

ARTÍCULO DE REVISIÓN**Predicción de mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis: inteligencia artificial frente a los modelos predictivos tradicionales****Predicting mortality in patients with chronic kidney disease on hemodialysis: artificial intelligence versus traditional predictive models**Sergio Orlando Escalona-González¹, Zoraída Caridad González-Milán^{1,2}¹Universidad de Ciencias Médicas Las Tunas. Las Tunas, Cuba. ²Hospital General Docente Dr. Ernesto Guevara de la Serna. Las Tunas. Cuba.

Recibido: 18 de septiembre de 2025

Aprobado: 17 de noviembre de 2025

 OPEN
ACCESO ABIERTO**RESUMEN**

Fundamento: los modelos predictivos tradicionales para la predicción de mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica, presentan numerosas limitaciones que limitan su implementación en la práctica clínica. La aplicación de algoritmos de la inteligencia artificial podría contribuir a mejorar la precisión de las predicciones.

Objetivo: describir la predicción de mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis mediante modelos predictivos tradicionales y algoritmos de la inteligencia artificial.

Métodos: se realizó una revisión bibliográfica sobre la predicción de mortalidad en los pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis. Se utilizaron las bases de datos PubMed, SciELO, Web of Science, Scopus, Ebsco y Clinical Key. Las estrategias de búsqueda fueron: [(chronic kidney disease OR renal insufficiency OR end-stage renal disease) AND (hemodialysis) AND (mortality) AND (predictive models) AND (artificial intelligence OR machine learning)].

Resultados: a pesar de la gran cantidad de literatura sobre metodología de predicción, los métodos utilizados en muchas investigaciones que presentan modelos predictivos tradicionales no cumplen con los estándares y la calidad de los informes de métodos y resultados es deficiente. Los algoritmos de la inteligencia artificial tienen la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos clínicos y biomédicos, identificar relaciones no lineales y predecir resultados clínicos con una precisión sin precedentes, lo que permitiría tomar decisiones terapéuticas más informadas y personalizadas.

Conclusiones: los algoritmos de la inteligencia artificial presentan numerosas bondades que, si se aplican en el diseño de nuevos modelos predictivos, se pueden superar las limitaciones de los modelos predictivos tradicionales.

Palabras clave: ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA, MORTALIDAD, HEMODIÁLISIS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL, APRENDIZAJE AUTOMÁTICO.

Descriptores: INSUFICIENCIA RENAL CRÓNICA; MORTALIDAD; DIÁLISIS RENAL; INTELIGENCIA ARTIFICIAL; APRENDIZAJE AUTOMÁTICO.

 Citar como: Escalona-González SO, González-Milán ZC. Predicción de mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis: inteligencia artificial frente a los modelos predictivos tradicionales Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta. 2025; 50: e3914. Disponible en: <https://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/3914>.

ABSTRACT

Background: Traditional predictive models for mortality prediction in patients with chronic kidney disease have numerous limitations that limit their implementation in clinical practice. The application of artificial intelligence algorithms could contribute to improving the accuracy of predictions.

Objective: Describe the prediction of mortality in patients with chronic kidney disease on hemodialysis using traditional predictive models and artificial intelligence algorithms.

Methods: A literature review was conducted on mortality prediction in patients with chronic kidney disease on hemodialysis. The following resources were used: PubMed, PubMed Central, SciELO, Web of Science, Scopus, Ebsco, Clinical Key, as well as Google Scholar. The search strategies were [(chronic kidney disease OR renal insufficiency OR end-stage renal disease) AND (hemodialysis) AND (mortality) AND (predictive models) AND (artificial intelligence OR machine learning)].

Results: Despite a large amount of literature on prediction methodology, the methods used in many investigations that feature traditional predictive models do not meet standards and the quality of reporting of methods and results is poor. Artificial intelligence algorithms have the ability to analyze large volumes of clinical and biomedical data, identify non-linear relationships, and predict clinical outcomes with unprecedented accuracy, allowing for more informed and personalized therapeutic decisions.

