural, apoyando la hipótesis de progresión temporal de la lesión vascular.³



Figura 4: Reconstrucción sagital de angiotomografía computarizada de tórax que demuestra defecto focal de la pared de la aorta torácica descendente con extravasación de contraste hacia el mediastino (flecha verde), compatible con ruptura aórtica aguda.

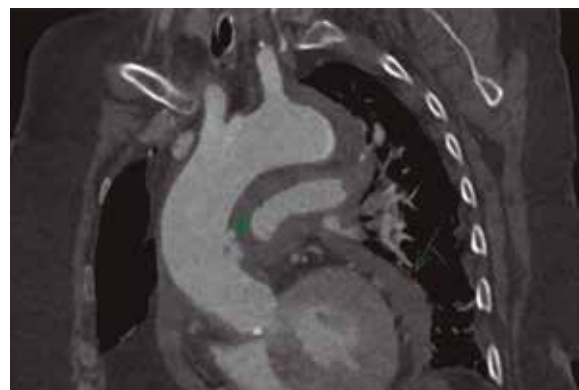


Figura 5: Reconstrucción sagital oblicua de angiotomografía computarizada de tórax que evidencia lesión de la aorta torácica con irregularidad focal de la pared y extravasación de contraste (flecha verde), asociada a derrame pericárdico severo.

Posteriormente, Lee y colaboradores documentaron progresión desde lesión intimal focal hasta disección completa posterior al ROSC (*Return Of Spontaneous Circulation*).¹⁵ Este comportamiento fisiopatológico podría explicar la evolución observada en nuestra paciente.

En nuestro caso proponemos un modelo fisiopatológico de «doble impacto». Inicialmente, el tromboembolismo pulmonar masivo habría condicionado deterioro hemodinámico progresivo y paro cardiorrespiratorio. Luego, las compresiones torácicas realizadas sobre una aorta previamente vulnerable habrían ocasionado lesión intimal o hematoma intramural inicial. Finalmente, tras la restauración de la presión arterial sistémica posterior al ROSC, la lesión habría progresado hacia ruptura completa de la pared aórtica y desarrollo de hemopericardio obstructivo.

Aunque no es posible establecer causalidad absoluta entre la RCP y la ruptura aórtica, varios hallazgos apoyan una lesión precipitada o agravada por las maniobras de reanimación: la relación temporal inmediata entre el evento y el deterioro hemodinámico, la presencia de múltiples fracturas costales, el hallazgo de una transección focal posterolateral y la coexistencia de hematoma intramural extenso. Sin embargo, la presencia de enfermedad aneurismática degenerativa probablemente aumentó la susceptibilidad a daño vascular severo.

Otro aspecto relevante del caso fue la coexistencia de tromboembolismo pulmonar (TEP) bilateral extenso. Consideramos probable que el TEP haya constituido la causa primaria del paro cardiorrespiratorio, favoreciendo maniobras de RCP prolongadas y aumentando el riesgo de lesión traumática secundaria. El TEP masivo constituye una causa reconocida de paro cardíaco en actividad eléctrica sin pulso y suele asociarse con peor respuesta hemodinámica durante la reanimación.^{16,17}

El papel del POCUS fue determinante en la identificación temprana de la complicación mecánica. Las guías actuales reconocen la utilidad del ultrasonido cardíaco posterior al ROSC para detectar causas reversibles de inestabilidad hemodinámica, incluyendo taponamiento cardíaco, tromboembolismo pulmonar y disección aórtica.^{9,18,19} En esta paciente, la identificación de derrame pericárdico severo con signos ecográficos de compromiso hemodinámico permitió acelerar la realización de angiotomografía y la activación temprana del equipo quirúrgico cardiovascular.

La evaluación ecocardiográfica del taponamiento cardíaco incluye colapso diastólico de cavidades derechas, vena cava inferior pletórica y variación respiratoria significativa de los flujos transmitral y transtricuspidal.^{10,11} En nuestro caso, la variación respiratoria del flujo transmitral mayor a 25% constituyó un hallazgo temprano de compromiso hemodinámico.

El principal aspecto que se pretende resaltar con este caso es la utilidad del POCUS en la valoración inmediata del paciente con inestabilidad hemodinámica posterior a la RCP. Su aplicación a la cabecera permitió reconocer oportunamente hallazgos cardiovasculares anormales, orientar la sospecha de una complicación mecánica grave y priorizar la realización de estudios diagnósticos confirmatorios, sin retrasar las medidas de estabilización.

Aunque el POCUS no sustituye las técnicas de imagen definitivas ni permite descartar por sí solo una lesión aórtica, constituye una herramienta rápida, repetible y disponible a la cabecera del paciente. Su integración sistemática en la evaluación postparo puede reducir el tiempo hasta el diagnóstico y facilitar la toma de decisiones en escenarios donde la demora podría modificar el pronóstico.

Aunque las lesiones traumáticas asociadas a RCP generan preocupación clínica, la evidencia actual demuestra que el beneficio de iniciar maniobras tempranas de reanimación supera ampliamente el riesgo de lesiones secundarias.^{1,2,20} La correcta capacitación comunitaria en soporte vital básico continúa siendo una estrategia fundamental para mejorar la supervivencia del paro cardiorrespiratorio extrahospitalario. Este caso reafirma la importancia de capacitar a la población general en maniobras básicas de reanimación cardiopulmonar. A pesar del riesgo excepcional de complicaciones traumáticas, el inicio precoz de compresiones torácicas por testigos continúa siendo una intervención determinante para mantener la perfusión cerebral y coronaria, aumentar la probabilidad de recuperación de la circulación espontánea y mejorar la supervivencia. Por tanto, la posibilidad de estas lesiones no debe desestimular la RCP, sino promover una formación amplia y periódica que garantice maniobras oportunas, continuas y técnicamente adecuadas.

