

Mortalidad por sepsis en adultos: análisis mediante un algoritmo basado en árboles de decisión

Sepsis Mortality in Adults: Analysis using a Decision Tree-Based Algorithm

Mortalidade por sepse em adultos: análise usando um algoritmo baseado em árvore de decisão

Alberto Guevara Tirado, MD, Maestro en Medicina^{1*}

Recibido: 4 de abril de 2024 • **Aprobado:** 27 de enero de 2025

Doi: <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.14307>

Para citar este artículo: Guevara Tirado A. Mortalidad por sepsis en adultos: análisis mediante un algoritmo basado en árboles de decisión. Rev Cienc Salud. 2025;23(2):1-15. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.14307>

Resumen

Introducción: en presencia de infección, la sepsis daña órganos y tejidos. El objetivo fue desarrollar un algoritmo basado en árboles de decisión para analizar y clasificar la mortalidad por sepsis en adultos. **Material y métodos:** estudio analítico y transversal de una base de datos secundaria de 102 389 adultos. Las variables fueron: desenlace hospitalario, grupo etario, sexo, episodios sépticos y tiempo hospitalizado. Se utilizó un árbol de decisiones mediante detección de interacciones automáticas de chi cuadrado. **Resultados:** en adultos jóvenes, el árbol de decisiones incluyó sexo, días hospitalizado y episodios de sepsis. En adultos intermedios: edad, sexo, días hospitalizado y episodios de sepsis. En mayores: sexo, edad y días hospitalizado. En adultos jóvenes, intermedios y mayores se clasificaron correctamente el 98.30 %, el 96.90 % y el 89.80 % de casos, respectivamente. En adultos de 18 a 59 años, el 9.40 %, el 4 % y el 0.90 % falleció tras el tercer cuarto y quinto episodio séptico, respectivamente. En adultos desde 60 años, el 4.60 %, el 1.80 % y el 0.80 % fallecieron en el tercer, cuarto y quinto episodio, respectivamente. Los porcentajes de pacientes vivos desde el segundo reingreso fueron mayores en adultos mayores. **Conclusiones:** la edad, el sexo, el número de episodios de sepsis y el tiempo de estancia hospitalaria predicen la mortalidad por sepsis en adultos. Con los árboles de decisión se generan modelos predictivos y clasificatorios eficientes que pueden complementar el perfil clínico y epidemiológico de pacientes internados por sepsis.

Palabras clave: sepsis; choque séptico; cuidados críticos; aprendizaje automático supervisado; toma de decisiones asistida por computador.

¹ Universidad Científica del Sur (Lima, Perú).

Alberto Guevara Tirado, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7536-7884>

* Autor de correspondencia: albertoguevara1986@gmail.com

Abstract

Introduction: Sepsis causes the body to damage its organs and tissues in the presence of infection. The objective was to develop an algorithm based on decision trees to analyze and classify mortality groups due to sepsis in adults. **Material and methods:** Analytical and cross-sectional study of a secondary database of 102,389 adults. The variables were: hospital outcome, age group, sex, septic episodes, and hospitalized time. The decision tree was used for automatic chi-square interaction detection. **Results:** In young adults, the decision tree included sex, days hospitalized, and episodes of sepsis. In intermediate adults: age, sex, days hospitalized, and episodes of sepsis. In older people: sex, age, and days hospitalized. In young, intermediate, and older adults, it correctly classified 98.30 %, 96.90 %, and 89.80 % of cases, respectively. In adults aged 18 to 59 years, 9.40 %, 4 %, and 0.90 % died after the third, fourth, and fifth septic episode, respectively. In adults over 60 years of age, 4.60 %, 1.80 %, and 0.80 % died in the third, fourth, and fifth episode, respectively. The percentages of patients alive since the second readmission were higher in older adults. **Conclusions:** Age, sex, number of sepsis episodes, and length of hospital stay predict mortality from sepsis in adults. The number of sepsis episodes influences mortality in adults up to 59 years of age, but not in older adults, while age influences mortality in intermediate and older adults. Decision trees allow generating efficient predictive and classification models, which can complement the clinical and epidemiological profile of patients hospitalized for sepsis.

Keywords: septic shock, septic; critical care; supervised machine learning; decision making; computer-assisted.

Resumo

Introdução: a sepse é uma condição na qual o organismo, em resposta a uma infecção, provoca danos aos próprios órgãos e tecidos. **Objetivo:** desenvolver um algoritmo baseado em árvores de decisão para analisar e classificar grupos de mortalidade por sepse em adultos. **Materiais e métodos:** estudo analítico e transversal, realizado com base em um banco de dados secundário composto por 102.389 adultos. As variáveis foram desfecho hospitalar, faixa etária, sexo, episódios sépticos e tempo de internação. Foi utilizado o método de árvore de decisão com detecção automática de interações de qui-quadrado. **Resultados:** entre adultos jovens, a árvore de decisão considerou as variáveis sexo, dias de internação e episódios de sepse. Para adultos de meia-idade, foram incluídos idade, sexo, dias de internação e episódios de sepse. Em idosos, sexo, idade e dias de internação. As taxas de acerto na classificação foram de 98,3 %; 96,9 % e 89,8 % para adultos jovens, de meia-idade e idosos, respectivamente. Entre adultos de 18 a 59 anos, as taxas de mortalidade após o terceiro, quarto e quinto episódio séptico foram de 9,4 %, 4 % e 0,9 %, respectivamente. Em adultos com 60 anos ou mais, 4,6 %; 1,8 % e 0,8 % morreram no terceiro, quarto e quinto episódios, respectivamente. As porcentagens de pacientes vivos desde a segunda readmissão foram maiores em idosos. **Conclusões:** Idade, sexo, número de episódios de sepse e tempo de internação hospitalar predizem a mortalidade por sepse em adultos. O número de episódios sépticos influencia a mortalidade em adultos com até 59 anos, mas não em idosos; por sua vez, a idade influencia a mortalidade em adultos de meia-idade e idosos. Nesse contexto, as árvores de decisão permitem a geração de modelos preditivos e classificatórios eficientes, que podem complementar o perfil clínico e epidemiológico dos pacientes internados com sepse.

