



Artículo original

Factores asociados a mortalidad hospitalaria de pacientes con insuficiencia cardiaca, internados por insuficiencia renal aguda

Alberto Guevara-Tirado  ¹

¹Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

Cómo citar: Guevara Tirado A. Factores asociados a mortalidad hospitalaria de pacientes con insuficiencia cardiaca, internados por insuficiencia renal aguda. Colomb. Nefrol. 2025; 12(2), e859. <https://doi.org/10.22265/acnef.12.2.859>

Resumen

Contexto: la insuficiencia renal aguda (IRA) es una complicación frecuente en pacientes con insuficiencia cardiaca (IC) y se asocia con una mayor mortalidad hospitalaria.

Objetivo: determinar los factores asociados a la mortalidad, 14 días posteriores al ingreso hospitalario y en pacientes con IC internados por IRA.

Métodología: estudio analítico transversal basado en 1611 pacientes con IC crónica e internados por IRA. Se analizaron parámetros bioquímicos y hemodinámicos mediante pruebas U de Mann-Whitney, *odds ratio*, razón de prevalencias, regresión de Poisson y logística binaria. Se utilizó un árbol de decisiones mediante detector automático de interacciones de chi-cuadrado (CHAID, según sus siglas en inglés) para identificar predictores de mortalidad.

Resultados: el análisis CHAID identificó cinco variables asociadas a mortalidad a 14 días, en pacientes con IC e IRA: recuento de glóbulos blancos (WBC, según sus siglas en inglés), frecuencia respiratoria, sodio, presión arterial diastólica (PAD) y saturación de oxígeno (SpO₂). El nodo terminal con mayor asociación a mortalidad estuvo conformado por pacientes con SpO₂ ≤ 93,0 % y WBC >17 000 mm³, presentando un *odds ratio* ajustado (ORa) de 2,62 (IC 95 % = 2,21-2,76) y razón de prevalencias ajustada (RPa) de 1,91 (IC 95 %:1,41-1,98). Dicho nodo mostró una especificidad del 98,0 % y un valor predictivo negativo del 92,0 %. Además, los pacientes en este grupo presentaron valores significativamente mayores de anión gap, nitrógeno uréico en sangre (BUN, según sus siglas en inglés), pulso, frecuencia respiratoria y valores menores de bicarbonato, PAD y SpO₂.

Palabras clave: insuficiencia renal, insuficiencia cardiaca, mortalidad, hospitalización, toma de decisiones asistida por computador, síndrome cardiorrenal.

Recepción:

30/May/2024

Aceptación:

14/Mar/2025

Publicación:

27/Jun/2025

✉ **Correspondencia:** Alberto Guevara Tirado, Universidad Científica del Sur, Carretera Antigua Panamericana Sur km 19, Villa El Salvador, Lima, Perú. Correo-e: albertoguevara1986@gmail.com



Conclusiones: en pacientes con IC internados por IRA, la coexistencia de hipoxemia moderada y leucocitosis marcada se asoció con un mayor riesgo de mortalidad temprana. Su identificación y monitoreo pueden ser claves para la implementación de estrategias terapéuticas.

Factors associated with in-hospital mortality in patients with heart failure hospitalized for acute renal failure

Abstract

Background: Acute renal failure (ARF) is a common complication in patients with heart failure (HF) and is associated with increased in-hospital mortality.

Purpose: To determine the factors associated with mortality 14 days after hospital admission in patients with HF admitted for ARF.

Methodology: Analytical cross-sectional study based on 1611 patients with chronic HF admitted for ARF. Biochemical and hemodynamic parameters were analyzed using Mann-Whitney U tests, Odds Ratio, prevalence ratio, Poisson regression, and binary logistics. A decision tree was used using a chi-squared automatic interaction detector (CHAID) to identify predictors of mortality.

Results: The CHAID analysis identified five variables associated with 14-day mortality in patients with HF and ARF: white blood cell count (WBC), respiratory rate, sodium, diastolic blood pressure (DBP), and oxygen saturation (SpO₂). The terminal node with the highest association with mortality was comprised of patients with SpO₂ ≤ 93 % and WBC > 17,000 mm³, presenting an adjusted odds ratio (aOR) of 2.62 (95 %CI: 2.21-2.76) and an adjusted prevalence ratio (aPR) of 1.91 (95 %CI: 1.41-1.98). This node showed a specificity of 98 % and a negative predictive value of 92 %. Patients in this group presented significantly higher values of anion gap, BUN, pulse and respiratory rate, and lower values of bicarbonate, DBP and SpO₂.

Conclusions: In patients with HF hospitalized for ARF, the coexistence of moderate hypoxemia and marked leukocytosis was associated with a higher risk of early mortality. Its identification and monitoring may be key to the implementation of therapeutic strategies.

Keywords: Renal insufficiency, Heart failure, Mortality, Hospitalization, Decision making, Computer-Assisted, Cardio-Renal syndrome.