Conclusions: Artificial intelligence algorithms have numerous benefits that, if applied in the design of new predictive models, can overcome the limitations of traditional predictive models.

Keywords: EN STAGE RENAL DISEASE, MORTALITY, HEMODIALYSIS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACHINE LEARNING.

Descriptors: RENAL INSUFFICIENCY, CHRONIC; MORTALITY; RENAL DIALYSIS; ARTIFICIAL INTELLIGENCE; MACHINE LEARNING.

Translated into English by:Julio César Salazar Ramírez

CITMA
Universidad de Ciencias Médicas de Las Tunas
Centro Provincial de Información de Ciencias Médicas
Ave. de la Juventud s/n. CP 75100, Las Tunas, Cuba

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) se ha convertido en la tercera causa mundial de mortalidad, la de mayor ascenso y se estima que para el 2040 sea la quinta causa de años de vida potencialmente perdidos. Alrededor de 850 millones de personas conviven con la enfermedad renal, de estos, 4 millones reciben hemodiálisis (HD) para una tasa bruta de 298,4 pacientes por millón de habitantes.⁽¹⁾

Desde la última década, el estudio del diagnóstico y pronóstico de la ERC mediante algoritmos de inteligencia artificial (IA) despertó el interés de los investigadores en la especialidad de Nefrología. La incidencia, prevalencia y mortalidad de esta enfermedad está en constante crecimiento. En consecuencia, la búsqueda de modelos predictivos eficaces para solucionar esta problemática de salud representa un reto pertinente.⁽²⁾

Una de las bondades que presentan las herramientas de la IA es el aumento en el rendimiento de las predicciones. En la actualidad, se generan nuevas hipótesis en el manejo de la ERC y se tiene en cuenta la implementación de modelos predictivos (MP) inteligentes. Los algoritmos de la IA presentan funciones matemáticas y pruebas estadísticas más confiables que los modelos lineales tradicionales, y en general contribuyen a un mayor rendimiento en el pronóstico de resultados.^(3,4)

Kim et al.⁽⁵⁾ en un meta-análisis, donde se analizaron ensayos clínicos controlados aleatorios y estudios observacionales que evaluaron el efecto del tratamiento en la mortalidad por todas las causas en pacientes con ERC, concluyó que, debido a la heterogeneidad de la enfermedad renal, se dificulta la reducción de mortalidad. La IA se perfila como una herramienta prometedora en este entorno.

Según Park et al.⁽⁶⁾ entre los años 1990 y 2019 la IA en el campo de la Nefrología fue poco estudiada, se visualizaron 218 artículos científicos que hacían referencia a las enfermedades renales y los algoritmos de la IA. Del total de investigaciones, solo 8 artículos abordaban la mortalidad en la ERC.

La ERC es una condición médica que afecta a gran número de personas en todo el mundo y el tratamiento con HD conlleva un riesgo significativo de mortalidad. Ante esta situación, se hace necesario desarrollar herramientas predictivas que permitan identificar de manera temprana a los pacientes con mayor riesgo de fallecer, con el fin de mejorar su atención clínica y aumentar sus posibilidades de supervivencia.

Teniendo en cuenta los comentarios anteriores, el objetivo de la presente investigación fue describir los predictores de mortalidad en los pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio y población: se realizó una revisión de la literatura científica acerca de la predicción de mortalidad en pacientes con ERC en HD, desde el 20

al 29 de enero de 2025, con la cual se elaboró una revisión bibliográfica.

Criterios de inclusión, exclusión y restricciones empleadas en la búsqueda: se realizó una búsqueda de la literatura en las siguientes bases de datos: PubMed, PubMed Central, SciELO, Web of Science, Scopus, Ebsco, Clinical Key, así como Google académico.

