

Escala predictiva de fallo renal agudo en sepsis (ARMO)

Predictive scale of acute kidney failure in sepsis (ARMO)

Christian L. Mora-Coello, Andrea C. Armendáriz-Carvajal y Jorge L. Vélez-Paez

Recibido 5 octubre 2022 / Enviado para modificación 18 febrero 2023 / Aceptado 27 febrero 2023

RESUMEN

Objetivo Definir la utilidad predictiva de la escala adaptada de Injuria Renal Aguda (ARMO) en los pacientes sépticos en las Unidades de Cuidados Intensivos de Quito durante el período 2020 a 2021.

Materiales y Métodos Estudio observacional, descriptivo, ambispectivo, multicéntrico de pacientes sépticos en dos Unidades de Cuidados Intensivos de la ciudad de Quito, Ecuador, con una muestra de 200 pacientes, y datos obtenidos en las primeras 72 horas de ingreso, que incluyeron variables demográficas y clínicas, medidas terapéuticas y de intervención, sometidas a análisis multivariado con regresión logística.

Resultados Se analizaron 200 pacientes, con una mediana de edad 57 años. El 41 % (82) presentaron falla renal y el 40,96 % correspondieron a estadio KDIGO 3. El 11,5 % de los pacientes con injuria renal requirió terapia sustitutiva renal. Tras el análisis multivariado se determinó que: la TFG ≤ 84 ml/min/1,73m², lactato sérico $\geq 2,5$ mmol/l, SOFA ≥ 10 puntos y gasto urinario $\leq 0,6$ ml/kg/h son predictores de falla renal. A partir de ello, se plantea una nueva escala predictiva de falla renal aguda, score ARMO, con una curva ROC de 0,836 (IC 95 %, 0,781-0,890) con un punto de corte de 8 puntos.

Conclusión La escala adaptada de Injuria Renal Aguda (ARMO) es una herramienta con alta capacidad discriminativa en los pacientes críticos sépticos.

Palabras Clave: Injuria renal aguda; sepsis; AKI score (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objective To define the predictive utility of the adapted scale of Acute Renal Injury (ARMO) in septic patients in the Intensive Care Units of two hospitals in Quito during the period 2020 to 2021.

Materials and Methods Observational, descriptive, ambispective, multicenter study of septic patients in two Intensive Care Units in the city of Quito, Ecuador, with a sample of 197 patients, with data within the first 72 hours of admission, analysis of demographic and clinical variables, therapeutic and intervention measures, values of prognostic scales and multivariate analysis with logistic regression.

Results 200 patients were analyzed, with a median age of 57 years, 41 % (82) presented kidney failure, and 40.96 % corresponded to KDIGO stage 3. 11.5 % of patients with kidney injury required renal replacement therapy. After multivariate analysis, it was determined that: GFR ≤ 84 ml/min/1.73m², serum lactate ≥ 2.5 mmol/l, SOFA ≥ 10 points and urinary output ≤ 0.6 ml/Kg/h are predictors of renal failure. Based on this, a new predictive scale for acute renal failure, ARMO score, with a ROC curve of 0.836 (95 % CI, 0.781-0.890) with a cut-off point of 8 points, is proposed.

Conclusion The adapted scale of Acute Renal Injury (ARMO) shows a high discriminative capacity.

Key Words: Acute kidney injury; sepsis; AKI score (*source: MeSH, NLM*).

CM: MD. Esp. Medicina Crítica y Terapia Intensiva. Hospital General Monte Sinaí. Guayaquil, Ecuador.

dr.christianmora@gmail.com

AA: MD. Esp. Medicina Crítica y Terapia Intensiva. Hospital General Pablo Arturo Suárez. Quito, Ecuador.

andreaarmendarizmd@gmail.com

JV: MD. Esp. Medicina Crítica y Terapia Intensiva. Ms. Investigación Clínica. Hospital General Pablo Arturo Suárez. Quito, Ecuador.
jorgeluisvelez13@hotmail.com



El fallo renal agudo se define como el deterioro súbito de la función renal con acumulación de productos nitrogenados (BUN, creatinina) y otros desechos, los cuales en condiciones fisiológicas son excretados por los riñones (1). Fue descrita inicialmente en 1802 en un paciente anúrico y definida como ischuria renalis por W. Heberden. A inicios del siglo XX fue asociada a intoxicaciones, quemaduras, estados postquirúrgicos y postraumáticos. En 1908 fue descrita como Enfermedad Aguda de Bright por William Osler (2).

El término fallo renal agudo (FRA) fue descrito por William MacNider en un caso de intoxicación aguda por mercurio (3) y desde 2004 se convirtió en el término más empleado. Posteriormente, se han llevado a cabo varias redefiniciones en consensos, como RIFLE y después el grupo AKIN. En el año 2012, el Grupo de Trabajo KDIGO propuso criterios unificados basados en RIFLE y AKIN (4).