Introducción

La insuficiencia cardíaca (IC) y la insuficiencia renal aguda (IRA) son enfermedades que suelen coexistir debido a la constante necesidad de perfusión arteriolar y glomerular renal, para unas adecuadas funciones de filtración, reabsorción, endocrinas, entre otros [1]. Los mecanismos por los cuales la IC causa IRA implican fenómenos hemodinámicos, neurohumorales, inflamatorios y oxidativos complejos. Entre ellos, la reducción del gasto cardíaco; la elevación de la presión venosa central por la congestión venosa sistémica, con la consiguiente hipoperfusión renal, que desencadenan mecanismos neurohumorales desadaptativos como la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona, hiperactividad simpática y secreción

de la hormona antidiurética [2]. Asimismo, la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona genera un estado proinflamatorio, proapoptótico y con disfunción mitocondrial, que cursa con la liberación de radicales libres y estrés oxidativo [3], exacerbando la lesión del parénquima renal.

La mortalidad en días, o semanas, posteriores al evento de IRA ha sido estudiada en diferentes contextos clínicos, por ser un tema de interés para la supervivencia de estos grupos de pacientes. Lin *et al.*, en un estudio cuyo objetivo fue determinar la presencia de lesión renal aguda en pacientes sépticos internados en una unidad de cuidados intensivos (UCI), encontraron que el seguimiento de la función renal los primeros tres días desde el ingreso a UCI por sepsis predijo la mortalidad posterior de forma más eficiente que el estudio de la función renal, solo al ingreso hospitalario [4]. Asimismo, la creación de modelos de predicción ha sido de interés. Por su parte, Hu *et al.* tuvieron como objetivo la creación de un modelo predictivo para evaluar el pronóstico en pacientes sépticos con lesión renal aguda, mediante diferentes marcadores bioquímicos, hallando que su modelo fue más eficiente en la predicción de mortalidad que puntuaciones genéricas como el sistema de evaluación de gravedad (SAPS II, según sus siglas en inglés) y la escala de evaluación de daño multiorgánica secuencial (SOFA, según sus siglas en inglés) [5]. Esto sugiere que la determinación pronóstica de mortalidad en pacientes con insuficiencia renal requiere de un análisis y una exploración enfocados en la patología de base. En ese sentido, debido a las características del síndrome cardiorrenal, es necesario determinar qué características predicen mejor una mayor mortalidad bajo este contexto clínico.

Por ello, el objetivo de esta investigación fue determinar los factores asociados a la mortalidad hospitalaria de pacientes con IC, hospitalizados por IRA. Los resultados han permitido conocer las alteraciones bioquímicas y hemodinámicas asociadas a una mayor mortalidad en los 14 días posteriores a la hospitalización, en pacientes afectados por esta afectación cardiorrenal, aportando en la comprensión de la compleja interacción disfuncional entre ambos sistemas durante la lesión renal.

Materiales y métodos

Diseño y población de estudio

Estudio analítico y transversal, desarrollado a partir de una base de datos internacional, registrada en el repositorio de datos basados en publicaciones científicas y médicas llamado “Dryada” (<https://datadryad.org>), la cual tiene como objetivo la reutilización de datos con fines de investigación científica.

La investigación provino de la base de datos del artículo: “Automated, medication- targeted alerts for Acute Kidney Injury - A randomized trial” (en español: “Alertas automatizadas y dirigidas a medicamentos para la lesión renal aguda: un ensayo aleatorizado”) [6] publicada el año 2023, cuyo objetivo fue determinar si un sistema automatizado de apoyo a las decisiones clínicas afectaba las tasas de interrupción de medicamentos potencialmente nefrotóxicos y si mejoraba los resultados en pacientes con IRA [7].

El total de participantes de la base de datos fue de 5060 adultos hospitalizados por IRA, según lo definido por los criterios de creatinina sérica del *Kidney Disease: Improving Global Outcomes* (KDIGO) (aumento de al menos un 50,0 % en creatinina en siete días o un aumento de 0,3 mg/dl en 48 horas) [8]. La población total seleccionada para el presente estudio fue de 1611 adultos, cuya comorbilidad principal fue IC crónica. No se realizó calculo ni determinación de muestras debido a que se utilizó el total de la población disponible. Las características de la población seleccionada pueden observarse en la tabla 1. Asimismo, se siguieron las recomendaciones de la guía de estudios observacionales derivados de bases de datos en salud RECORD [9]. Las especificaciones de la población seleccionada se visualizan en la figura 1.

