

Inteligencia artificial y arritmia cardiaca: una revisión sistemática

Artificial intelligence and cardiac arrhythmia: a systematic review

Alexander David Sandoval Vela*
Universidad Técnica de Babahoyo
Babahoyo - Ecuador
asandovalv@utb.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-6851-2379>

Diego Paul Corrales Vargas
Develops Corrales
Latacunga - Ecuador
developscorrales@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-5120-0616>

Jorge Luis Choca Alcocer
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
luis.choca@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0006-2905-0249>

María Augusta Chafía Romero
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Riobamba - Ecuador
augusta.chafia@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0344-5526>

*Correspondencia:
asandovalv@utb.edu.ec

Cómo citar este artículo:
Sandoval, A., Corrales, D., Choca, J., & Chafía, M. (2026). Inteligencia artificial y arritmia cardiaca: una revisión sistemática. *Esprint Investigación*, 5(1), 58-74. <https://doi.org/10.61347/ei.v5i1.234>

Recibido: 11 de diciembre de 2025

Aceptado: 13 de enero de 2026

Publicado: 16 de enero de 2026

Copyright: Derechos de autor 2026 Alexander David Sandoval Vela, Diego Paul Corrales Vargas, Jorge Luis Choca Alcocer, María Augusta Chafía Romero.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Resumen: El diagnóstico de las arritmias cardíacas sigue siendo un reto clínico debido a la dependencia de la interpretación manual del electrocardiograma, la variabilidad entre evaluadores y la dificultad para identificar eventos arrítmicos complejos o intermitentes. En este contexto, la inteligencia artificial ha surgido como una alternativa prometedora para mejorar el análisis automatizado de señales cardíacas; no obstante, su impacto clínico y sus limitaciones requieren una evaluación sistemática. El objetivo de esta revisión fue analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la detección y diagnóstico de arritmias cardíacas mediante el análisis automatizado del electrocardiograma, considerando su influencia en la precisión diagnóstica, la toma de decisiones clínicas y la eficiencia del proceso diagnóstico. Se realizó una revisión sistemática de la literatura con un enfoque cualitativo y un alcance descriptivo-analítico, siguiendo las directrices PRISMA 2020. La búsqueda en la base de datos Scopus identificó un total de 201 estudios publicados entre 2020 y 2025, de los cuales 20 fueron incluidos en el análisis final. Los resultados muestran un predominio de modelos de aprendizaje profundo, especialmente redes neuronales convolucionales, recurrentes y arquitecturas híbridas, con altos niveles de precisión, sensibilidad y exactitud, frecuentemente superiores al 95% y comparables a los de cardiólogos expertos. La implementación de estas tecnologías se asocia con diagnósticos más oportunos, detección temprana de arritmias y mayor eficiencia clínica; sin embargo, persisten limitaciones como el elevado costo computacional, la limitada validación externa, la baja interpretabilidad de los modelos y las dificultades de generalización poblacional, lo que evidencia la necesidad de una integración clínica responsable, gradual y debidamente validada.

Palabras clave: Aprendizaje profundo, arritmia cardíaca, electrocardiograma, Inteligencia Artificial.

Abstract: The diagnosis of cardiac arrhythmias remains a clinical challenge due to reliance on manual interpretation of the electrocardiogram, inter-observer variability, and the difficulty of identifying complex or intermittent arrhythmic events; in this context, artificial intelligence has emerged as a promising alternative to enhance the automated analysis of cardiac signals, although its clinical impact and limitations require systematic evaluation. The objective of this review was to analyze the application of artificial intelligence in the detection and diagnosis of cardiac arrhythmias through automated electrocardiogram analysis, considering its influence on diagnostic accuracy, clinical decision-making, and the efficiency of the diagnostic process. A systematic review of the literature was conducted using a qualitative approach and a descriptive-analytical scope, following the PRISMA 2020 guidelines. The search of the Scopus database identified a total of 201 studies published between 2020 and 2025, of which 20 were included in the final analysis. The results show a predominance of deep learning models, particularly convolutional and recurrent neural networks and hybrid architecture, with high levels of accuracy, sensitivity, and precision, frequently exceeding 95% and comparable to those of expert cardiologists. The implementation of these technologies is associated with more timely diagnoses, early detection of arrhythmias, and greater clinical efficiency; however, limitations persist, including high computational cost, limited external validation, low model interpretability, and difficulties in population generalization, highlighting the need for responsible, gradual, and adequately validated clinical integration.