La sepsis es una patología común en las Unidades de Cuidados Críticos. Durante varios años, se la relacionó estrechamente con el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica. Su definición ha sido un tema de discusión científica a lo largo del tiempo. Actualmente, se define como "la respuesta desregulada del organismo ante una infección" y se evalúa utilizando la escala SOFA, considerando un valor igual o mayor a 2 puntos (5).

Una disfunción añadida en la sepsis es la lesión renal, la cual se caracteriza por su etiología multifactorial. Se cree que los mecanismos iniciales incluyen la hipoperfusión y vasoconstricción renal, así como la hipovolemia relativa debido a la vasoplejía y la fuga capilar como respuesta a la cascada inflamatoria sostenida. Además, los pacientes sépticos pueden experimentar hipoxia citopática, un estado en el cual, a pesar de mejorar el suministro de oxígeno, la maquinaria enzimática y mitocondrial de las células se ha visto severamente comprometida por la infección (6).

Varios investigadores han colaborado en la identificación de factores directamente relacionados con la mortalidad y el desarrollo de lesión renal. Se ha observado una asociación positiva entre variables como la diabetes, el daño hepático crónico, la insuficiencia cardíaca, la edad avanzada y el sexo masculino. Además, se ha encontrado que el uso de inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECAs) y diuréticos puede tener repercusiones en los riñones. Por otro lado, valores altos en las escalas SOFA y APACHE II, así como el uso de ventilación mecánica y vasopresores, han mostrado resultados divergentes en varios estudios, principalmente observacionales (7).

En la actualidad, varios biomarcadores se emplean para identificar con antelación la injuria renal aguda, lo que los convierte en elementos pronósticos, incluso para terapia sustitutiva renal y progresión al daño renal crónico. Entre estos biomarcadores se encuentran TIMP-2 e IGFBP-7,

que son marcadores de detección en la fase G1 del ciclo celular. Tras una lesión renal, estos biomarcadores activan los mecanismos de división y proliferación celular para reparar el epitelio tubular. Estos fenómenos pueden ocurrir hasta 48 horas antes de que se observen cambios en los niveles séricos de creatinina (8).

La disponibilidad y acceso a instrumentos y tecnología de detección precoz de lesión renal aguda no son universales en todas las instituciones sanitarias, por lo que es importante desarrollar herramientas clínicas que permitan predecir con alta precisión este tipo de fallo renal. Es por eso que se han propuesto múltiples escalas predictivas que consideran características agudas y crónicas, las cuales han sido desarrolladas y validadas tanto en pacientes sépticos como no sépticos.

Se desarrolló una escala predictiva de fallo renal a través de un estudio prospectivo y multivariado. En este estudio, se identificaron tendencias en pacientes sépticos que mostraban factores de riesgo, como pH <7.30, exposición a nefrotoxinas, enfermedad renal crónica, hepatopatía crónica, insuficiencia cardíaca congestiva, hipertensión, aterosclerosis, ventilación mecánica y anemia. Estos factores se agruparon bajo un modelo de predicción de riesgo que demostró un área bajo la curva (AUROC) de 0.81 (9). En Italia, durante el año 2019, se desarrolló el Quick AKI Score, el cual incorporó variables específicas, cortas y con resultados prometedores con un AUROC de 0.79 (10); si bien incluye a pacientes críticamente enfermos, no distingue entre sépticos y no sépticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y tipo de estudio

Estudio de tipo observacional, descriptivo, ambispectivo, multicéntrico, en pacientes sépticos en las Unidades de Cuidados Intensivos de dos hospitales de Quito, Ecuador, con diagnóstico de sepsis. El estudio se llevó a cabo con el consentimiento y la aprobación de los Comités de Bioética de cada una de las unidades de salud involucradas en el estudio. El período de estudio abarcó desde 2020 hasta 2021.

Población de estudio

Para la selección de la muestra, se consideraron todos los pacientes ingresados en las Unidades de Terapia Intensiva de los hospitales General Docente de Calderón y Pablo Arturo Suárez, que contaban con el diagnóstico de sepsis y cumplían con los criterios de inclusión. Los pacientes seleccionados fueron aquellos hospitalizados en el período comprendido entre enero de 2020 y septiembre de 2021.

Criterios de inclusión y exclusión: para la inclusión, se consideraron hombres y mujeres mayores de 18 años de edad con diagnóstico de sepsis según los criterios de

SEPSIS-3, que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos durante el período 2020 y 2021. Los criterios de exclusión incluyeron hombres y mujeres menores de 18 años de edad, mujeres embarazadas y pacientes con las siguientes condiciones: enfermedades neoplásicas, insuficiencia renal crónica o reagudizada, en terapia de sustitución renal, cirrosis hepática, insuficiencia cardíaca en etapas III y IV según la clasificación NYHA, en limitación del esfuerzo terapéutico, infección por VIH/SIDA y pacientes que no requirieron ventilación mecánica invasiva.

Aleatorización: en la fase retrospectiva se empleó el método de muestreo probabilístico aleatorio simple y en la fase prospectiva se aplicó el método de muestreo no probabilístico por conveniencia.