Palavras-chave: sepse; choque séptico; cuidados críticos; aprendizado supervisionado de máquina; tomada de decisão assistida por computador.

Introducción

La sepsis es un estado clínico que cursa con eventos fisiopatológicos que inician previamente con el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (1) y que puede culminar con el síndrome de disfunción multiorgánica y la muerte (2), dependiendo de los factores asociados a la naturaleza del patógeno —virus, bacterias u hongos— (3) y sus componentes —glucocáliz, adhesinas (4), patrones moleculares asociados a patógenos— (5), así como de la inmunidad del huésped, cuyo agotamiento de las células de la inmunidad innata y adquirida mediante apoptosis provoca inmunosupresión (6).

La sepsis genera una secuencia de complicaciones atribuidas a la respuesta y reclutamiento excesivo y desorganizado de los leucocitos por defectos del reconocimiento de patrones moleculares asociados a daños (7), con la consiguiente inmunosupresión y apoptosis leucocitaria (8). Ello causa disfunción orgánica múltiple (9), al afectarse la permeabilidad pulmonar y producirse isquemia renal, isquemia hepática y neurotoxicidad (10); además, se elevan las citocinas proinflamatorias con efectos procoagulantes (11) que dañan el endotelio con la formación de coágulos sanguíneos y empeoran el pronóstico (12). La hipotensión es el resultado final de múltiples procesos que incluyen la alta liberación endotelial de vasodilatadores y la baja de los vasoconstrictores (13). Mundialmente, al año ocurren alrededor de dieciocho millones de casos nuevos de sepsis (14).

El riesgo de muerte es variable: oscila entre el 10 % y el 80 % (15), dependiendo de la presencia de sepsis, sepsis severa o choque séptico; tipo de enfermedad; edad (16), y manejo terapéutico en los servicios de cuidados intensivos (17). Para determinar la mortalidad a corto y largo plazos se usan parámetros como las concentraciones de lactato (18), así como la puntuación SOFA y el sistema APACHE II, el cual, basado en parámetros clínicos, hemodinámicos y bioquímicos, evalúa la gravedad y riesgo de muerte en adultos ingresados a cuidados intensivos las primeras 24 horas posingreso (19).

Asimismo, aun cuando se han utilizado algoritmos de inteligencia computacional complejos, como máquinas de vectores de soporte, potenciación de gradiente y clasificadores bayesianos para abordar modelos predictivos de mortalidad por sepsis según sexo, edad, días hospitalizados y episodios de sepsis (20), hasta donde se tiene conocimiento, no existen estudios que clasifiquen preventivamente y predigan la mortalidad por sepsis según estos factores, utilizando un modelo de análisis de árbol de decisión mediante interacción automática de chi cuadrado (χ^2), el cual es más accesible y rápido de usar que algoritmos de inteligencia computacional más complejos, sobre todo porque en los últimos años, los análisis de conjuntos de datos basados en registros e historias clínicas de gran volumen por medio de aprendizaje automático han progresado mostrando predicciones próximas a los diagnósticos clínicos (21).

Además, si bien los grupos más vulnerables son los muy jóvenes y adultos mayores (22), es necesario profundizar en los factores de mortalidad con un análisis que divida y clasifique a la población afectada según grupos etarios por medio de elementos estadísticos de relativamente fácil acceso en los servicios de hospitalización y cuidados intensivos. Por ello, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un modelo predictivo basado en árboles de decisión para analizar y clasificar grupos vulnerables a fallecer por sepsis de acuerdo con el grupo etario. Ello permitirá conocer el perfil de mortalidad en una población determinada y será aplicable de forma sencilla con datos de rápida disponibilidad, como medio de análisis epidemiológico para unidades de cuidados intensivos de diferentes países.

Material y métodos

Diseño y población de estudio

Este fue un estudio analítico y transversal, proveniente de un conjunto de datos de un artículo de acceso abierto, realizado por Knoop et al. (23), titulado “Epidemiology and impact on all-cause mortality of sepsis in Norwegian hospitals: a national retrospective study” (“Epidemiología e impacto en la mortalidad por todas las causas de la sepsis en hospitales noruegos: un estudio retrospectivo nacional”). Fue publicado, junto a la base de datos, en la revista *PLoS ONE*, en 2017, y bajo licencia Creative Commons 4.0 (24). El estudio tuvo un total de 110 204 ingresos a emergencias diagnosticados por síndrome de respuesta inflamatoria sistémica, sepsis y choque séptico, de los cuales se utilizaron 102 389 casos, al descartar a menores de 18 años. Debido a que se consideró el total de participantes aptos, no se requirió calcular la muestra ni aleatorizarla.