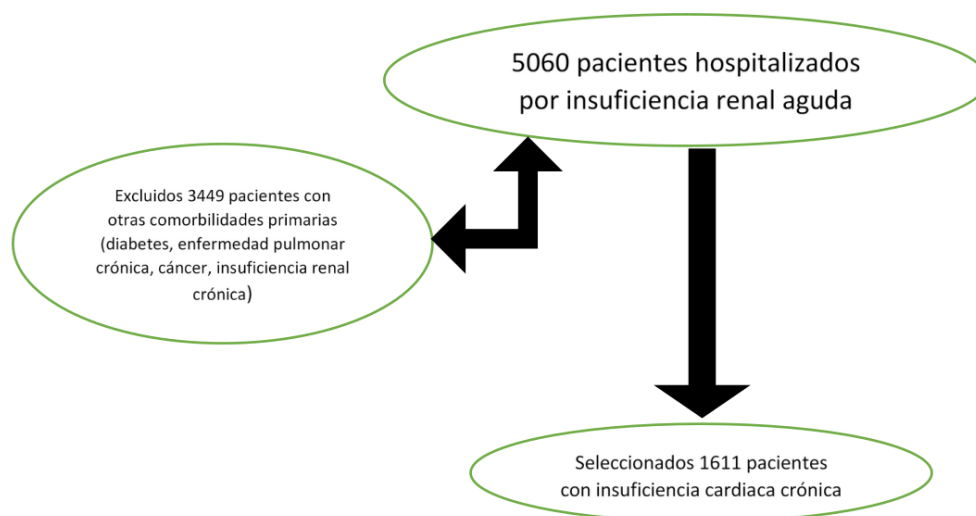


Figura 1. Población seleccionada y excluida en la investigación

Fuente: elaboración propia.

Variables y mediciones

La variable dependiente fue la muerte, dentro de los 14 días después de la hospitalización, dicotomizada entre las opciones “sí” y “no”. Las variables independientes fueron numéricas e incluyeron: edad (años); creatinina (mg/dl), con un valor de referencia de 0,7-1,3 mg/dl en hombres y de 0,6-1,1 mg/dl en mujeres; anión gap (mmol/l), 8-16 mmol/l; bicarbonato

Tabla 1. Características de la población de pacientes con insuficiencia cardiaca atendidos por insuficiencia renal aguda

Característica		Recuento	Porcentaje
Grupo etario	Hasta 89 años	1465	90,9
	Mayor a 90 años	146	9,1
Sexo	Hombre	827	51,3
	Mujer	784	48,7
Muerte a los 14 días posingreso	No	1452	90,1
	Sí	159	9,9
Puntuación SOFA	0	112	7
	1	327	20,3
	2	352	21,8
	3	349	21,7
	4	197	12,2
	5	134	8,3
	6	72	4,5
	7	33	2
	8	22	1,4
	9	7	0,4
	10	3	0,2
	11	2	0,1
	12	1	0,1

Fuente: elaboración propia.

(mmol/l), 22-29 mmol/l; nitrógeno ureico en sangre (*BUN*, según sus siglas en inglés) (mg/dl), 7-20 mg/dl; cloruro (mmol/l), 96-106 mmol/l; tasa de filtrado glomerular (TFG) (ml/min), con valores normales ≥ 90 ml/min; hemoglobina (g/dl), 13,8-17,2 g/dl en hombres y 12,1-15,1 g/dl en mujeres; recuento de plaquetas (células/mcl), 150 000-450 000 células/mcl; potasio (mmol/l), 3,5-5,1 mmol/l; sodio (mEq/l), 135-145 mEq/l; recuento de glóbulos blancos (*WBC*, según sus siglas en inglés) (células/mcl), 4000-11 000 células/mcl; presión arterial sistólica (PAS) (mmHg); presión arterial diastólica (PAD) (mmHg); pulso (latidos por minuto); frecuencia respiratoria (respiraciones por minuto); y saturación de oxígeno periférico (SpO_2) (%), con un valor normal $\geq 95,0$ %.

El procedimiento consistió en la recolección de información de la base de datos secundaria y se registró en el *software* SPSS Statistics 25 para su revisión y limpieza. Se accedió a la base de datos completa, sin solicitud previa, debido a las políticas de datos abiertos de la revista y a la declaración de sus creadores.

En la limpieza de datos, se corrigieron decimales, errores en entradas de variables, formatos inconsistentes y valores numéricos. También se buscaron datos duplicados, atípicos, nulos o faltantes, sin hallarse irregularidades. El estudio no vinculó datos a nivel de persona, institución u otra base de datos.

Análisis estadístico

Se utilizaron tablas para la estadística descriptiva, obteniendo frecuencias absolutas y porcentajes, así como medianas y rangos intercuartílicos, debido a que la distribución de las variables no fue normal tras la realización de la prueba de normalidad de Kolmogorv-Smirnov. Se utilizó el aprendizaje supervisado (*machine learning*) a través del árbol de decisiones, mediante la detección automática de interacciones de chi-cuadrado (*CHAID*), el cual es un algoritmo que genera segmentos y perfiles respecto al resultado, a través de la detección automática de interacciones entre variables mediante Ji-cuadrado [10].