Recolección de datos: se utilizó un formulario para recopilar datos de los historiales clínicos, incluyendo información demográfica, clínica y evaluativa, parámetros hemodinámicos, marcadores renales, ventilatorios y datos de laboratorio. También se registraron datos relacionados con el tratamiento y el resultado del paciente. Una vez obtenidos los datos, se introdujeron y codificaron en el software estadístico SPSS Statistics 25.0.

Análisis de datos

Las variables cualitativas, tanto nominales como ordinales, se analizaron mediante frecuencias absolutas y relativas, y se presentaron en tablas de contingencia para describir las características clínicas de los pacientes incluidos en el estudio. Por otro lado, las variables cuantitativas, tanto discretas como continuas, se analizaron utilizando medidas de tendencia central, como la mediana y la media, y se evaluó la dispersión de los datos mediante la desviación estándar.

Con la finalidad de establecer la capacidad predictiva de la escala, se ejecutó un análisis con curva ROC en función de los componentes del score q-AKI (10). Solo aquellos cuya área bajo la curva fue representativa se consideraron para la asignación del puntaje previa ejecución de la regresión logística. Se determinaron nuevos componentes como parte de una escala predictiva mediante el cálculo de la curva ROC, y su interpretación se realizó utilizando el método de Swets. Los resultados obtenidos se expresaron en forma de Odds ratio con un intervalo de confianza del 95 %. En todos los casos, se estableció un valor de p inferior a 0.05 como nivel de significancia estadística.

Aspectos bioéticos

Este estudio se adhiere a los principios establecidos en la Declaración de Helsinki de 2008, que garantiza la protección de la confidencialidad de la información obtenida de los registros médicos de los individuos. Los

datos de identificación personal de los pacientes fueron omitidos para preservar su privacidad. Se obtuvieron las autorizaciones correspondientes de los departamentos de docencia e investigación de los hospitales: Hospital General Docente de Calderón - Hospital Pablo Arturo Suárez, así como del Comité de Bioética de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

RESULTADOS

Se analizaron los datos de 200 pacientes críticos con sepsis. La mediana de edad fue de 57 años, con un 53,5 % de pacientes de sexo femenino y un 46,5 % de pacientes de sexo masculino. Las comorbilidades más comunes fueron hipertensión arterial en un 25 % de los pacientes y diabetes mellitus en un 23 % de los pacientes. La mediana del índice de Charlson fue de 2 puntos en los pacientes con injuria renal. En cuanto al sitio de infección, se observó que la infección pulmonar fue la más recurrente, presentándose en un 46,5 % de los casos. Le siguieron las infecciones abdominales en un 33 % de los casos, las infecciones del tracto urinario en un 16 % de los casos, las infecciones del sistema nervioso central en un 2,5 % de los casos y las infecciones de partes blandas en un 2 % de los casos.

El 41 % (82) presentaron falla renal aguda, según la clasificación KDIGO, distribuidos en los siguientes estadios: 32,53 % en el estadio KDIGO 1, 26,51 % en el estadio KDIGO 2 y 40,96 % en el estadio KDIGO 3. El 11,50 % de los pacientes requirió terapia sustitutiva renal.

La estancia hospitalaria promedio fue de seis días. La tasa de mortalidad global fue del 20 %. Sin embargo, al analizar los subgrupos, se observó que la mortalidad fue del 13,56 % en los pacientes sépticos sin falla renal, mientras que en los pacientes sépticos con falla renal fue del 29,27 %, lo que representa una diferencia de mortalidad del 15,71 %.

Análisis bivariado: se encontró que las variables índice de masa corporal (IMC), presión positiva al final de la espiración (PEEP), $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (índice de Kirby) y volumen tidal (VT) no mostraron significancia estadística. Sin embargo, el balance hídrico, el gasto urinario, la tasa de filtrado glomerular, el lactato sérico y el score de SOFA mostraron una significancia estadística con un valor de $p < 0,001$ (Tabla 1).

Análisis multivariado y regresión logística: después del análisis bivariado, se llevó a cabo un análisis de regresión logística y se construyeron curvas ROC para cada parámetro significativo. Los resultados revelaron que el balance hídrico, el gasto urinario, la tasa de filtrado glomerular, el lactato sérico y el puntaje de SOFA son predictores de falla renal aguda. Área bajo la curva: (Figura 1 y 2).