Variables y mediciones

La variable dependiente *desenlace hospitalario* se dividió en muerto y vivo. Las variables independientes fueron: sexo (hombre o mujer); edad (como variable numérica); grupo etario, dividido en adulto joven (de 18 a 39 años), adulto intermedio (de 40 a 59 años) y adulto mayor (a partir de 60 años); estancia hospitalaria (número de días que el paciente actualmente con sepsis lleva hospitalizado), y número de episodios de sepsis (número de ingresos por sepsis previos tuvo el paciente).

Análisis estadístico

Se usaron tablas para determinar estadística bivariada descriptiva, frecuencias absolutas y relativas. Se utilizó el aprendizaje supervisado de redes neuronales con árboles de decisiones mediante detección automática de interacciones de χ^2 (CHAID), el cual es un algoritmo rápido de árbol estadístico y multidireccional que produce segmentos y perfiles sobre el resultado obtenido. Consigue la detección automática de interacciones entre variables por medio de χ^2 (25). En cada paso, CHAID elige la variable predictora independiente que posee la interacción más fuerte con la variable dependiente (26). En el árbol de decisiones se eligen los nodos principales según el mayor valor de χ^2 , descendiendo por cada nodo hasta el nodo terminal, para obtener las variables que poseen la mayor interacción con la variable dependiente.

Se prefirió el uso de árboles de decisión, en lugar de modelos de análisis multivariado de regresión, debido a que permite una representación gráfica de reglas de decisión y a que combina variables categóricas o continuas mediante la lógica “si-entonces” para dar resultados binarios dividiendo las variables independientes en subconjuntos excluyentes. Además, a diferencia de los modelos de regresión tradicionales, CHAID muestra interacciones multinivel, con predictores según orden de prioridad. Ello complementa y respalda decisiones clínicas (25). El análisis y procesamiento, incluyendo el uso de métodos de aprendizaje automático, se realizó por medio del programa SPSS Statistics 25™ (27).

Consideraciones éticas

La base de datos fue puesta a disposición por sus autores junto al artículo en una revista científica en línea (*PLoS ONE*), que publica datos bajo licencia de dominio público, de uso gratuito y que no admite la publicación de datos confidenciales (28).

Resultados

Según grupo etario, el mayor número de casos correspondió a adultos mayores (70.87%). Según sexo, fue en hombres (52.77%). La mayoría de pacientes tuvo un solo ingreso por sepsis (76.49%), y el porcentaje de muertes fue del 7.86% (tabla 1).

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de frecuencia según grupo etario, sexo, episodios de sepsis y desenlaces en adultos con sepsis

Grupo etario (años)	Frecuencia	%
18 a 39	11 016	10.76
40 a 59	18 812	18.37
60 y más	72 561	70.87
Sexo	Frecuencia	%
Mujer	48 355	47.23
Hombre	54 034	52.77
Episodios de sepsis	Frecuencia	%
1	78 317	76.49
2	15 866	15.50
3	5 118	4.99
4	2 054	2.01
5	1 034	1.01
Desenlace	Frecuencia	%
Muerto	8 051	7.86
Vivo	94 338	92.14
Total	102 389	100

En adultos jóvenes (de 18 a 39 años), se encontró que las variables significativas para incluirse en el modelo fueron: número de días hospitalizado, número de episodios de sepsis y sexo. El modelo clasificó de forma correcta el 98.30 % de casos de desenlaces finales del cuadro séptico. Se generó un árbol con una profundidad de 3, con un total de 10 nodos, de los cuales 6 son nodos terminales. Así, se halló que los nodos que mejor predijeron la mortalidad fueron el de la secuencia 4-1 (3 episodios de sepsis y 14 días o menos de hospitalización), la secuencia 6-2 (hombres hospitalizados más de 14 días) (figura 1).