Las estrategias de búsqueda fueron: [(chronic kidney disease OR renal insufficiency OR end-stage renal disease) AND (hemodialysis) AND (mortality) AND (predictive models) AND (artificial intelligence OR machine learning)]. Los métodos aplicados fueron inducción-deducción, análisis-síntesis e histórico-lógico, los cuales permitieron realizar una valoración pertinente e interpretativa del tema en investigación.

Los criterios de inclusión tomados en cuenta fueron que los artículos estuviesen publicados en revistas científicas de revisión por pares y en los idiomas inglés o español. Como criterio de exclusión se consideró, descartar todos los artículos que el resultado de la búsqueda no brindara acceso al texto completo o no contara una dirección electrónica que permitiera la localización del documento en su fuente original u otra secundaria. La búsqueda aportó 91 artículos, de los cuales se descartaron 37 por no cumplir con los criterios de inclusión y exclusión. Se citaron 54 artículos, el 88,90 % de los últimos cinco años.

RESULTADOS

Los MP sustentados en algoritmos de la IA son tecnologías vanguardias. En comparación con los métodos estadísticos tradicionales, tienen mejor precisión predictiva clínica y rendimiento con una velocidad de procesamiento más rápida.⁽⁷⁾

Limitaciones de los modelos predictivos tradicionales en la toma de decisiones

Los MP proporcionan estimaciones de riesgo individuales y existen muchos ejemplos en su aplicación práctica para complementar el razonamiento clínico. Los autores consideran que, si se desarrollan e implementan de forma adecuada los modelos, para una predicción precisa de los resultados y la estratificación del riesgo, podrían ser herramientas útiles en la toma de decisiones clínicas y, por tanto, beneficiar la salud y la calidad de vida de los pacientes con ERC.

Desafortunadamente, como campo de la Epidemiología relativamente subexpuesto y en desarrollo, la investigación de predicciones en la ERC ha demostrado ser muy propensa a errores. A pesar de la gran cantidad de literatura sobre metodología de predicción, los métodos utilizados en muchas investigaciones no cumplen con los estándares y la calidad de los informes de métodos y resultados suele ser deficiente.⁽⁸⁾ Una de las limitaciones importantes en los MP tradicionales⁽⁹⁻¹¹⁾ es que presentan un enfoque más etiológico que predictivo.



En las predicciones de exámenes, el objetivo es pronosticar un resultado futuro con la mayor exactitud posible, basándose en múltiples variables llamadas predictores. Es difícil predecir un resultado futuro con 100% de certeza, así que se busca determinar los riesgos absolutos individuales, según el perfil clínico y no clínico del paciente. La etiología y la predicción tienen diferentes metas: identificar la consecuencia causal de un elemento influyente; evaluar un riesgo particular en comparación con prever la probabilidad de un resultado con la implementación de una combinación de múltiples predictores.⁽⁸⁾

El valor de un MP no se basa en la honestidad de los factores predictivos, sino en lo bueno que es; en la fiabilidad y precisión de las proyecciones hechas a partir de los factores existentes. Por lo tanto, el enfoque de modelización en la investigación predictiva difiere de un estudio etiológico, destacando la importancia del modelo como una entidad completa, más que ciertos elementos.⁽¹⁰⁾

Un desafío adicional que enfrentan los legisladores veteranos es que la mayoría provienen del escrutinio de la regresión logística (RL) o métodos similares, que a veces no discriminan bien. Estos análisis dependen de supuestos simplificados que pueden no reflejar la complejidad real de los datos y llevar a predicciones inexactas.⁽¹²⁾

La relación entre las diferentes variables forma la base para la regresión de Cox y RL, y los resultados son lineales. La elección de estos métodos para la creación de MP ha generado preocupación sobre su uso y comprensión, una razón clave es su falta de sensibilidad a valores atípicos, sesgos en los desequilibrios de clases y la multicolinealidad.⁽¹³⁾ En individuos que reciben HD, es habitual que la información desaparezca durante la recopilación y que algunas variables independientes tengan una alta correlación, lo que requiere el uso de técnicas más complejas.