Tabla 1. Comparación de los parámetros propuestos en la escala modificada de Injuria Renal Aguda (Q-AKI score) con la ausencia y presencia de falla renal aguda

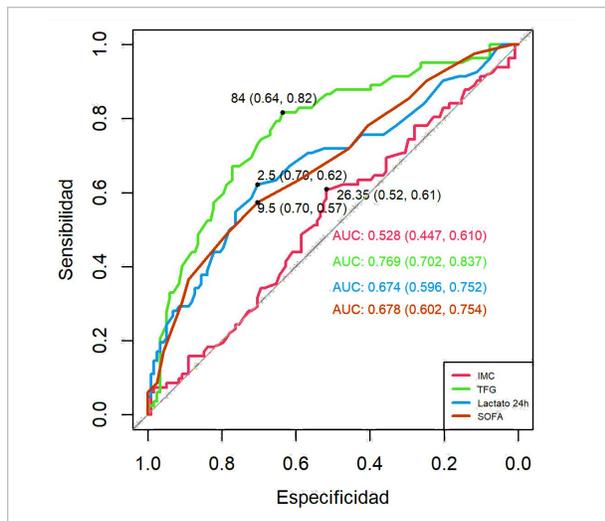
Parámetros	Falla renal		p-valor
	Ausente	Presente	
IMC (mediana (IQR)) Kg/m ²	26 (24-29,85)	27 (24-29,85)	0,495
Balance hídrico (mediana (IQR)) ml	-101 (-641-414,5)	497 (-283-1061,25)	<0,001*
Gasto urinario (mediana (IQR)) ml/Kg/h	1 (0,8-1,3)	0,6 (0,4-1,3)	<0,001*
TFG [†] (mediana (IQR)) ml/min/1,73m ²	94 (77-109)	67 (53-80,25)	<0,001*
Volumen tidal (mediana (IQR)) ml/kg	468 (397-511,5)	454 (399-512,25)	0,848
PEEP (mediana (IQR)) cmH ₂ O	5 (5-8,5)	5 (5-8,25)	0,802
PaO ₂ /FiO ₂ (mediana (IQR)) mmHg	159 (108-208,5)	161 (106-208,5)	0,792
Lactato (mediana (IQR)) mmol/l	2 (2-2,7)	3 (2-4,95)	<0,001*
SOFA [‡] (mediana (IQR))	8 (5-10)	10 (7-13)	<0,001*

Fuente: Hospitales participantes. Nota: IQR= Rango Intercuartílico; * diferencias significativas prueba Mann Whitney
Abreviaturas: TFG[†] Tasa de Filtrado Glomerular, SOFA[‡] Escala SOFA/Disfunción Multiorgánica.

- Balance hídrico: AUROC de 0,648 (IC-95 %, 0,566-0,729) con punto de corte de 49 mililitros, sensibilidad del 68 % y especificidad del 62 %.
- Gasto urinario: AUROC de 0,651 (IC-95 %, 0,567-0,734), con un punto de corte de 0,6 ml/Kg/h, sensibilidad del 51 % y especificidad del 84 %.
- Tasa de filtrado glomerular (TFG): AUROC de 0,769 (IC-95 %, 0,702-0,837), punto de corte de 84 ml/

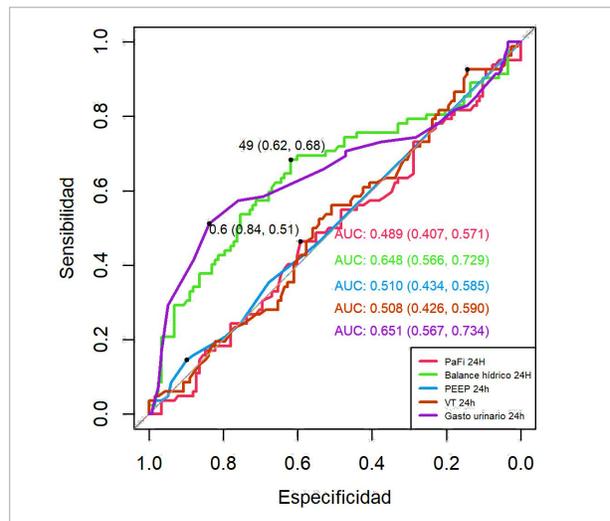
- min/1.73m², sensibilidad del 82 % y especificidad del 62 %.
- Lactato sérico a las 24 horas: AUROC de 0,674 (IC-95 %, 0,596-0,752), punto de corte de 2,5 mmol/l, sensibilidad del 62 % y especificidad del 70 %.
- Puntaje de SOFA: AUROC de 0,678 (IC-95 %, 0,602-0,754), punto de corte de 10 puntos, sensibilidad del 57 % y especificidad del 70 %.

Figura 1. Curvas ROC del IMC, TFG, lactato a las 24 horas y SOFA para predecir falla renal aguda



Fuente: Hospitales participantes. Mora Coello C., Armendáriz Carvajal A. Escala predictiva de fallo renal agudo en sepsis (ARMO), 2022.

Figura 2. Curvas ROC de: PaO₂/FiO₂, balance hídrico, PEEP, volumen tidal y gasto urinario para predecir falla renal aguda



Fuente: Hospitales participantes Mora Coello C., Armendáriz Carvajal A. Escala predictiva de fallo renal agudo en sepsis (ARMO), 2022.