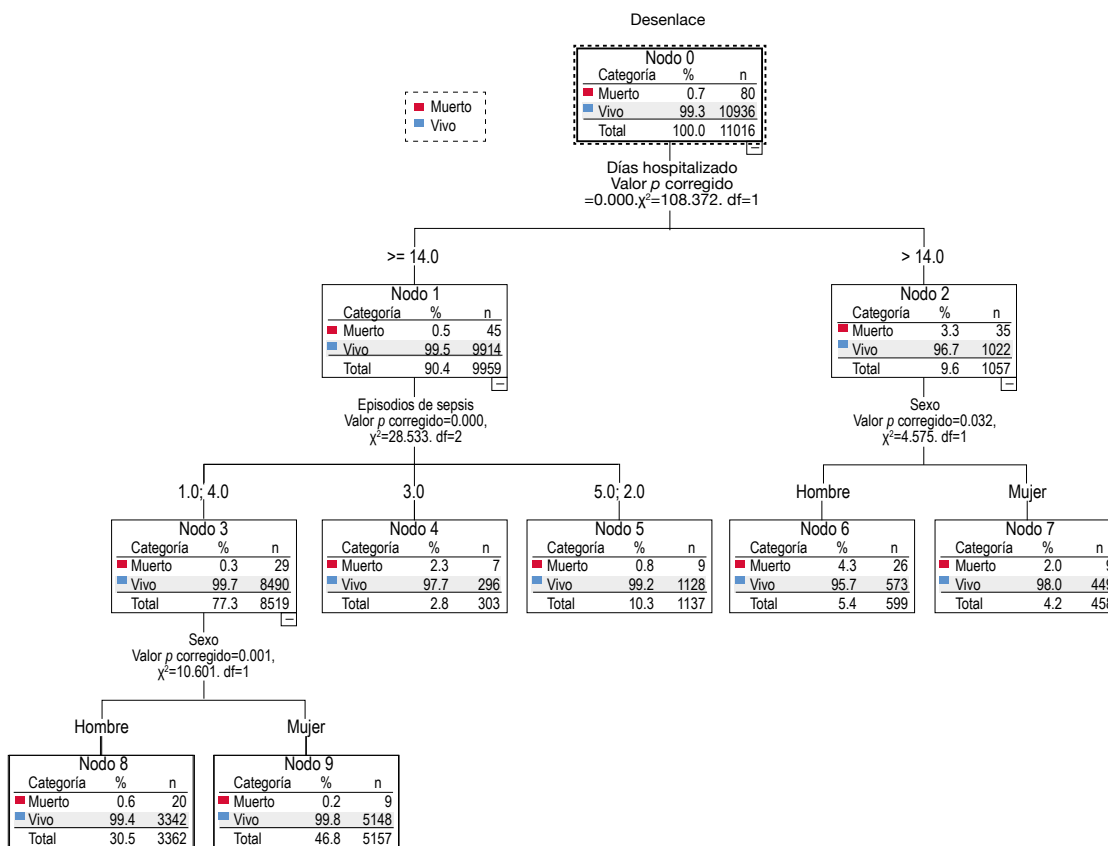


Figura 1. Árbol de clasificación mediante detector de interacciones automáticas de χ^2 para mortalidad en adultos jóvenes

En adultos intermedios (de 40 a 59 años), se encontró que las variables significativas para incluirse en el modelo fueron: el número de días hospitalizado, edad (variable numérica), número de episodios de sepsis y sexo. El modelo clasificó de forma correcta el 96.90 % de casos de desenlaces finales del cuadro séptico. Se generó un árbol con una profundidad de 3, con un total de 21 nodos, de los cuales 15 son nodos terminales. Así, los nodos que mejor predijeron la mortalidad fueron los de la secuencia 10-1 (pacientes mayores de 49 años con hasta 1 día de hospitalización), 13-3 (4 episodios de sepsis y entre 4 y 6 días hospitalizados), 16-4 (58 años y hospitalizado entre 6 y 8 días), el nodo 7 (hospitalizado más de 21 días) y la secuencia 18-6 (mayor de 53 años y hospitalizados entre 12 a 21 días) (figura 2).