En cada paso, *CHAID* elige la variable independiente con la mayor interacción con la dependiente, seleccionando los nodos principales con mayor valor del Ji-cuadrado y descendiendo hasta el nodo terminal, obteniendo variables con la mayor interacción con la variable dependiente. Además, a diferencia de los modelos de regresión tradicionales, *CHAID* muestra interacciones multinivel, con predictores según orden de prioridad, permitiendo complementar y respaldar decisiones clínicas [11].

Asimismo, se utilizó un método de validación cruzada de 10 veces para estimar el riesgo de clasificación errónea del modelo de árbol de decisión. Una vez obtenidos los nodos terminales, se seleccionó el que tuviera mayor asociación en los árboles de *CHAID*, con el fin de generar una nueva variable dicotómica, con las características conjuntas del nodo terminal y los nodos internos, con mayor asociación al nodo raíz (muerte a los 14 días posteriores al ingreso hospitalario), sometiendo los datos a pruebas mediante tablas bivariadas para la estimación de frecuencias (razón de prevalencias) y probabilidades (*odds ratio*) crudas y ajustadas mediante regresión de Poisson y regresión logística binaria, grado de asociación (coeficiente V de Cramer), sensibilidad (S), especificidad (E), valor predictivos positivos (VPP) y negativos (VPN), de la nueva variable producida mediante el árbol de decisiones *CHAID*, para la cual también se realizó la comparación de rangos promedio y suma de rangos mediante la prueba U de Mann-Whitney.

Los hallazgos se midieron con un valor de p significativo menor del 0,05, con un intervalo de confianza (IC) del 95 %. El análisis y procesamiento, incluyendo el uso de métodos de aprendizaje automático, se realizó por medio del programa SPSS *statistics* 25TM [12].

Consideraciones éticas

La base de datos fue puesta a disposición por sus autores en Dryada, el cual es un repositorio de datos de investigación de libre acceso, bajo licencia de dedicación de dominio público Creative Commons (CC0) [13], sin estar disponibles datos que permitieran identificar la identidad de los participantes, siendo información desidentificada y codificada numéricamente. Se respetó lo establecido en la declaración de Helsinki.

Resultados

La mayoría (90,9 %) de los pacientes estuvieron en el grupo de edad hasta los 89 años, de los cuales el 51,3 % eran hombres y el 48,7 % mujeres; de estos, el 9,9 % falleció a los 14 días posteriores al ingreso para atención por IRA y la mayor parte estuvo en la clasificación *SOFA* 2 (siglas en inglés para escala de evaluación de daño multiorgánica secuencial) (21,8 %) y 3 (21,7 %) (tabla 1).

En la tabla, se observan las medianas y los rangos intercuartílicos de los parámetros bioquímicos y hemodinámicos, incluidos en el árbol de decisiones *CHAID*, para la determinación de los factores asociados a mortalidad en los 14 días posteriores al ingreso por IRA en pacientes con IC (tabla 2).

El árbol de decisiones *CHAID*, después de haber incluido las siguientes variables: edad, creatinina, anión gap, bicarbonato, *BUN*, cloruro, tasa de filtrado glomerular, hemoglobina, plaquetas, potasio, sodio, *WBC*, *PAS*, *PAD*, pulso, frecuencia respiratoria y saturación de oxígeno, tomó como factores asociados a mortalidad de 14 días posteriores al ingreso hospitalario, a las variables: *WBC*, frecuencia respiratoria, sodio, *PAD* y saturación de oxígeno.

El árbol tuvo una profundidad de 3, con 100 casos mínimos en el nodo padre y 50 casos mínimos en el nodo hijo, con un total de 15 nodos, de los cuales 9 fueron terminales. El nodo terminal con mayor asociación a mortalidad de 14 días posingreso fue el de pacientes caracterizados por saturación de oxígeno menor o igual a 93,0 %, con un *WBC* mayor a 17 000 mm³ (figura 2).

El nodo 9, conformado por pacientes con saturación de oxígeno menor o igual a 93,0 %, y un *WBC* mayor a 17 000/mm³, tuvo una asociación moderada con el nodo principal ($V = 0,294$). Los pacientes con IC atendidos por IRA al ingreso, con *SpO₂* menor o igual a 93,0 % y *WBC* mayores a 17 000mm³, tuvieron una probabilidad de 2,62 veces mayor de muerte en los 14 días posteriores al ingreso, que los pacientes con *SpO₂* mayores y *WBC* menores a los valores

Tabla 2. Medianas y rangos intercuartílicos de la población estudiada

	Mediana	Rango intercuartílico
Edad (años)	75	19
Creatinina (mg/dl)	1,67	0,89
Anión gap (mmol/l)	12	4
Bicarbonato (mmol/l)	24	6
BUN (mg/dl)	35	24
Cloruro (mmol/l)	102	7
TFG (ml/min)	47,28	40,01
Hemoglobina (g/dl)	10,50	3,30
Plaquetas (mcl)	205	122
Potasio (mmol/l)	4,20	0,80
Sodio (mEq/l)	138	6
WBC (mcl)	9	6
PAS (mmHg)	117	29
PAD (mmHg)	66	16
Pulso	75	22
Frecuencia respiratoria	18	2
SpO ₂ (%)	96	4

Nota: BUN: siglas en inglés para nitrógeno ureico en sangre; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; SpO₂: saturación de oxígeno; TFG: tasa de filtración glomerular; WBC: siglas en inglés para recuento de glóbulos blancos.