En un primer modelo de regresión logística, la TFG y el gasto urinario fueron predictores de falla renal con p-valores <0,001. Se ha demostrado que un valor de TFG ≤84 ml/min/1,73m² tiene 6,46 veces más probabilidades de desarrollar falla renal aguda, mientras que un gasto urinario ≤0,6 ml/kg/h confiere 4,49 veces más probabilidades de falla renal. El score SOFA y el lactato presentaron valores p de 0,062 y 0,067, respectivamente, lo que indica una tendencia hacia la significancia estadística. Por otro

lado, el balance hídrico no mostró una asociación significativa, con un valor p de 0,253.

Se ajustó un nuevo modelo de regresión logística excluyendo el balance hídrico con base en lo expuesto. Los resultados mostraron que una TFG ≤84 ml/min/1,73m², lactato sérico ≥2,5 mmol/l y gasto urinario ≤0,6 ml/Kg/h son predictores de falla renal con valores p<0,001 y 0,043, respectivamente. Estos parámetros presentaron 7,15, 2,07 y 4,81 veces más probabilidad de desarrollar

falla renal aguda, respectivamente. Además, un puntaje $\text{SOFA} \geq 10$ se asoció con un riesgo 2,03 veces mayor de desarrollar injuria renal aguda, aunque el valor p correspondiente fue de 0,056, indicando una tendencia hacia la significancia estadística.

Se consideraron los valores de Odds Ratio del análisis multivariante como los puntajes a tener en cuenta en la escala propuesta. Si algún valor difiere del punto establecido, se deberá asignar un valor de cero (0), lo que resulta en un rango de puntuación mínima de 0 puntos y máxima de 16 puntos (Tabla 2).

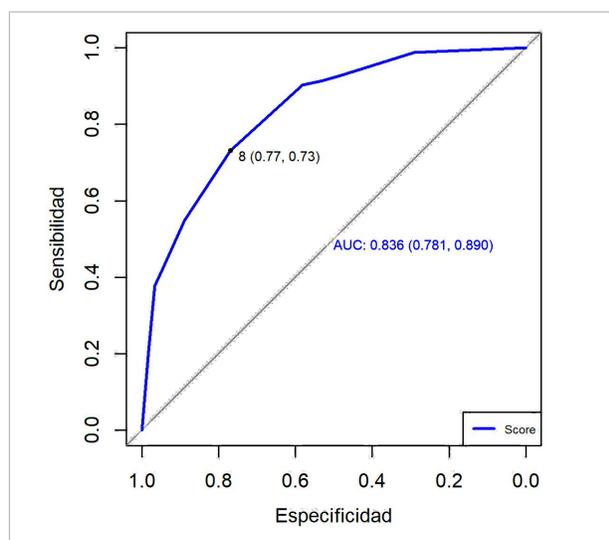
Tabla 2. Puntaje para los posibles factores de riesgo de falla renal

Escala adaptada de injuria renal aguda	Puntaje
$\text{SOFA} \geq 10$ puntos	2 puntos
$\text{TFG} \leq 84 \text{ ml/min/1,73m}^2$	7 puntos
Lactato sérico $\geq 2,5 \text{ mmol/l}$	2 puntos
Gasto urinario $\leq 0,6 \text{ ml/Kg/h}$	5 puntos
Total	16 puntos

Fuente: Hospitales participantes. Abreviatura: SOFA Escala SOFA/Disfunción Multiorgánica, TFG Tasa de Filtrado Glomerular. Mora Coello C., Armendáriz Carvajal A. Escala predictiva de fallo renal agudo en sepsis (ARMO), 2022.

Basados en los análisis realizados, se elaboró la curva ROC para la falla renal aguda de la escala propuesta, obteniéndose un valor de 0,836 (IC 95 %, 0,781-0,890). Esto indica que el score propuesto es un buen predictor de la injuria renal aguda, con un punto de corte de 8 puntos, una sensibilidad del 73 % y una especificidad del 78 %. Por lo tanto, un valor ≥ 8 puntos, con un valor $p < 0,001$, muestra que hay 9 veces más probabilidad de desarrollar injuria renal aguda entre los pacientes sépticos (Figura 3 y Tabla 3).

Figura 3. Curvas ROC del score propuesto para predecir falla renal aguda



Fuente: Hospitales participantes. Mora Coello C., Armendáriz Carvajal A. Escala predictiva de fallo renal agudo en sepsis (ARMO), 2022.

Tabla 3. Relación del score propuesto para predecir falla renal

Variables	B	Wald	p-valor	OR	IC-OR 95 %	
					Inferior	Superior
Score ≥ 8 puntos	2,21	44,18	<0,001*	9,09**	4,74	17,43

Fuente: Hospitales participantes. Mora Coello C., Armendáriz Carvajal A. Escala predictiva de fallo renal agudo en sepsis (ARMO), 2022.

Nota: Valores basados en la prueba chi-cuadrado; * variable significativa $p\text{-valor} < 0,05$, ** OR= Odds ratio significativo; basada en Regresión Logística.