Keywords: Artificial Intelligence, cardiac arrhythmia, deep learning, electrocardiogram.

1. Introducción

El diagnóstico de las arritmias cardíacas continúa siendo un desafío clínico debido a la dependencia de la interpretación manual del electrocardiograma (ECG), la falta de concordancia entre evaluadores y la dificultad para detectar eventos arrítmicos complejos o intermitentes (Salinas-Arce et al., 2022; Patiño et al., 2023). Aunque la inteligencia artificial ha surgido como una herramienta prometedora para el análisis automatizado de señales cardíacas, persisten limitaciones relacionadas con su validación clínica, su generalización poblacional y su integración en la práctica asistencial, lo que dificulta establecer su impacto real en la toma de decisiones clínicas y en los resultados en salud (Jamil & Rahman, 2022; Dhanka & Maini, 2025).

Las arritmias cardíacas comprenden un amplio espectro de trastornos del ritmo que afectan la frecuencia, la regularidad y la secuencia de activación eléctrica del corazón. Estas alteraciones pueden manifestarse de forma transitoria y benigna o evolucionar hacia cuadros graves y potencialmente letales, capaces de comprometer la función hemodinámica y aumentar el riesgo de eventos cardiovasculares mayores (Marinho et al., 2024; Costa et al., 2024; Prado et al., 2025). Su relevancia clínica es considerable, ya que constituyen una causa importante de morbilidad y mortalidad a nivel mundial y se asocian con una reducción significativa de la calidad de vida. Se estima que las arritmias, en particular la fibrilación auricular, afectan a más del 1-2 % de la población general, con una prevalencia que aumenta progresivamente con la edad (Costa et al., 2024; Sampaio et al., 2024; Silva et al., 2024).

Desde el punto de vista clínico y fisiopatológico, las arritmias se clasifican según la frecuencia cardíaca, el origen del impulso eléctrico y el patrón del ritmo (Castro et al., 2025; Prado et al., 2025). En función de la frecuencia, se distinguen las taquiarritmias, definidas por una frecuencia superior a 100 latidos por minuto en reposo, y las bradiarritmias, caracterizadas por una frecuencia inferior a 60 latidos por minuto (Castro et al., 2025; Bai et al., 2024). Las taquiarritmias pueden ser supraventriculares, como la taquicardia supraventricular paroxística, el flutter auricular y la fibrilación auricular, o ventriculares, entre las que destacan la taquicardia y la fibrilación ventriculares, estas últimas asociadas con un mayor riesgo de colapso hemodinámico y muerte súbita (Castro et al., 2025; Vale et al., 2021). Por su parte, las bradiarritmias suelen relacionarse con alteraciones en la generación o conducción del impulso eléctrico, incluyendo la bradicardia sinusal y los diferentes grados de bloqueo auriculoventricular.

Las arritmias se clasifican en supraventriculares y ventriculares. Las arritmias ventriculares revisten especial importancia clínica debido a su estrecha asociación con cardiopatía estructural y muerte súbita (Vale et al., 2021; Chen et al., 2020). Entre las arritmias supraventriculares, la fibrilación auricular destaca como la más frecuente en la práctica clínica, caracterizándose por una actividad eléctrica auricular desorganizado, la ausencia de ondas P definidas y una respuesta ventricular irregular (Digumarthi et al., 2023). Esta entidad se asocia con un riesgo hasta cinco veces mayor de accidente cerebrovascular y con un aumento significativo de la mortalidad (Sampaio et al., 2024; Carralero-Paredes et al., 2021). En contraste, el flutter auricular presenta un patrón de reentrada auricular más organizado, con ondas auriculares típicas en forma de “dientes de sierra”.