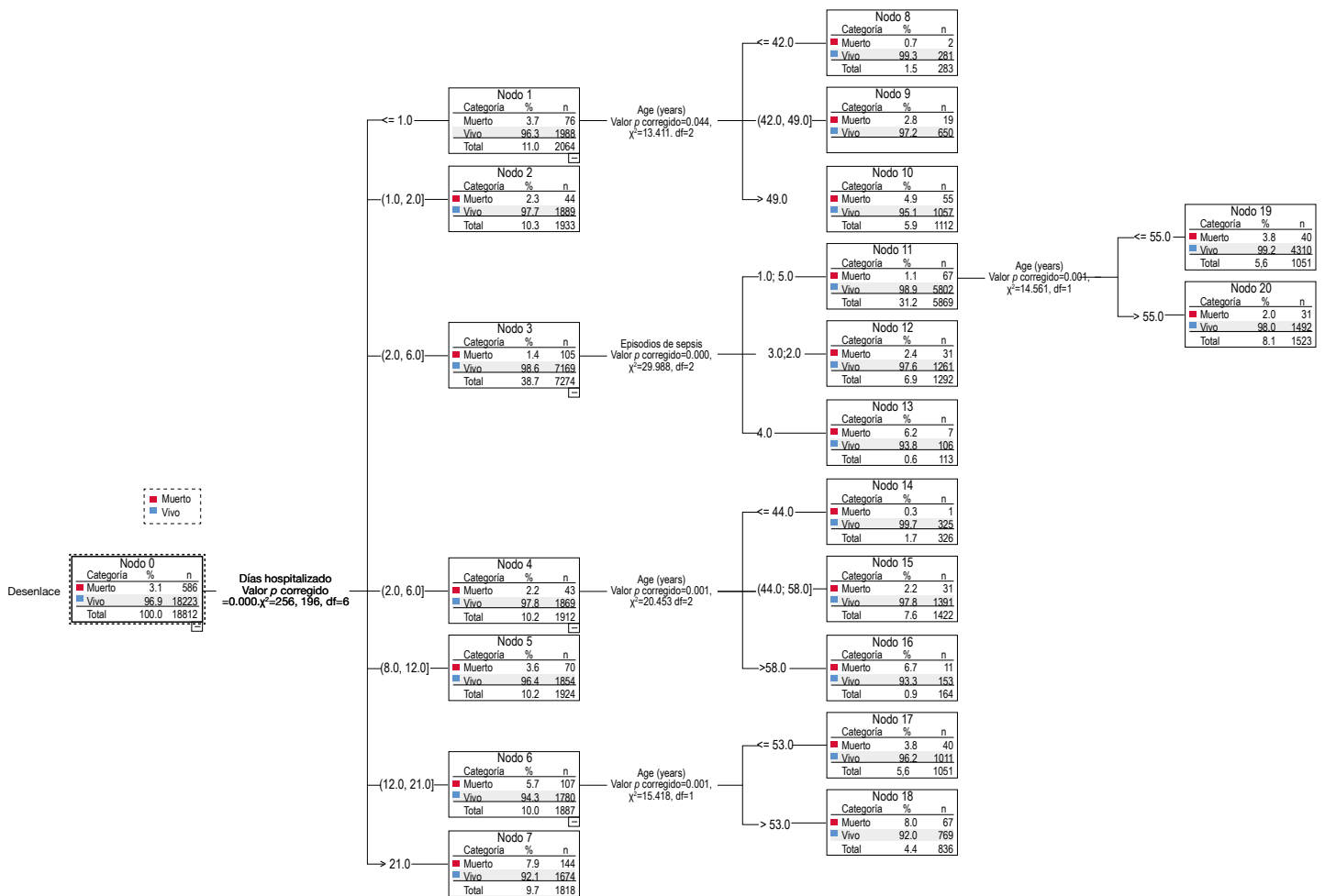


Figura 2. Árbol de clasificación mediante detector de interacciones automáticas de χ^2 para mortalidad en adultos intermedios

En adultos mayores (de 60 años a más), se encontró que las variables significativas para incluirse en el modelo fueron: el número de días hospitalizado, edad (variable numérica), y sexo. El modelo clasificó de forma correcta el 89.80% de casos de desenlaces finales del cuadro séptico. Se generó un árbol con una profundidad de 3, con un total de 52 nodos, de los cuales 35 son nodos terminales. Se encontró que los nodos que mejor predijeron la mortalidad fueron los de la secuencia: ramas terminales 9, 10, 11 y 12, que se enlazan con el nodo 1 (desde los 70 años y hospitalizados hasta 2 días), siendo más alto el nodo 12 que corresponde a más de 89 años. Los nodos 34 y 35 están enlazados al nodo 17 y al nodo 2 (hombres y mujeres mayores de 89 años, hospitalizados entre 2 y 3 días), la secuencia 44-25-4 (hombres entre 80 a 86 años, hospitalizados entre 7 y 10 días), los nodos 46 y 47 unidos a la secuencia 25-4 (hombres y mujeres mayores de 86 años, hospitalizados entre 7 y 10 días), los nodos 48 y 49 unidos a la secuencia 29-5 (hombres y mujeres mayores de 77 años, hospitalizados entre 10 y 20 días); los nodos 50 y 51 unidos a la secuencia de nodos 30-6 (hombres y mujeres de edad menor o igual a 74 años, hospitalizados más de 20 días) (figura 3).