DISCUSIÓN

La incidencia de injuria renal aguda en sepsis varía ampliamente alrededor del mundo, Bagshaw *et al.* (11) analizaron más de 120.000 pacientes de UCI australianas y encontraron una incidencia de 11.7 %; a diferencia del estudio de Wang *et al.* (12), quienes estudiaron datos de 19 579 pacientes durante un período de 12 años de UCI en Beijing, China con 59.2 % de incidencia y 55 % de mortalidad. En nuestro estudio, el 41 % de los pacientes sépticos desarrollaron falla renal aguda, un valor más cercano a los datos referidos por Wang *et al.*, con un corte etéreo de 57 años y mayor frecuencia entre las mujeres 53,5 %.

En la cohorte de Ferrari *et al.* (10), el 37,9 % de pacientes críticos desarrollaron falla renal aguda, el 60,3 % en estadio 1. Nuestro estudio revela datos trascendentales; casi la mitad de los pacientes sépticos desarrollaron injuria renal y el estadio KDIGO 3 fue el predominante.

El uso de norepinefrina y su relación con la IRA presenta resultados contradictorios. Se ha observado que una presión arterial media (TAM) inferior a 73 mmHg y una dosis de norepinefrina mayor a 0,19 mcg/kg/min son factores independientes asociados a la progresión de la IRA (13). El ensayo VANISH determinó que en el grupo de pacientes que recibió norepinefrina, la incidencia de IRA fue mayor en comparación con el grupo que recibió vasopresina. Además, se observó una mayor necesidad de terapia de reemplazo renal en el grupo de norepinefrina, con una diferencia porcentual de 9.9 %. Sin embargo, es importante destacar que este estudio no identificó una asociación de riesgo entre el uso de norepinefrina y la IRA (14), algo que tampoco pudimos demostrar.

La sobrecarga hídrica se relaciona directamente con la IRA al ocasionar disfunción endotelial, que a su vez causa daño al glicocálix. Esto puede llevar a la aparición de diferentes efectos secundarios, como edema pericapilar, fuga capilar, congestión renal y edema intersticial (15, 16). Vélez *et al.* (16), definen al glicocálix como “el regulador por trascendencia de la homeostasis a nivel vascular”, también afectado en sepsis por la sobreexpresión de factores de adhesión leucocitaria al endotelio. Aunque la resucitación con fluidos es una medida fundamental en el manejo inicial del paciente séptico, sus efectos deletéreos pueden empeorar la disfunción renal (17).

Durante años se ha demostrado que la sobrecarga de fluidos se asocia con un peor pronóstico en la UCI. Un estudio prospectivo reciente ha demostrado que un balance hídrico superior a 3,4 litros y un gasto urinario menor a 0,85 litros por día son factores independientes asociados con el desarrollo de IRA y la mortalidad (18). Sin embargo, no pudimos determinar asociación positiva entre un balance hídrico positivo y la lesión renal, lo que contrasta con Nogueira *et al.* (18), quienes mostraron que un incremento de 100 ml de balance hídrico se asocia con un ascenso del 4 % de riesgo de IRA, y que el balance positivo hacia el cuarto día es un marcador temprano de fallo.

El empleo previo de furosemida en pacientes críticamente enfermos exhibe resultados contradictorios. Krzych *et al.* (19) evaluaron el impacto de la furosemida a una dosis $< 0 >$ a 160 mg/día, sobre la fatalidad y necesidad de terapia de sustitución renal y no encontraron relación estadística. En nuestro estudio tampoco pudimos demostrar asociación causal.

Las comorbilidades asociadas a IRA en sepsis incluyen hipertensión arterial, diabetes mellitus, enfermedad cardiovascular, enfermedad coronaria y enfermedad hepática. Además, la presencia de infección abdominal y otras variables clínicas como el choque y la ventilación mecánica se han asociado positivamente con el desarrollo de IRA (20). En nuestro análisis de resultados sugerimos que ni la hipertensión arterial, ni el índice de Charlson ≥ 2 , ni tampoco el sitio de infección tienen asociación significativa.

A la luz de la evidencia, es claro que la IRA en sepsis tiene una amplia variedad de factores precipitantes, lo que dificulta y complica el establecimiento de una estrategia única de intervención y prevención. Basados en ello, se han diseñado varios modelos probabilísticos, Zhou *et al.* (21) crearon un modelo probabilístico en pacientes sépticos con 16 variables con un AUROC 0.861. Por otro lado, Yue *et al.* construyeron un modelo de 11 variables: comorbilidades y datos paraclínicos (hemoglobina, albúmina, otros) con un AUROC de 0.76 (22). Es claro que los modelos mencionados y otros tantos pese a tener una buena capacidad predictiva, incluyen numerosos factores que a la hora de aplicarlos al pie de cama resulten poco prácticos.