La carga global de las arritmias cardíacas ha aumentado de manera sostenida, impulsada por el envejecimiento poblacional y la mayor prevalencia de factores de riesgo cardiovascular, como la hipertensión arterial, la cardiopatía isquémica y la insuficiencia cardíaca (Prado et al., 2025; Soto-Becerra et al., 2021; Zhang et al., 2022). La presencia de enfermedad estructural del corazón, incluyendo fibrosis miocárdica postinfarto o disfunción ventricular izquierda, incrementa de forma significativa el riesgo de desarrollar arritmias complejas (Astudillo et al., 2024; Castro et al., 2025). Aunque algunas de estas alteraciones pueden ser inicialmente asintomáticas, su progresión hacia formas persistentes o

permanentes dificulta el tratamiento y empeora el pronóstico, lo que subraya la necesidad de estrategias diagnósticas más precoces y eficaces (Marinho et al., 2024).

Tradicionalmente, el diagnóstico de las arritmias se ha basado en el análisis del ECG en reposo y en métodos de monitoreo ambulatorio, como el Holter de 24 a 48 horas o los estudios electrofisiológicos invasivos (Soto-Becerra et al., 2021; Marinho et al., 2024). Si bien estas herramientas han sido fundamentales en la práctica clínica, presentan limitaciones importantes para la detección de arritmias esporádicas, silenciosas o de baja carga arrítmica (Aseeri, 2021; Sager et al., 2021). Además, su capacidad predictiva es limitada, lo que dificulta la identificación temprana de pacientes con alto riesgo antes de la aparición de eventos clínicamente evidentes, favoreciendo el subdiagnóstico y la detección tardía, especialmente en contextos con acceso restringido a tecnologías de monitoreo prolongado (Santander et al., 2023; Carralero-Paredes et al., 2021).

Frente a estas limitaciones, surge la necesidad de herramientas automatizadas que permitan una vigilancia más continua, precisa y predictiva del ritmo cardíaco (Tuay, 2021; Estrada, 2024). En este escenario, la inteligencia artificial se perfila como una aliada estratégica con el potencial de transformar el enfoque tradicional del diagnóstico y manejo de las arritmias (Sampaio et al., 2024; Oliveira et al., 2025). Mediante el análisis de grandes volúmenes de datos electrocardiográficos, la IA puede identificar patrones complejos y sutiles que escapan a la interpretación humana, contribuyendo al desarrollo de una medicina más precisa, personalizada y preventiva (Yildirim et al., 2020; Salinas-Arce et al., 2022).

La aplicación de algoritmos de Machine Learning y Deep Learning al análisis del ECG ha demostrado avances significativos en la detección y clasificación de arritmias (Dhanka & Maini, 2025; Bai et al., 2024). Mientras que los modelos de aprendizaje automático tradicional ofrecen ventajas en términos de interpretabilidad y requerimientos de datos, los enfoques de Deep Learning, particularmente las redes neuronales convolucionales, han mostrado un desempeño superior en el análisis de señales complejas, al permitir la extracción automática de características relevantes directamente de los registros crudos del ECG (Reznichenko et al., 2025; Jamil & Rahman, 2022; Sager et al., 2021).

Además, la integración de dispositivos portátiles, tecnologías móviles y el Internet de las Cosas ha ampliado el alcance del ECG asistido por IA, facilitando el monitoreo continuo y ambulatorio de pacientes (Astudillo et al., 2024; Estrada, 2024). Los dispositivos ponibles han mostrado utilidad en la detección precoz de fibrilación auricular y otras arritmias; sin embargo, su implementación clínica aún enfrenta desafíos relacionados con la calidad de los datos, la estandarización de las mediciones y la validación de los algoritmos en entornos reales (Yoo et al., 2021; Sager et al., 2021).