Fuente: elaboración propia.

previamente mencionados. Asimismo, la frecuencia de muerte (razón de prevalencias, RP) fue 1,91 veces mayor. Hubo altos porcentajes de especificidad (E = 98,0 %) y de valor predictivo negativo (VPN = 92,0 %) (tabla 3).

Tabla 3. Medidas de asociación y capacidad diagnóstica del nodo 9 del árbol de decisiones, con relación a la mortalidad en 14 días posteriores al ingreso por IRA en pacientes con IC

V	OR	ORa (IC 95 %)*	RP	RPa (IC 95 %)*	S	E	VPP	VPN
0,294	11,84 (7,65-18,59)	2,62 (2,21-2,76)	6,34 (4,28-7,49)	1,91 (1,41-1,98)	22,0 %	98,0 %	29,0 %	92,0 %

Los pacientes pertenecientes al nodo 9 del árbol de decisiones CHAID (SpO₂ ≤ 93,0 % y WBC > 17 000mm³) tuvieron promedios mayores y significativos respecto a otros pacientes, en lo correspondiente a anión gap (<0,001, BUN (p = 0,007), WBC (p <0,001), pulso (p <0,001), fre-

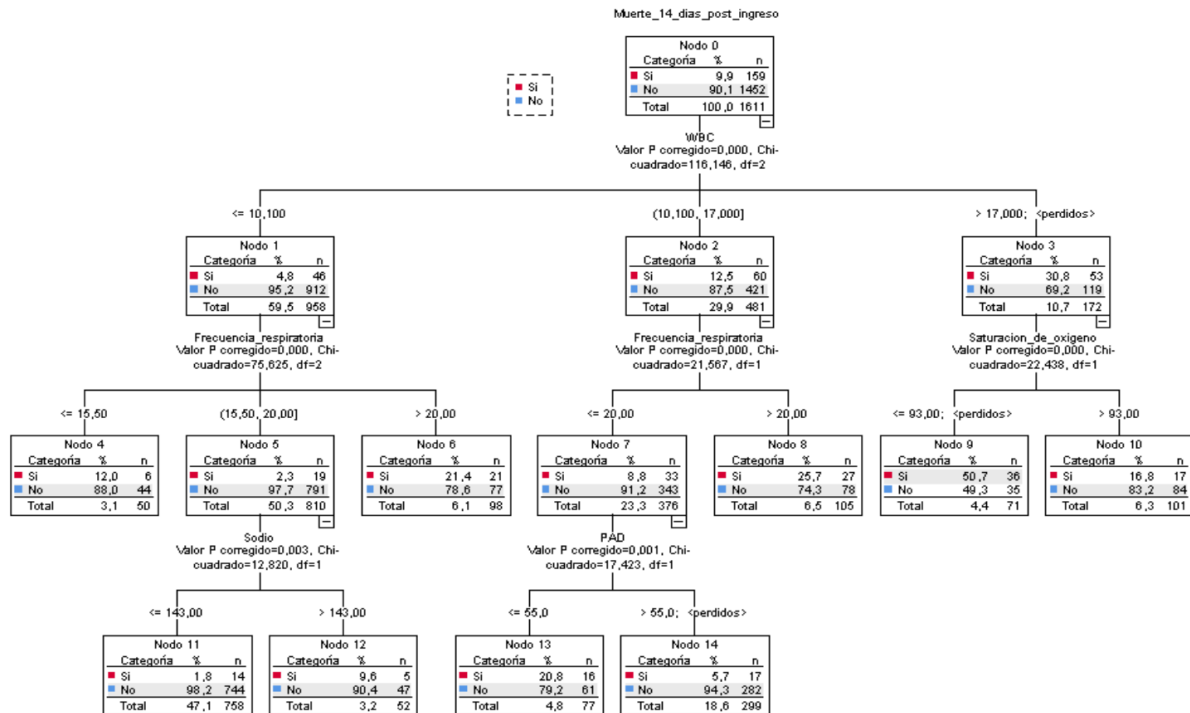


Figura 2. Árbol de decisiones CHAID para factores asociados a mortalidad en los 14 días posingreso hospitalario, debido a insuficiencia renal aguda en pacientes con insuficiencia cardíaca

Nota: PAD: presión arterial diastólica; WBC: siglas en inglés para recuento de glóbulos blancos.