Este estudio se basó en la escala desarrollada por Ferrari *et al.*, que es un modelo fácil y conciso. La escala incluyó cinco elementos: TFG < 90 ml/min/1,73m², SOFACV ≥ 2 , presencia de obesidad, lactato ≥ 2 mmol/L y un valor $\geq 0,3$ ng/ml del producto de los factores TIMP-2*IGFBP7. Sin embargo, es importante mencionar que el último elemento, el biomarcador TIMP-2*IGFBP7, no está disponible en las UCI de Ecuador ni en la mayoría de los países en vías de desarrollo (10).

Por lo tanto, proponemos un nuevo modelo adaptado de la escala previamente mencionada, el cual puede ser aplicable en cualquier unidad crítica a nivel mundial. Este nuevo modelo considera cuatro variables fundamentales: SOFA ≥ 10 puntos, TFG ≤ 84 ml/min/1.73m², lactato sérico ≥ 2.5 mmol/L y gasto urinario ≤ 0.6 ml/Kg/h. Estas variables hacen que esta herramienta sea de aplicación sencilla, precisa y rápida, y presenta una curva ROC de 0.83.

Como limitaciones de nuestro estudio, debemos destacar lo siguiente: en primer lugar, se trata de un estudio observacional que es ambispectivo, lo que implica que parte de la información recolectada corresponde a una cohorte retrospectiva, lo que dificulta la generalización de los resultados obtenidos. En segundo lugar, no se incluyeron en el análisis variables adicionales como otras condiciones crónicas o marcadores paraclínicos, lo que podría haber aportado información adicional relevante. Por último, debido a la falta de disponibilidad de biomarcadores como el TIMP-2*IGFBP7 en nuestro país, no fue posible analizar la capacidad predictiva de este elemento en pacientes con sepsis.

La fortaleza de este trabajo radica en que se han estudiado factores específicos dentro de una condición crítica, como es la sepsis. Esto hace que esta escala sea un modelo novedoso que permitirá predecir el desarrollo de injuria renal en la etapa aguda del paciente crítico. Se trata de un instrumento clínico que puede ser utilizado de manera rutinaria con datos accesibles y fáciles de obtener dentro de las primeras 24 horas de admisión a Cuidados Intensivos. El objetivo es lograr un diagnóstico más temprano y aplicar intervenciones adecuadas y oportunas.

La prevalencia de disfunción renal aguda en pacientes sépticos es elevada y está influenciada por factores como la edad mayor de 64 años, hipertensión arterial y un índice de Charlson igual o mayor a 2 puntos. Su mortalidad se duplica en asociación con sepsis. Cuatro de cada diez pacientes sépticos desarrollarán falla renal aguda, y la mayoría de ellos alcanzarán el estadio KDIGO 3. Además, uno de cada diez pacientes requerirá terapia de soporte renal. Parece que la escala ARMO sería un método útil para predecir el desarrollo de falla renal aguda en pacientes sépticos en las UCI, ya que muestra una alta capacidad discriminativa ♦

Financiamiento: Asistencia financiera parcial del Fondo Público de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Agradecimiento: Al financiamiento del Fondo Público de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y la colaboración científica del Doctor Jorge Luís Vélez Páez, así como al personal sanitario de las unidades de salud consideradas en este estudio.

Conflictos de interés: Ninguno.