A pesar de su potencial, la implementación de la inteligencia artificial en el diagnóstico y manejo de las arritmias cardíacas plantea retos técnicos, éticos y clínicos relevantes. La fiabilidad de los modelos depende en gran medida de la calidad y representatividad de los datos utilizados, así como del control de sesgos algorítmicos (Felipe & Trindade, 2025; Oliveira et al., 2025; Tuay, 2021). Asimismo, la limitada interpretabilidad de muchos modelos complejos, frecuentemente descritos como sistemas de "caja negra", constituye una barrera para su aceptación clínica, dado que la práctica médica exige transparencia y aplicabilidad en los procesos diagnósticos (Fácil et al., 2025; Pinto, 2025). La protección de la privacidad, la seguridad de los datos y el uso ético de la información del paciente son igualmente aspectos críticos que deben ser garantizados.

En este contexto, la inteligencia artificial no debe concebirse como un sustituto del juicio clínico, sino como una herramienta complementaria que potencia la capacidad diagnóstica del profesional de la salud. Su integración responsable y validada en la práctica clínica tiene el potencial de optimizar la detección temprana de arritmias, mejorar la estratificación del riesgo y contribuir al desarrollo de una medicina cardiovascular más preventiva, personalizada y basada en evidencia.

El objetivo de la presente investigación fue analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la detección y diagnóstico de las arritmias cardíacas mediante el análisis automatizado del electrocardiograma, evaluando su impacto en la precisión diagnóstica, el apoyo a la toma de decisiones clínicas y la eficiencia del proceso diagnóstico; asimismo, se buscó describir los principales algoritmos y modelos de inteligencia artificial utilizados en la identificación y clasificación de arritmias cardíacas, comparar el desempeño diagnóstico de estos sistemas con los métodos tradicionales de interpretación del electrocardiograma, considerando métricas como precisión, sensibilidad y exactitud, y analizar su impacto clínico como herramientas de apoyo al diagnóstico, cribado y monitoreo, así como los beneficios y limitaciones técnicas, operativas y de implementación clínica asociados a su uso.

2. Metodología

Se realizó una revisión sistemática de la literatura con enfoque cualitativo y alcance descriptivo-analítico, fundamentada en los lineamientos del PRISMA 2020. El propósito de la investigación fue identificar, evaluar y sintetizar de manera crítica la evidencia científica reciente relacionada con la aplicación de la inteligencia artificial en la detección, diagnóstico y manejo clínico de las arritmias cardíacas. En la tabla 1 se detallan los criterios de inclusión y exclusión utilizados en la investigación.

Tabla 1

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos publicados entre 2020–2025.	Artículos anteriores a 2020.
Idioma: inglés o español.	Estudios no relacionados con inteligencia artificial y arritmias cardíacas.,
Estudios clínicos, revisiones sistemáticas, metaanálisis y reportes con metodología clara.	Documentos sin metodología clara (editoriales, cartas, artículos de opinión, etc.).
Relación directa con la aplicación de la inteligencia artificial en la detección, diagnóstico y manejo clínico de las arritmias cardíacas.	Duplicados o artículos sin acceso al texto completo.
Acceso a texto completo.	

Método de búsqueda y fuentes de información

La búsqueda bibliográfica se realizó de forma sistemática en la base de datos Scopus. Se emplearon dos bloques de búsqueda: el primero relacionado con la inteligencia artificial y el segundo con las arritmias cardíacas. Para detallar el procedimiento de búsqueda y los resultados obtenidos, se presenta la tabla 2.