Fuente: elaboración propia.

cuencia respiratoria ($p < 0,001$) y menores promedios de bicarbonato ($p = 0,002$), PAD ($p < 0,001$) y SpO_2 ($p < 0,001$) (tabla 4).

Discusión

El presente estudio identificó que la saturación de oxígeno $\leq 93,0\%$ y el WBC $> 17\ 000$ mm³ fueron los principales factores asociados a la mortalidad hospitalaria en pacientes con IC internados por IRA. Estos hallazgos coincidieron con estudios previos que han señalado la hipoxemia y la respuesta inflamatoria exacerbada, como factores determinantes en la progresión de enfermedades críticas y su desenlace fatal [14].

La elección del punto de corte de $SpO_2 \leq 93,0\%$ se basó en su capacidad para discriminar el riesgo de mortalidad en este análisis. Si bien la definición clásica de hipoxemia moderada considera un umbral del $90,0\%$ [15], se ha observado que niveles levemente superiores también pueden estar asociados a peores desenlaces en poblaciones vulnerables [16]. En esta cohorte, este umbral permitió identificar un subgrupo de pacientes con mayor riesgo de muerte temprana, esto podría deberse a que, en pacientes con IC e IRA, una disminución

Tabla 4. Comparación de promedios de parámetros bioquímicos y hemodinámicos según presencia o ausencia de características del nodo 9 del árbol CHAID ($\text{SpO}_2 \leq 93,0\%$ y $\text{WBC} > 17\,000\text{ mm}^3$) para adultos con IC internados por IRA

	Nodo 9 ($\text{SpO}_2 \leq 93,0\%$ y $\text{WBC} > 17\,000\text{ mm}^3$)	N	Rango promedio	Suma de rangos	P
Edad (años)	Sí	71	745,06	52 899,50	0,258
	No	1540	808,81	1 245 566,50	
Creatinina (mg/dl)	Sí	71	754,06	53 538,00	0,336
	No	1540	808,39	1 244 928,00	
Anión gap (mmol/l)	Sí	67	1055,66	70 729,00	<0,001
	No	1537	791,46	1 216 481,00	
Bicarbonato (mmol/l)	Sí	67	628,79	42 129,00	0,002
	No	1537	810,07	1 245 081,00	
BUN (mg/dl)	Sí	67	952,69	63 830,50	0,007
	No	1537	795,95	1 223 379,50	
Cloruro (mmol/l)	Sí	67	846,65	56 725,50	0,425
	No	1537	800,58	1 230 484,50	
TFG (ml/min)	Sí	71	911,65	64 727,50	0,050
	No	1540	801,13	1233738,50	
Hemoglobina (g/dl)	Sí	66	755,15	49 840,00	0,411
	No	1535	802,97	1 232 561,00	
Plaquetas (mcl)	Sí	66	855,64	56 472,50	0,317
	No	1533	797,60	1 222 727,50	
Potasio (mmol/l)	Sí	67	909,70	60 950,00	0,051
	No	1536	797,30	1 224 656,00	
Sodio (mEq/l)	Sí	67	872,71	58 471,50	0,204
	No	1537	799,44	1 228 738,50	
WBC (mcl)	Sí	66	1519,58	100 292,50	<0,001
	No	1533	769,02	1 178 907,50	
PAS (mmHg)	Sí	67	735,87	49 303,50	0,226
	No	1538	805,92	1 239 511,50	
PAD (mmHg)	Sí	67	550,37	36 875,00	<0,001
	No	1538	814,01	1 251 940,00	
Pulso	Sí	67	1123,67	75 286,00	<0,001
	No	1540	790,09	1 216 742,00	
Frecuencia respiratoria	Sí	67	1063,77	71 272,50	<0,001
	No	1540	792,70	1 220 755,50	
SpO_2 (%)	Sí	67	137,98	9244,50	<0,001
	No	1540	832,98	1 282 783,50	

Nota: BUN: siglas en inglés para nitrógeno ureico en sangre; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; SpO_2 : saturación de oxígeno; TFG: tasa de filtración glomerular; WBC: siglas en inglés para recuento de glóbulos blancos.

Fuente: elaboración propia.

leve en la oxigenación podría reflejar una reserva fisiológica comprometida y una mayor susceptibilidad al deterioro clínico. Además, la relación entre SpO_2 y desenlaces adversos no es lineal y, en ciertos grupos de pacientes, la hipoxemia leve puede ser indicativa de una descompensación sistémica más amplia.

Este hallazgo tiene implicancias clínicas relevantes, ya que sugiere que incluso niveles de hipoxemia considerados leves pueden estar asociados con un peor pronóstico en pacientes con IC e IRA. Además, podría indicar la necesidad de intervenciones más tempranas en estos pacientes y cuestionar la aplicabilidad universal de los umbrales clásicos de hipoxemia. Si estudios futuros confirman este punto de corte, podría incorporarse en protocolos clínicos para optimizar la estratificación del riesgo y la toma de decisiones terapéuticas.