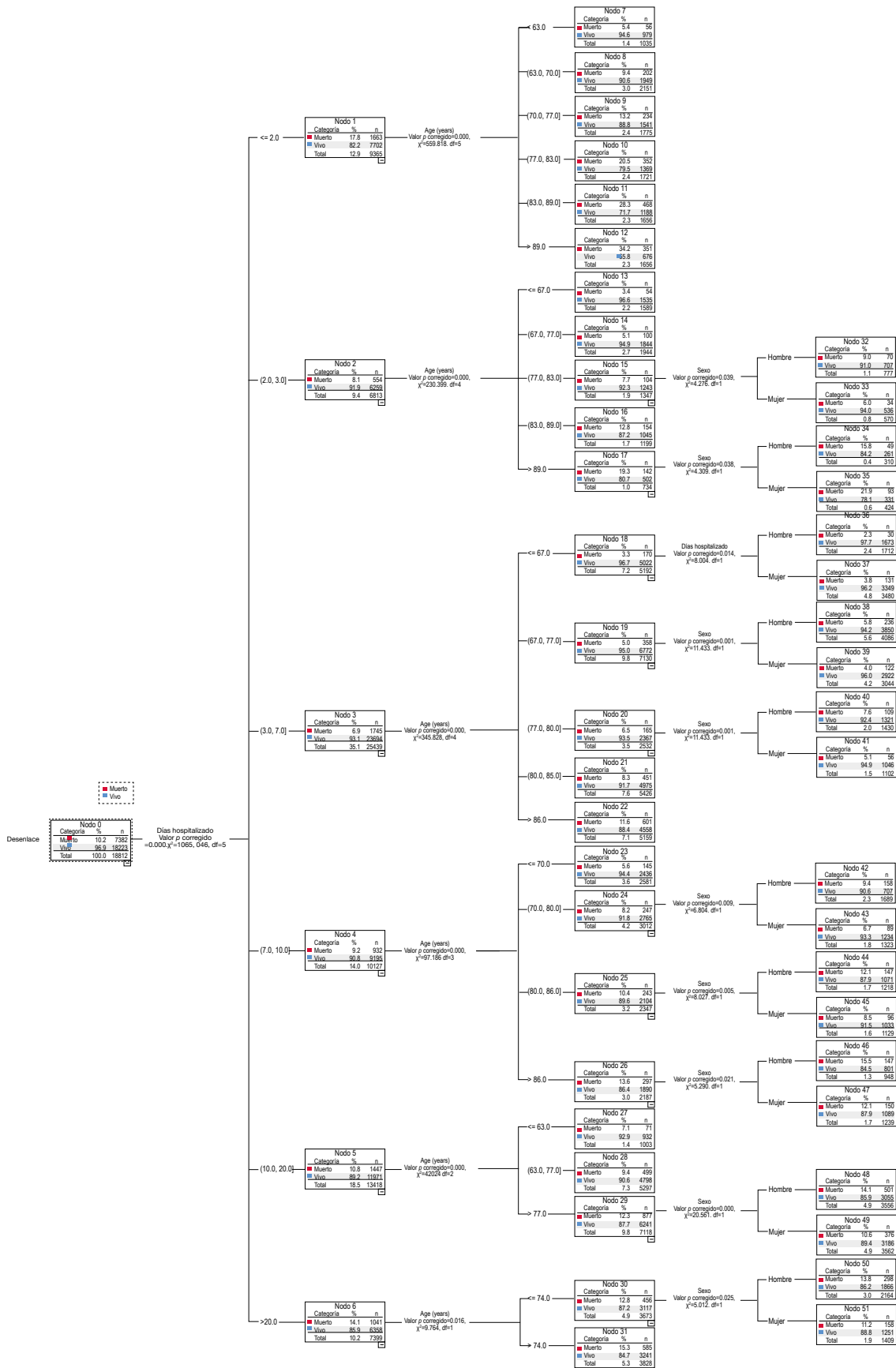


Figura 3. Árbol de clasificación mediante detector de interacciones automáticas de χ^2 para mortalidad en adultos mayores

Se observó que en el grupo de edad de 18 a 59 años, el 9.40 % falleció tras el tercer episodio de sepsis; el 4 %, en el cuarto episodio, y el 0.90 %, en el quinto. Entre tanto, en adultos de 60 años y más, el 4.60 % falleció en el tercer episodio de sepsis; el 1.80 %, en el cuarto, y el 0.80 %, en el quinto. Asimismo, los porcentajes de pacientes vivos desde el segundo ingreso por sepsis fue mayor en adultos mayores (desde los 60 años) (tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de reingresos por episodios de sepsis en vivos y fallecidos por grupo etario

Grupo etario	Desenlace	Número de episodios de sepsis				
		1	2	3	4	5
18-59 años	Muerto (n = 669)	443 (66.20 %)	130 (19.40 %)	63 (9.40 %)	27 (4 %)	6 (0.90 %)
$p = 0.006$	Vivo (n = 29 159)	23 247 (79.70 %)	3824 (13.10 %)	1260 (4.30 %)	527 (1.80 %)	301 (1 %)
60 y más	Muerto (n = 7382)	5586 (75.70 %)	1263 (17.10 %)	341 (4.60 %)	131 (1.80 %)	61 (0.80 %)
$p < 0.001$	Vivo (65 179)	49 041 (75.20 %)	10 649 (16.30 %)	3454 (5.30 %)	1369 (2.10 %)	666 (1 %)

Discusión

Hasta donde se sabe, este es probablemente de los primeros informes en los que se utilizan árboles de decisión CHAID para establecer las características y clasificación de pacientes según variables como sexo, edad, estancia hospitalaria y número de episodios sépticos para determinar qué grupos son más susceptibles de fallecer según grupo etario. Se observó que la edad no fue una variable incluida en adultos jóvenes, pero sí en adultos intermedios y mayores. Asimismo, en los grupos adulto joven y adulto intermedio, el árbol de decisiones incluyó como variable predictiva el número de episodios de sepsis; mientras que en adultos mayores estuvo ausente, a pesar de que estudios previos consideran que la edad avanzada es un factor que está relacionado con un mayor número de reingresos hospitalarios por sepsis (29). En estos casos, los pacientes más jóvenes suelen tener un menor número de reingresos. Asimismo, en adultos mayores, el árbol de decisiones atribuyó una alta cantidad de nodos predictores de mortalidad a la edad; en tanto que en adultos del grupo joven e intermedio esta variable fue menos extendida.

La importancia de los reingresos por episodios de sepsis en la mortalidad en jóvenes puede atribuirse a que, independientemente de la patología primaria desencadenante, la sepsis ocasiona alteraciones inmunológicas y hemodinámicas para las que no habrían adaptaciones adecuadas u oportunas; mientras que, en adultos mayores, existen adaptaciones

hemodinámicas (como con la hipertensión) e inmunológicas (como una menor fiebre debido a la menor liberación de citocinas), que con el tiempo han venido afrontando (30,31).

También se ha atribuido a que, tras el primer ingreso por sepsis, muchos adultos mayores son sometidos a intervenciones en estilos de vida y nutrición saludables (32). Otro factor para tener en cuenta y que sería objeto de estudio son las comparaciones de las respuestas al deterioro neurológico y cognitivo a largo plazo de la sepsis entre adultos jóvenes, intermedios y mayores, considerando que la disfunción cognitiva aguda está presente en hasta un 70 % de casos, y las secuelas a mediano largo plazo, en hasta un 50 % de casos (33). Asimismo, es posible discutir e investigar acerca de factores socioeconómicos y sus repercusiones emocionales, familiares, e incluso la prolongación del margen de tiempo de reingreso a la unidad de cuidados intensivos, ya que el ingreso y reingreso a esta es muy caro, debido a los costos de estadía en el hospital, medicinas, exámenes, equipo de soporte vital y personal de salud, impuestos, entre otros. Este es un aspecto casi universal en los sistemas de salud de la mayor parte de los países (34), pues hay mayor probabilidad que los adultos mayores los cubran, dada cierta estabilidad laboral y el contar con seguro médico; mientras que en adultos jóvenes e intermedios estas opciones estarían más limitadas.