Otras desventajas de los MP tradicionales son la falta de escalabilidad, vulnerabilidad a la sobresaturación, deficiencia en la adquisición de conocimiento instantáneo y restricción en el proceso de reconocimiento de patrones complejos.^(14,15) Lo anterior se traduce en dificultades para manejar grandes volúmenes de datos, o para manejar múltiples fuentes de datos eficientemente, ajustar la variedad insuficiente en los datos de entrenamiento y la mala adaptación a nuevas muestras, necesitando actualizaciones frecuentes con datos nuevos para mantener la precisión y complicaciones en la detección de patrones muy complejos.

Otro aspecto recomendado por los estudios de predicción es que el nuevo MP lleve a cabo investigaciones multicéntricas y utilice la validación interna y externa, para favorecer la generalización de los resultados.⁽¹⁶⁾

Los MP son ineficaces si su aplicación no coincide con la población objetivo en su elaboración. Algunos se preparan a partir de poblaciones de registros que

proviene de un epicentro unificado, varios grupos de bases de datos muestreadas aleatoriamente, estudios multicéntricos internacionales e incluso de diferentes estudios aleatorizados multicéntricos. Otros se obtienen de poblaciones seleccionadas de una sola serie clínica controlada y con características preseleccionadas.^(17,18)

La exclusión de variables interesantes que puedan favorecer las predicciones en el pronóstico de los pacientes, así como la inclusión de variables que en algunos escenarios sean de fácil medición y en otros no, es otra fuerte limitación de los MP tradicionales.⁽¹⁹⁾ Es conocido que el uso de herramientas de la IA en el diseño de nuevos MP supera las limitaciones que presentan los MP tradicionales.

Entre las ventajas de un MP basado en IA están: la gran capacidad de aprendizaje, la adaptación a patrones multifacéticos de información, la gestión mejorada de volúmenes sustanciales de datos, la posibilidad de autoorganización, la tolerancia a fallos, la obtención de respuestas en tiempo real, la identificación de relaciones no lineales para tareas específicas y una mayor precisión y eficiencia en la identificación de patrones para la toma de decisiones clínicas.⁽²⁰⁾ Inteligencia artificial en la predicción de mortalidad en la enfermedad renal crónica

La IA se ha aplicado a procesos de atención médica como el desarrollo de biomarcadores, la clasificación de imágenes médicas, el desarrollo de fármacos, la neurociencia, la genómica, el desarrollo robótico de procedimientos y dispositivos de diagnóstico portátiles. Se ha utilizado ampliamente en la predicción y diagnóstico de enfermedades. La aparición repentina de un nuevo modelo que se ha vuelto cada vez más popular plantea preguntas sobre cuán bien funcionan estos modelos, si su metodología es sólida y si tienen potencial en entornos clínicos.^(21,22)

Los autores sugieren que el enfoque de análisis de supervivencia de AA permite una mejor selección de factores de riesgo relevantes incluso cuando hay múltiples marcadores presentes para poblaciones pequeñas. La selección también es posible en entornos con más predictores que eventos en la muestra.

Uno de los resultados más evaluados para los pacientes con enfermedad renal crónica sometidos a HD es la mortalidad. En este contexto, el uso de tecnologías de IA ha crecido rápidamente en los últimos años para estudiar y modelar la complejidad, no linealidad y variabilidad que caracterizan la fisiopatología renal, utilizando métodos estadísticos tradicionales para apoyar la toma de decisiones.⁽²³⁾

Los autores sugieren que la combinación de herramientas de IA con datos en tiempo real tiene el potencial de proporcionar precisión predictiva al detectar individualmente a pacientes mayores con resultados clínicos significativos y muerte. Además, el pronóstico de la enfermedad mejora con un tratamiento adecuado y oportuno. Las nuevas



herramientas y enfoques basados en IA ayudan a descubrir perfiles individualizados de pacientes, brindando en última instancia intervenciones adaptadas a cada paciente y eliminando la necesidad de aplicar una estrategia de intervención general a cada individuo.