En cuanto al *WBC*, un recuento superior a $17\,000\text{ mm}^3$ reflejaría una respuesta inflamatoria exacerbada, lo cual concuerda con investigaciones que han relacionado la leucocitosis con una mayor mortalidad en diversas condiciones críticas, incluyendo IC descompensada e IRA [17, 18]. El proceso inflamatorio subyacente podría contribuir a la disfunción endotelial, el deterioro de la perfusión tisular y la progresión del daño multiorgánico.

El análisis de los parámetros bioquímicos y hemodinámicos, en función de la presencia o ausencia de las características del nodo 9 ($SpO_2 \leq 93,0\%$ y $WBC > 17\,000\text{ mm}^3$), mostró diferencias significativas en varios marcadores clínicos relevantes. En este subgrupo de pacientes, se observaron valores significativamente mayores de anión gap, *BUN*, pulso y frecuencia respiratoria, mientras que los niveles de bicarbonato y presión arterial diastólica fueron significativamente más bajos. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que la combinación de hipoxemia y leucocitosis se asocia con un estado clínico más crítico, caracterizado por acidosis metabólica, disfunción renal más severa y alteraciones en la hemodinamia. Además, aunque la TFG y los niveles de potasio mostraron una tendencia a ser diferentes en este grupo, la significancia estadística fue marginal ($p = 0,050$ y $p = 0,051$, respectivamente), lo que sugiere la necesidad de estudios adicionales para confirmar su impacto clínico.

Cabe destacar que variables clínicamente relevantes, como la edad, el sexo y la puntuación *SOFA*, no mostraron una asociación significativa con la mortalidad en este modelo. La falta de asociación con la edad sugiere que, en esta población, otros factores fisiopatológicos podrían tener un rol más determinante en la evolución de la enfermedad. Además, si bien existe bibliografía en la que se ha encontrado que los desenlaces adversos en IC son más frecuentes en mujeres [19], es posible que, en el contexto de la IC en conjunto con la IRA, donde las alteraciones en la homeostasis metabólica son más pronunciadas, otros parámetros

bioquímicos y hemodinámicos hayan sido suficientemente preponderantes para ser más significativos en el modelo *CHAID*.

Otro hallazgo relevante fue la baja sensibilidad (22,0 %) pero alta especificidad (98,0 %) del nodo identificado, lo que indica que, si bien no todos los pacientes fallecidos presentaron estas características, aquellos que sí las tuvieron, tenían un alto riesgo de mortalidad, esto resalta la utilidad del modelo *CHAID* para identificar subgrupos de pacientes con alto riesgo, lo que podría contribuir a la estratificación del manejo hospitalario.

Conclusión

Entre las limitaciones del estudio, se encontró su diseño retrospectivo y el uso de una sola base de datos hospitalaria, lo que pudo afectar la generalizabilidad de los hallazgos. Además, si bien se incluyeron diversas variables clínicas y de laboratorio, otros factores pronósticos como marcadores bioquímicos de inflamación y disfunción endotelial podrían aportar información adicional sobre la fisiopatología subyacente.

En conclusión, este estudio destaca la importancia de la hipoxemia de leve a moderada y la leucocitosis, como factores asociados a mortalidad temprana en pacientes con IC internados por IRA. La identificación de estos factores podría facilitar la detección de pacientes en alto riesgo y la optimización de estrategias terapéuticas en este grupo vulnerable. Además, futuras investigaciones podrían explorar estrategias de intervención dirigidas a estos factores y evaluar su impacto en la reducción de la mortalidad hospitalaria.

Declaración de fuentes de financiamiento

El autor declara que no recibió financiación para la generación o publicación de este artículo.

Conflictos de interés

El autor declara que no tiene conflictos de interés con la publicación de este artículo.

Implicaciones éticas

Se usaron datos sin que se pudiera identificar la identidad de los participantes y se respetó lo establecido en la declaración de Helsinki. Por lo demás, el autor no tiene más implicaciones éticas por declarar.