Estos factores implicarían que la mayor mortalidad en adultos mayores se asocia con que el patógeno invasor superó las barreras adaptativas y hubo cierta tolerancia al reingreso posterior por el cuadro séptico; entre tanto en adultos jóvenes e intermedios, el reingreso se relaciona con mortalidad, debido a una menor adaptación fisiológica posterior al primer evento de sepsis, así como a probables causas socioeconómicas. Esta observación, basada en el árbol de decisiones, se trató de evaluar con la tabla 2, donde el total de porcentaje de fallecidos según el número de reingresos por episodios de sepsis de 3, 4 y 5 veces fue mayor en adultos de 18 a 59 años, y el porcentaje de pacientes que sobrevivieron fue mayor en adultos mayores (a partir de 60 años), en tanto que el porcentaje de fallecidos tras un único episodio de sepsis fue mayor en adultos mayores.

Sin embargo, dada la compleja naturaleza de la sepsis, que incluye factores propios del huésped, así como del patógeno invasor, se requiere una aproximación más profunda de las causas de estas diferencias, cuyo estudio excede los objetivos de esta investigación y requiere un análisis que incluya aspectos clínicos, fisiopatológicos y socioeconómicos.

Las limitaciones de esta investigación se relacionan con el objetivo planteado: debido a que se clasificó el desenlace hospitalario de la sepsis mediante una pequeña cantidad de variables como edad, días hospitalizado, sexo y número de episodios sépticos, no se pudo profundizar en los resultados obtenidos, los cuales requerirían análisis bioquímicos, hemodinámicos y clínicos más exhaustivos. Asimismo, debido a que el estudio proviene de una base de datos secundaria, es probable que existan sesgos de información.

Conclusión

Mediante árboles de clasificación por detección automática de interacciones por χ^2 , se determinó que la edad, el sexo, el número de episodios de sepsis y el tiempo de estancia hospitalaria predicen la mortalidad por sepsis según el grupo etario. Asimismo, el número de episodios de sepsis es un factor que influye en la mortalidad de adultos de 18 a 59 años, pero no en adultos mayores; mientras que la edad lo es en adultos intermedios y mayores. Se requiere profundizar en las razones de estos resultados, que estarían vinculados, además de la fisiopatología de la enfermedad y del agente agresor subyacente, con factores socioeconómicos y familiares.

Asimismo, los métodos de aprendizaje automático de árboles de decisiones son accesibles y prometedores para hallar relaciones, características y clasificaciones rápidas de pacientes afectados por sepsis, usando indicadores accesibles como la edad, el sexo, los días de hospitalización y los episodios de sepsis, porque generan modelos predictivos capaces de complementar el perfil clínico y epidemiológico de la población afectada. Se recomienda, entonces, reproducir este método de aprendizaje supervisado en poblaciones de servicios de cuidados intensivos en centros hospitalarios de otros países y regiones con acceso a todos los datos necesarios, para fines clínicos y de investigación, con la posibilidad de extender e incrementar la complejidad del árbol de decisiones, con la inclusión de elementos pronósticos de escalas halladas en la historia clínica, como la escala APACHE II, SOFA, entre otros.

Contribución de autoría

El autor es responsable por el contenido de esta investigación.

Fuentes de financiamiento

Autofinanciado.

Conflicto de intereses

Sin conflicto de intereses.

Referencias

1. Chakraborty RK, Burns B. Systemic inflammatory response syndrome. En: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [citado 2024 mar 15]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31613449/>
2. Sun G-D, Zhang Y, Mo S-S, Zhao M-Y. Multiple organ dysfunction syndrome caused by sepsis: risk factor analysis. *Int J Gen Med*. 2021;14:7159-64. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s328419>
3. Dolin HH, Papadimos TJ, Chen X, Pan ZK. Characterization of pathogenic sepsis etiologies and patient profiles: a novel approach to triage and treatment. *Microbiol Insights*. 2019;12:117863611882508. <https://doi.org/10.1177/1178636118825081>
4. Goligorsky MS, Sun D. Glycocalyx in endotoxemia and sepsis. *Am J Pathol*. 2020;190(4):791-8. <https://doi.org/10.1016/j.ajpath.2019.06.017>
5. Moriyama K, Nishida O. Targeting cytokines, pathogen-associated molecular patterns, and damage-associated molecular patterns in sepsis via blood purification. *Int J Mol Sci*. 2021;22(16):8882. <https://doi.org/10.3390/ijms22168882>
6. Cao M, Wang G, Xie J. Immune dysregulation in sepsis: experiences, lessons and perspectives. *Cell Death Discov*. 2023;9(1):1-11. <https://doi.org/10.1038/s41420-023-01766-7>
7. Zhou M, Aziz M, Wang P. Damage-associated molecular patterns as double-edged swords in sepsis. *Antioxid Redox Signal*. 2021;35(15):1308-23. <https://doi.org/10.1089/ars.2021.0008>
8. Ono S, Tsujimoto H, Hiraki S, Aosasa S. Mechanisms of sepsis-induced immunosuppression and immunological modification therapies for sepsis. *Ann Gastroenterol Surg*. 2018;2(5):351-8. <https://doi.org/10.1002/ags3.12194>
9. Cao C, Yu M, Chai Y. Pathological alteration and therapeutic implications of sepsis-induced immune cell apoptosis. *Cell Death Dis*. 2019;10(10). <https://doi.org/10.1038/s41419-019-2015-1>
10. Asim M, Amin F, El-Menyar A. Multiple organ dysfunction syndrome: contemporary insights on the clinicopathological spectrum. *Qatar Med J*. 2020;2020(2). <https://doi.org/10.5339/qmj.2020.22>
11. Chen P, Tang Y, He W, Yang R, Lan Z, Chen R, et al. Potential pathophysiological mechanisms underlying multiple organ dysfunction in cytokine release syndrome. *Mediators Inflamm*. 2022;2022:1-17. <https://doi.org/10.1155/2022/7137900>
12. Maneta E, Aivalioti E, Tual-Chalot S, Emini Veseli B, Gatsiou A, Stamatelopoulos K, et al. Endothelial dysfunction and immunothrombosis in sepsis. *Front Immunol*. 2023;14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1144229>
13. Meng L. Heterogeneous impact of hypotension on organ perfusion and outcomes: a narrative review. *Br J Anaesth*. 2021;127(6):845-61. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.06.048>
14. Shi H, Hong Y, Qian J, Cai X, Chen S. Xuebijing in the treatment of patients with sepsis. *Am J Emerg Med*. 2017;35(2):285-91. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.11.007>