El desarrollo de MP basados, en algoritmos de IA es necesario por varias razones importantes. En primer lugar, los métodos actuales para predecir la mortalidad en pacientes con ERC en HD tienen limitaciones significativas en términos de precisión y capacidad para identificar patrones complejos. Los algoritmos de IA, por otro lado, son capaces de analizar grandes cantidades de datos clínicos y biomédicos, identificar relaciones no lineales y predecir los resultados clínicos con precisión sin precedentes.⁽²⁴⁾

Además, el desarrollo de modelos predictivos basados en IA puede ayudar a abordar los desafíos de la medicina personalizada en el contexto de la enfermedad renal crónica. Al tener en cuenta una amplia gama de variables clínicas y biológicas, este modelo puede proporcionar información muy precisa sobre el riesgo de enfermedad de cada paciente, lo que permite tomar mejores decisiones médicas.⁽²⁴⁾

Por otra parte, el desarrollo de MP basados en IA también contribuirá al avance del conocimiento en el campo de la medicina de precisión. Este enfoque puede proporcionar nuevos conocimientos sobre la fisiopatología y la progresión de la enfermedad renal crónica al identificar patrones complejos y predictores, que pueden conducir a estrategias de tratamiento más efectivas.⁽²⁵⁾

Los autores sostienen que se necesitan habilidades interdisciplinarias para implementar la IA en la atención médica actual. El factor más importante y decisivo a la hora de tomar una decisión es la propia

persona. Pero cuando se utilizan junto con nuevas herramientas inteligentes, pueden ayudar a generar más conocimiento y respaldar decisiones médicas en entornos clínicos.

La idea anterior puede resultar difícil de aplicar en contextos en los que no se dispone de biomarcadores rentables en el sistema de atención sanitaria. Otro desafío es transferir directamente el conocimiento de IA a la práctica clínica.

El pronóstico de la enfermedad renal crónica ha adquirido cada vez mayor importancia en los últimos tiempos, debido al avance de nuevas técnicas que permiten un desarrollo consistente de MP de la enfermedad y métodos que pueden ser reproducidos y estandarizados. En el contexto de la ERC, realizar pronósticos certeros y de forma precoz es clave en la evolución de la historia natural de la enfermedad y en la estratificación del riesgo de los pacientes.

CONCLUSIONES

Los estudios y modelos predictivos tradicionales implementados en la estratificación del riesgo de mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis han evolucionado a medida que se perfeccionaron las técnicas de análisis de datos, la metodología y el conocimiento sobre la fisiopatología de la enfermedad renal. Existen varios modelos predictivos de estratificación de riesgo de mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis, pero la mayoría presentan limitaciones en términos de interpretabilidad, aplicabilidad, reproducibilidad, generalización, discriminación, calibración y si han sido validados de forma confiable. Los algoritmos de la inteligencia artificial presentan numerosas bondades que, si se aplican en el diseño de nuevos modelos predictivos, se pueden superar las limitaciones de los modelos predictivos tradicionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bello A, Okpechi I, Osman M, Cho Y, Htay H, Jha V, et al. Epidemiology of haemodialysis outcomes. *Nature Reviews Nephrology [revista en Internet]*. 2022 [citado 18 de febrero 2025]; 18(1): 378-395. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41581-022-00542-7>.
2. Lim DK, Boyd JH, Thomas E, Chakera A, Tippaya S, Irish A, et al. Prediction models used in the progression of chronic kidney disease: A scoping review. *PLoS ONE [revista en internet]*. 2022 [citado 18 de febrero 2025]; 17(7). Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271619>.
3. Bai Q, Tang W. Artificial intelligence in peritoneal dialysis: general overview. *Renal Failure [revista en Internet]*. 2022 [citado 18 de febrero 2025]; 44(1): 682-687. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/0886022X.2022.2064304>.
4. Bai Q, Su C, Tang W, Li Y. Machine learning to predict end stage kidney disease in chronic kidney disease. *Scientific Reports [revista en internet]*. 2022 [citado 18 de febrero 2025]; 12(1): 8377. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12316-z>.
5. Kim J, Steingroever J, Lee K, Oh J, Choi M, Lee J. Clinical Interventions and All-Cause Mortality of Patients with Chronic Kidney Disease: An Umbrella Systematic Review of Meta-Analyses. *J. Clin. Med [revista en internet]*. 2020 [citado 18 de febrero 2025]; 9(2): 394. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jcm9020394>
6. Park S, Park BS, Lee YJ, Kim H, Park JH, Ko J, et al. Artificial intelligence with kidney disease A scoping review with bibliometric analysis, PRISMA-ScR. *Medicine [revista en internet]*. 2021 [citado 18 Feb 2023]; 100(1): 14. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000025422>.