Referencias

- [1] Holgado JL, Lopez C, Fernandez A, Sauri I, Uso R, Trillo JL, *et al.* Acute kidney injury in heart failure: a population study. *ESC Heart Fail.* 2020;7(2):415-22. <http://dx.doi.org/10.1002/ehf2.12595> ↑Ver página 2
- [2] Chen JJ, Lee TH, Kuo G, Yen CL, Chen SW, Chu PH, *et al.* Acute kidney disease after acute decompensated heart failure. *Kidney Int Rep.* 2022;7(3):526-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ekir.2021.12.033> ↑Ver página 3
- [3] Laghnam D, Jozwiak M, Nguyen LS. Renin-angiotensin-aldosterone system and immunomodulation: a state-of-the-art review. *Cells.* 2021;10(7):1767. <https://doi.org/10.3390/cells10071767> ↑Ver página 3
- [4] Lin CY, Wang YH, Chen YM, Hung KY, Chang YC, Fang YT, *et al.* Dynamic monitoring of kidney injury status over 3 days in the intensive care unit as a sepsis phenotype associated with hospital mortality and hyperinflammation. *Biomed J.* 2022;45(4):665-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bj.2021.08.006> ↑Ver página 3
- [5] Hu H, Li L, Zhang Y, Sha T, Huang Q, Guo X, *et al.* A prediction model for assessing prognosis in critically ill patients with sepsis-associated acute kidney injury. *Shock.* 2021;56(4):564-72. <http://dx.doi.org/10.1097/shk.0000000000001768> ↑Ver página 3
- [6] Wilson F. Automated, medication-targeted alerts for Acute Kidney Injury - A randomized trial. Dryad; 2023. <http://dx.doi.org/10.5061/DRYAD.KH189327P> ↑Ver página 4
- [7] Wilson FP, Yamamoto Y, Martin M, Coronel-Moreno C, Li F, Cheng C, *et al.* A randomized clinical trial assessing the effect of automated medication-targeted alerts on acute kidney injury outcomes. *Nat Commun.* 2023;14(1):2826. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38532-3> ↑Ver página 4
- [8] Hoste EAJ, Bagshaw SM, Bellomo R, Cely CM, Colman R, Cruz DN, *et al.* Epidemiology of acute kidney injury in critically ill patients: the multinational AKI-EPI study. *Intensive Care Med.* 2015;41(8):1411-23. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3934-7> ↑Ver página 4
- [9] Benchimol EI, Smeeth L, Guttman A, Harron K, Moher D, Petersen I, *et al.* The REporting of studies Conducted using Observational Routinely-collected health Data (RECORD) Statement. *PLoS Med.* 2015;12(10):e1001885. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001885> ↑Ver página 4

- [10] Choi HY, Kim EY, Kim J. Prognostic factors in diabetes: Comparison of Chi-square automatic interaction detector (CHAID) decision tree technology and logistic regression. *Medicine*. 2022;101(42):e31343. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000031343> ↑Ver página 6
- [11] Ye F, Chen ZH, Chen J, Liu F, Zhang Y, Fan QY, *et al*. Chi-squared automatic interaction detection decision tree analysis of risk factors for infant anemia in Beijing, China. *Chin Med J*. 2016;129(10):1193-9. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.181955> ↑Ver página 6
- [12] IBM. Nodo CHAID [internet]. IBM; 2021. [citado 2025 jun 22]. <https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/saas?topic=nodes-chaid-node> ↑Ver página 6
- [13] Creative Commons. CC0 1.0 universal Deed [internet]. Creative Commons. [citado 2025 jun 22]. <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/> ↑Ver página 7
- [14] Gao YD, Ding M, Dong X, Zhang JJ, Kursat Azkur A, Azkur D, *et al*. Risk factors for severe and critically ill COVID-19 patients: a review. *Allergy*. 2021;76(2):428-55. <https://doi.org/10.1111/all.14657> ↑Ver página 9
- [15] McCollum ED, King C, Ahmed S, Hanif AAM, Roy AD, Islam AA, *et al*. Defining hypoxaemia from pulse oximeter measurements of oxygen saturation in well children at low altitude in Bangladesh: an observational study. *BMJ Open Respir Res*. 2021;8(1):e001023. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2021-001023> ↑Ver página 9
- [16] Majumdar SR, Eurich DT, Gamble JM, Senthilselvan A, Marrie TJ. Oxygen saturations less than 92 % are associated with major adverse events in outpatients with pneumonia: a population-based cohort study. *Clin Infect Dis*. 2011;52(3):325-31. <https://doi.org/10.1093/cid/ciq076> ↑Ver página 9
- [17] Smith RJ, Sarma D, Padkins MR, Gajic O, Lawler PR, Van Diepen S, *et al*. Admission total leukocyte count as a predictor of mortality in cardiac intensive care unit patients. *JACC Adv*. 2023;3(1):100757. <https://doi.org/10.1016/j.jacadv.2023.100757> ↑Ver página 11
- [18] Kinsey GR, Okusa MD. Role of leukocytes in the pathogenesis of acute kidney injury. *Crit Care*. 2012;16(2):214. <https://doi.org/10.1186/cc11228> ↑Ver página 11
- [19] Taylor CJ, Ordóñez-Mena JM, Jones NR, Roalfe AK, Lay-Flurrie S, Marshall T, *et al*. National trends in heart failure mortality in men and women, United Kingdom, 2000-2017. *Eur J Heart Fail*. 2021;23(1):3-12. <https://doi.org/10.1002/ehhf.1996> ↑Ver página 11