CONCLUSIONES

La lesión aórtica traumática tras la RCP es excepcional, pero debe sospecharse ante choque refractario o deterioro hemodinámico posterior al ROSC. El POCUS puede ser decisivo para reconocer precozmente complicaciones mecánicas y acelerar intervenciones salvadoras. Sin embargo, este riesgo no debe desestimular la reanimación: capacitar a la población en soporte vital básico y RCP de alta calidad continúa siendo esencial para salvar vidas.

REFERENCIAS

1. Ihnát Rudinská L, Hejna P, Ihnát P, Tomásková H, Smatanová M, Dvůráček I. Intra-thoracic injuries associated with cardiopulmonary resuscitation - Frequent and serious. *Resuscitation*. 2016;103:66-70.
2. Karasek J, Blankova A, Doubkova A, et al. Trauma associated with cardiopulmonary resuscitation based on autopsy reports after the 2015 ERC guidelines. *Am J Emerg Med*. 2022;61:81-86.
3. Williams AS, Castonguay M, Murray SK. Aortic intimal separation resulting from manual cardiopulmonary resuscitation-completing the spectrum of blunt thoracic aortic injury complicating CPR. *Int J Legal Med*. 2016;130(6):1581-1585.
4. Kopp R, Axt R, Klein A, et al. Endovascular treatment of an intramural aortic haematoma following cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2008;77(3):410-414.
5. Fagnoul D, Herpain A, Vincent JL, De Backer D. Aortic luminal thrombus and intramural hematoma after cardiopulmonary resuscitation. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2013;25(4):345-357.
6. Patterson RH, Burns WA, Jannotta FS. Rupture of the thoracic aorta: complication of resuscitation. *JAMA*. 1973;226(2):197.
7. Venkatesh P, Schenck EJ. Aortic rupture as a complication of cardiopulmonary resuscitation. *JACC Case Rep*. 2020;2(8):1150-1154.
8. Etuk AS, Adeniran OF, Nkwocha BI, et al. Thoracic aortic rupture post cardiopulmonary resuscitation in a patient with previous thoracic aneurysm repair. *Cureus*. 2023;15(6):e41027.
9. Long B, Adrian RJ, Gottlieb M. Emergency medicine updates: point-of-care ultrasound in cardiac arrest. *Am J Emerg Med*. 2026;99:176-187.
10. Kearns MJ, Walley KR. Tamponade: hemodynamic and echocardiographic diagnosis. *Chest*. 2018;153(5):1266-1275.
11. Adler Y, Ristić AD, Imazio M, et al. Cardiac tamponade. *Nat Rev Dis Primers*. 2023;9(1):36.
12. Miller AC, Rosati SF, Suffredini AF, Schrumpp DS. A systematic review and pooled analysis of CPR-associated cardiovascular and thoracic injuries. *Resuscitation*. 2014;85(6):724-731.
13. Penov K, Radakovic D, Madrahimov N, Alekic I. Subacute aortic rupture due to mechanical chest compression with indwelling Impella. *Thorac Cardiovasc Surg Rep*. 2022;11:e64-e66.
14. Lee JS, Hong SK. Aortic dissection in a survivor after cardiopulmonary resuscitation. *Korean J Crit Care Med*. 2017;32(2):218-222.
15. Lee DK, Kang KS, Cha YS, et al. Acute aortic dissection developed after cardiopulmonary resuscitation. *Acute Crit Care*. 2019;34(3):228-231.
16. Del Rios M, Bartos JA, Panchal AR, et al. Part 1: Executive Summary: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2025;152(16-Suppl-2):S284-S312.
17. Katasako A, Kawakami S, Koga H, et al. The association between the duration of chest compression and thoracic injuries in patients with non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Circ J*. 2022;86(10):1572-1578.
18. Hirsch KG, Amorim E, Coppler PJ, et al. Part 11: post-cardiac arrest care: 2025 American Heart Association guidelines for

cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2025;152(16_suppl_2):S673-S718.

19. ACEP. Ultrasound guidelines: emergency, point-of-care and clinical ultrasound guidelines in medicine. *Ann Emerg Med*. 2023;82(3):e115-e155.
20. Righi FA, Jenkins S, Lin PT. Nonskeletal injuries related to cardiopulmonary resuscitation: an autopsy study. *J Forensic Sci*. 2021;66(6):2299-2306.

Declaración de consentimiento: se obtuvo consentimiento por parte de los familiares para la publicación del caso clínico e imágenes asociadas. La información

fue anonimizada de acuerdo con los principios éticos institucionales y la Declaración de Helsinki.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento: los autores declaran que no existió financiación externa para la elaboración de este manuscrito.

Correspondencia:

Maikol Belalcázar González

E-mail: maikolbg@hotmail.com



LIII

CONGRESO ANUAL
DEL COLEGIO MEXICANO
DE MEDICINA CRÍTICA

000



000



X CONGRESO
INTERNACIONAL
AMEEMCTI



XVI CONGRESO
PANAMERICANO
E IBÉRICO 2026

04 al 08
OCTUBRE 2026

MONTERREY, N.L.
ESCENARIO GNP SEGUROS