7. Ye Z, An S, Gao Y, Xie E, Zhao X, Guo Z, et al. The prediction of in-hospital mortality in chronic kidney disease patients with coronary artery disease using machine learning models. European Journal of Medical Research [revista en internet]. 2023 [citado 27 de julio 2024]; 28(1): 33. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40001-023-00995-x>.
8. Escalona-González SO, Caballero-Mota Y, Rodríguez-Alvarez Y, León-Acebo M, González-Milán ZC, Ricardo-Paez B, et al. Diseño de una escala predictiva de mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica. Revista Cubana de Medicina Militar [revista en internet]. 2024 [citado 18 de febrero 2025]; 53(1). Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/17622>.
9. Noordzij M, van Diepen M, Caskey FC. Relative risk versus absolute risk: one cannot be interpreted without the other. Nephrology Dialysis Transplantation [revista en internet]. 2017 [citado 18 de febrero 2025]; 32(2): 13-18. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfw465>.
10. Marsk A, Fluck N, Prescott GJ. Looking to the future: predicting renal replacement outcomes in a large community cohort with chronic kidney disease. Nephrology Dialysis Transplantation [revista en internet]. 2015 [citado 18 de febrero 2025]; 30(9): 1507-1517. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfv089>.
11. Riphagen IJ, Kleefstra N, Drion I. Comparison of methods for renal risk prediction in patients with type 2 diabetes (ZODIAC-36). Plos One [revista en internet]. 2015 [citado 18 de febrero 2025]; 10(3): e0120477. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120477>.
12. Nusinovici S, Tham Y, Yu M, Ting D, Li J. Logistic regression was as good as machine learning for predicting major chronic diseases. Journal of clinical epidemiology [revista en internet]. 2020 [citado 18 de febrero 2025]; 122(1): 56-69. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2020.03.002>.
13. Lewis RM, Battey HS. On inference in high-dimensional logistic regression models with separated data. Biometrika [revista en internet]. 2023 [citado 18 de febrero 2025]; 65(1): 1-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/biomet/asad065>.
14. Desai R, Wang S, Vaduganathan, Evers T. Comparison of machine learning methods with traditional models for use of administrative claims with electronic medical records to predict heart failure outcomes. JAMA [revista en internet]. 2020 [citado 18 de febrero 2023]; 3(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.18962>.
15. Escalona-González SO, González-Milán ZC, Ricardo-Paez B. Mortality prediction in chronic kidney disease using artificial intelligence algorithms. Medicine in a Virtual Age [revista en internet]. 2022 [citado 18 de febrero 2025]. Disponible en: <https://conferences.nature.com/event/0b87c6fb-30cf-495a-9da0-88b2a9bf0681/summary>.
16. Battineni G, Sagaro GG, Chinatalapudi N, Amenta F. Applications of machine learning predictive models in the chronic disease diagnosis. Journal of personalized medicine [revista en Internet]. 2020 [citado 18 de febrero 2025]; 10(2): 21. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jpm10020021>.
17. Sarma K, Harmon S, Snford T, Roth H, Xu Z, Tetraeault J. Federated learning improves site performance in multicenter deep learning without data sharing. Journal of the American Medical Informatics Association [revista en internet]. 2021 [citado 18 de febrero 2025]; 28(6): 1259-1264. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa341>.
18. Shyu C, Putra K, Chen H, Tsai Y, Tozammel K. A systematic review of federated learning in the healthcare area: From the perspective of data properties and applications. Applied Sciences [revista en internet]. 2021 [citado 18 de febrero 2025]; 23(11): 11191. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app11231191>.
19. Andaur Navarro C, Damen J, van Smeden M, Takada T. Systematic review identifies the design and methodological conduct of studies on machine learning-based prediction models. Journal of clinical epidemiology [revista en Internet]. 2023 [citado 18 de febrero 2025]; 154(1): 8-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2022.11.015>.
20. Kumar Y, Koul A, Singla R, Ijaz M. Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. Journal of ambient intelligence and humanized computing [revista en internet]. 2023 [citado 18 de febrero 2025]; 14(7): 8459-8456. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03612-z>.
21. Rodríguez-Alvarez Y, Caballero-Mota Y, García-Lorenzo MM, Escalona-González SO. Aplicaciones de la inteligencia artificial para la solución de problemas reales en el sector de la salud. En: Rodríguez-Méndez V, Fernández-Ramírez N, editores. Aplicaciones de la inteligencia artificial en la solución de problemas reales. Camagüey: Ediciones Universidad de Camagüey; 2024. p. 62-108.
22. Escalona-González SO, Caballero-Mota Y, Rodríguez-Alvarez Y, León-Acebo M, González-Milán ZC, Ricardo-Paez B, et al. Red neuronal artificial para la predicción de mortalidad de pacientes con enfermedad renal crónica. Revista Cubana de Medicina Militar [revista en internet]. 2024 [citado 27 de julio 2024]; 53(3). Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/38408>.