15. Zhang K, Zhang S, Cui W, Hong Y, Zhang G, Zhang Z. Development and validation of a Sepsis Mortality Risk Score for sepsis-3 patients in Intensive Care unit. *Front Med (Lausanne)*. 2021;7. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.609769>
16. Jabri A, Fowler C, Dhamija Y, Alzubi J, Bhatia S, Al-abdouh A, et al. Demographic undertones for sepsis mortality in a community-based hospital. *J Clin Med Res*. 2022;14(1):28-33. <https://doi.org/10.14740/jocmr4618>
17. Maharaj R, McGuire A, Street A. Association of annual intensive care unit sepsis caseload with hospital mortality from sepsis in the United Kingdom, 2010-2016. *Jama Netw Open*. 2021;4(6):e2115305. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.15305>
18. Villar J, Short JH, Lighthall G. Lactate predicts both short- and long-term mortality in patients with and without sepsis. *Infect Dis (Auckl)*. 2019;12:117863371986277. <https://doi.org/10.1177/1178633719862776>
19. Gattani SC, Baheti AH, Dubey A. Comparison of the performance of Apache II, SOFA, and mNUTRIC scoring systems in critically ill patients: a 2-year cross-sectional study. *Indian J Crit Care Med*. 2020;24(11):1057-61. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23549>
20. Chicco D, Jurman G. Survival prediction of patients with sepsis from age, sex, and septic episode number alone. *Sci Rep*. 2020;10(1):1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73558-3>
21. Klumpp M, Hintze M, Immonen M, Ródenas-Rigla F, Pilati F, Aparicio-Martínez F, et al. Artificial intelligence for hospital health care: Application cases and answers to challenges in European hospitals. *Healthcare (Basel)*. 2021;9(8):961. <https://doi.org/10.3390/healthcare9080961>
22. Ibarz M, Haas LEM, Ceccato A, Artigas A. The critically ill older patient with sepsis: a narrative review. *Ann Intensive Care*. 2024;14(1). <https://doi.org/10.1186/s13613-023-01233-7>
23. Knoop ST, Skrede S, Langeland N, Flaatten HK. Epidemiology and impact on all-cause mortality of sepsis in Norwegian hospitals: a national retrospective study. *PLoS One*. 2017;12(11):e0187990. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187990>
24. CC BY 4.0 Deed | Atribución 4.0 Internacional [internet]. Creative Commons [citado 2024 mar 15]. Disponible en: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>
25. Choi H-Y, Kim E-Y, Kim J. Prognostic factors in diabetes: comparison of Chi-square automatic interaction detector (CHAID) decision tree technology and logistic regression. *Medicine (Baltimore)*. 2022;101(42):e31343. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000031343>
26. Ye F, Chen Z-H, Chen J, Liu F, Zhang Y, Fan Q-Y, et al. Chi-squared automatic interaction detection decision tree analysis of risk factors for infant anemia in Beijing, China. *Chin Med J (Engl)*. 2016;129(10):1193-9. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.181955>
27. IBM Documentation [internet]. IBM. 2021 [citado 2024 mar 15]. Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/saas?topic=nodes-chaid-node>
28. Plos One. Licenses and copyright [internet]. [Citado 2024 mar 15]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/s/licenses-and-copyright>
29. Goodwin AJ, Ford DW. Readmissions among sepsis survivors: risk factors and prevention. *Clin Pulm Med*. 2018;25(3):79-83. <https://doi.org/10.1097/CPM.0000000000000254>

30. Chaudhry Bortolani A, Fantin F, Giani A, Zivelonghi A, Pernice B, Bortolazzi E, et al. Predictors of hospital readmission rate in geriatric patients. *Aging Clin Exp Res*. 2024;36(1). <https://doi.org/10.1007/s40520-023-02664-9>
31. Cunha LL, Perazzio SF, Azzi J, Cravedi P, Riella LV. Remodeling of the immune response with aging: immunosenescence and its potential impact on COVID-19 immune response. *Front Immunol*. 2020;11. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.01748>
32. De Waele E, Malbrain MLNG, Spapen H. Nutrition in sepsis: a bench-to-bedside review. *Nutrients*. 2020;12(2):395. <https://doi.org/10.3390/nu12020395>
33. Seidel G, Gaser C, Götz T, Günther A, Hamzei F. Accelerated brain ageing in sepsis survivors with cognitive long-term impairment. *Eur J Neurosci*. 2020;52(10):4395-402. <https://doi.org/10.1111/ejn.14850>
34. Chang DW, Tseng C-H, Shapiro MF. Rehospitalizations following sepsis: common and costly. *Crit Care Med*. 2015;43(10):2085-93. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001159>