REFERENCIAS

1. Kasper DL, Fauci AS, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, Loscalzo J. Principios de medicina interna. Brasil: McGraw-Hill Interamericana; 2016.
2. Makris K, Spanou L. Acute Kidney Injury: Definition, Pathophysiology and Clinical Phenotypes. *Clin Biochem Rev* [Internet]. 2016 [citado el 01 de febrero de 2022]; 37(2):85–98. Disponible en: <https://shorturl.at/rwAU3>.
3. Oliver J, MacDowell M, Tracy A. The Pathogenesis of acute Renal Failure associated with Traumatic and Toxic Injury. *Renal Ischemia, Nephrotoxic damage and the Ischemic Episode. J Clin Invest* [Internet]. 1951 [citado el 01 de febrero de 2022]; 30(12 Pt 1):1307–439. Disponible en: <https://shorturl.at/ahjnz>.
4. Kellum JA, Lameire N, Aspelin P, Barsoum RS, Burdman EA, Goldstein SL, et al. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int Suppl* [Internet]. 2012 [citado el 01 de febrero de 2022]; 2(1):1. Disponible en: <https://shorturl.at/mFNR1>.
5. Napolitano LM. Sepsis 2018: Definitions and Guideline Changes. *Surg Infect (Larchmt)* [Internet]. 2018 [citado el 01 de febrero de 2022]; 19(2):117–125. Disponible en: <https://doi.org/10.1089/sur.2017.278>.
6. Poston JT, Koynar JL. Sepsis associated acute kidney injury. *BMJ* [Internet]. 2019 [citado el 01 de febrero de 2022]; 364:k4891. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmj.k4891>.
7. Ramírez Martínez AY. Factores de riesgo para lesión renal aguda en pacientes con diagnóstico de sepsis [Internet] [Tesis]. Región Veracruz: Universidad Veracruzana; 2019 [citado el 01 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://shorturl.at/gjjq7>.
8. Lombi F, Muryan A, Canzonieri R, Trimarchi H. Biomarcadores en la lesión renal aguda: ¿paradigma o evidencia?. *Nefrología* [Internet]. 2016 [citado el 14 de marzo de 2018]; 36(4). Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2016.01.012>.
9. Malhotra R, Kashani KB, Macedo E, Kim J, Bouchard J, Wynn S, et al. A risk prediction score for acute kidney injury in the intensive care unit. *Nephrol Dial Transplant* [Internet]. 2017 [citado el 14 de marzo de 2018]; 32(5):814–822. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfx026>.
10. Ferrari F, Puci MV, Ferraro OE, Romero-González G, Husain-Syed F, Rizo-Topete L, et al. Development and validation of quick Acute Kidney Injury-score (q-AKI) to predict acute kidney injury at admission to a multidisciplinary intensive care unit. *PLoS One* [Internet]. 2019 [citado el 14 de marzo de 2018]; 14(6). Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217424>.
11. Bagshaw SM, Uchino S, Bellomo R, Morimatsu H, Morgera S, Schetz M, et al. Septic acute kidney injury in critically ill patients: clinical characteristics and outcomes. *Clin J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2007 [citado el 14 de marzo de 2018]; 2(3):431–439. Disponible en: <https://doi.org/10.2215/CJN.03681106>.
12. Wang H, Ji X, Wang AY, Wu PK, Liu Z, Dong L, et al. Epidemiology of Sepsis-Associated Acute Kidney Injury in Beijing, China: A Descriptive Analysis. *Int J Gen Med* [Internet]. 2021 [citado el 14 de marzo de 2018]; 14:5631. Disponible en: <https://doi.org/10.2147/IJGM.S320768>.
13. Poukkanen M, Wilkman E, Vaara ST, Pettilä V, Kaukonen K-M, Korhonen A-M, et al. Hemodynamic variables and progression of acute kidney injury in critically ill patients with severe sepsis: data from the prospective observational FINNAKI study. *Crit Care* [Internet]. 2013 [citado el 14 de marzo de 2018]; 17(6):1–11. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/cc13161>.
14. Gordon AC, Mason AJ, Thirunavukkarasu N, Perkins GD, Cecconi M, Cepkova M, et al. Effect of early vasopressin vs norepinephrine on kidney failure in patients with septic shock: The VANISH randomized clinical trial. *J Am Med Assoc* [Internet]. 2016 [citado el 14 de marzo de 2018]; 316(5):509–518. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jama.2016.10485>.
15. Patil VP, Salunke BG. Fluid overload and acute kidney injury. *Indian J Crit Care Med* [Internet]. 2020 [citado el 14 de marzo de 2018]; 24(Suppl 3):S94. Disponible en: <https://shorturl.at/wDT15>.
16. Vélez JL, Montalvo M, Aguayo S, Vélez PA, Velarde G, Jara González FE, et al. Glicocálix endotelial: relevancia clínica y enfoque traslacional. *Horiz Médico* [Internet]. 2019 [citado el 14 de marzo de 2018]; 19(4):84–92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.24265/horizmed.2019.v19n4.12>.
17. Montomoli J, Donati A, Ince C. Acute kidney injury and fluid resuscitation in septic patients: are we protecting the kidney? *Nephron* [Internet]. 2019 [citado el 14 de marzo de 2018]; 143(3):170–173. Disponible en: <https://doi.org/10.1159/000501748>.
18. De Oliveira FSV, Freitas FGR, Ferreira EM, de Castro I, Bafi AT, de Azevedo LCP, et al. Positive fluid balance as a prognostic factor for mortality and acute kidney injury in severe sepsis and septic shock. *J Crit Care* [Internet]. 2015 [citado el 14 de marzo de 2018]; 30(1):97–101. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2014.09.002>.
19. Krzych ŁJ, Czempik PF. Impact of furosemide on mortality and the requirement for renal replacement therapy in acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis of randomised trials. *Ann Intensive Care* [Internet]. 2019 [citado el 14 de marzo de 2018]; 9(1):1–9. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0557-0>.
20. Liu J, Xie H, Ye Z, Li F, Wang L. Rates, predictors, and mortality of sepsis-associated acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *BMC Nephrol* [Internet]. 2020 [citado el 14 de marzo de 2018]; 21(1):1–16. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12882-020-01974-8>.
21. Zhou J, Bai Y, Wang X, Yang J, Fu P, Cai D, et al. A simple risk score for prediction of sepsis associated-acute kidney injury in critically ill patients. *J Nephrol* [Internet]. 2019 [citado el 14 de marzo de 2018]; 32(6):947–956. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40620-019-00625-y>.
22. Yue S, Li S, Huang X, Liu J, Hou X, Wang Y, et al. Construction and Validation of a Risk Prediction Model for Acute Kidney Injury in Patients Suffering from Septic Shock. *Dis Markers* [Internet]. 2022 [citado el 14 de marzo de 2018]; 2022: 9367873. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2022/9367873>.