23. Díez-Sanmartín C, Sarasa Cabezuelo A, Belmonte AA. A new approach to predicting mortality in dialysis patients using sociodemographic features based on artificial intelligence. Artificial Intelligence in Medicine [revista en internet]. 2023 [citado 27 de julio 2024]; 136(1): 102478. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2022.102478>.
24. Simeri A, Pezzi G, Arena R, Papalia G, Szili-Torok T, Greco R, et al. Artificial intelligence in chronic kidney diseases: methodology and potential applications. International Urology and Nephrology. [revista en internet]. 2025 [citado 10 de enero 2025]; 57(1): 159-168. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11255-024-04165-8>.
25. Subramanian M, Wojtusciszyn A, Favre L, Boughorbel S, Shan J, Letaief K, et al. Precision medicine in the era of artificial intelligence: implications in chronic disease management. Journal of Translational Medicine. [revista en internet]. 2020 [citado 10 de enero 2025]; 18(1): 472. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02658-5>.

Contribución de los autores

Sergio Orlando Escalona-González |  <https://orcid.org/0000-0003-4261-6842>. Participó en: conceptualización e ideas; investigación; metodología; curación de datos; análisis formal; administración del proyecto; supervisión; visualización; redacción del borrador original; redacción, revisión y edición final.

Zoraïda Caridad González-Milán |  <https://orcid.org/0000-0002-4092-9389>. Participó en: conceptualización e ideas; investigación; metodología; curación de datos; análisis formal; administración del proyecto; supervisión; visualización; redacción del borrador original; redacción, revisión y edición final.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Este artículo está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](#), los lectores pueden realizar copias y distribución de los contenidos por cualquier medio, siempre que se mantenga el reconocimiento de sus autores.