Tabla 2

Estrategia de búsqueda y selección de estudios en bases de datos científicas

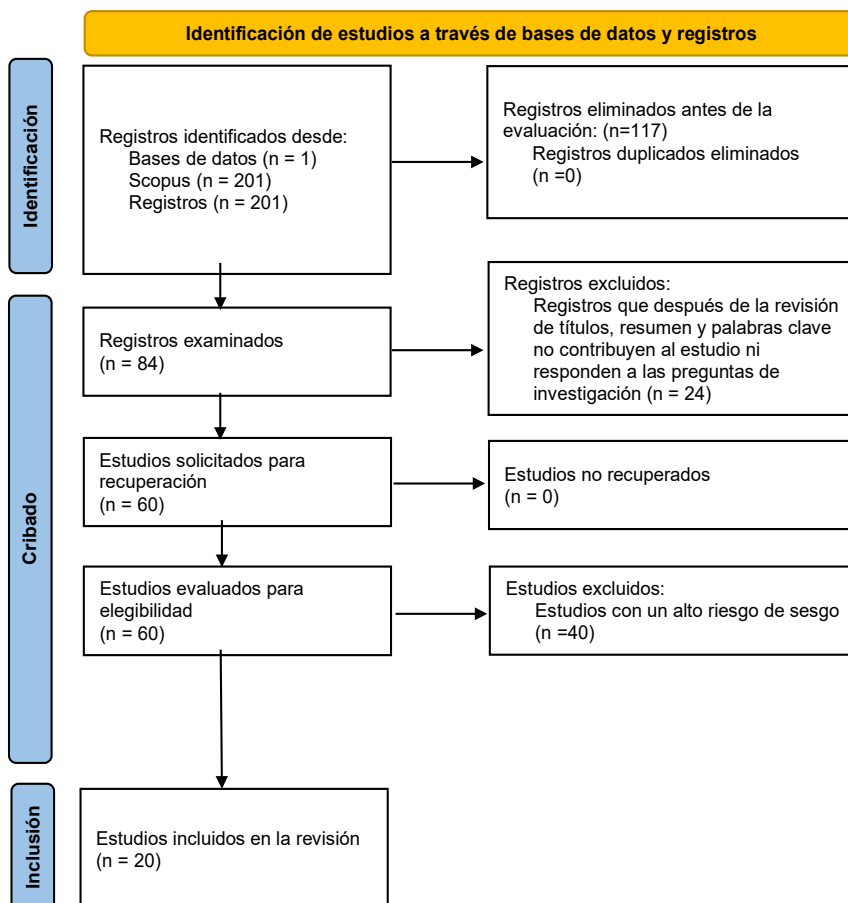
Base de datos	Cadena de búsqueda aplicada	N° de estudios
Scopus	(TITLE ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network") AND TITLE ("cardiac arrhythmia" OR "heart arrhythmia" OR "cardiac rhythm disorder")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026	201
Total		201

La población del estudio estuvo constituida por un total de 201 estudios científicos identificados en la base de datos Scopus, relacionados con la aplicación de la inteligencia artificial en la detección, diagnóstico y manejo clínico de las arritmias cardíacas, de los cuales la muestra estuvo conformada por 20 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, tras el proceso de identificación, cribado y elegibilidad conforme a las directrices del protocolo PRISMA 2020. La técnica utilizada fue la revisión documental sistemática, orientada a la identificación, selección y análisis crítico de la evidencia científica publicada en Scopus, y como instrumento se empleó una matriz de extracción de datos diseñada para registrar de manera organizada y sistemática la información relevante de los estudios incluidos, tales como autor, año de publicación, población de estudio, métodos diagnósticos tradicionales, enfoques de inteligencia artificial, desempeño diagnóstico, impacto clínico y limitaciones.

El proceso de selección de los estudios se realizó siguiendo las directrices del protocolo PRISMA, lo que garantizó transparencia, rigurosidad y trazabilidad en cada fase; en la etapa de identificación se recopilieron 201 registros, de los cuales se excluyeron inicialmente 117 por corresponder únicamente a estudios de tipo revisión, evaluándose posteriormente 84 registros mediante la revisión de títulos, resúmenes y palabras clave, con la exclusión de 24 por no aportar información pertinente a las preguntas de investigación; de los 60 estudios seleccionados para la recuperación del texto completo, todos fueron obtenidos y sometidos a evaluación de elegibilidad, excluyéndose finalmente 40 por presentar un alto riesgo de sesgo, lo que permitió la inclusión de 20 estudios en la revisión sistemática, constituyendo la base final de evidencia para el análisis posterior (ver figura 1).

Figura 1

Diagrama Prisma



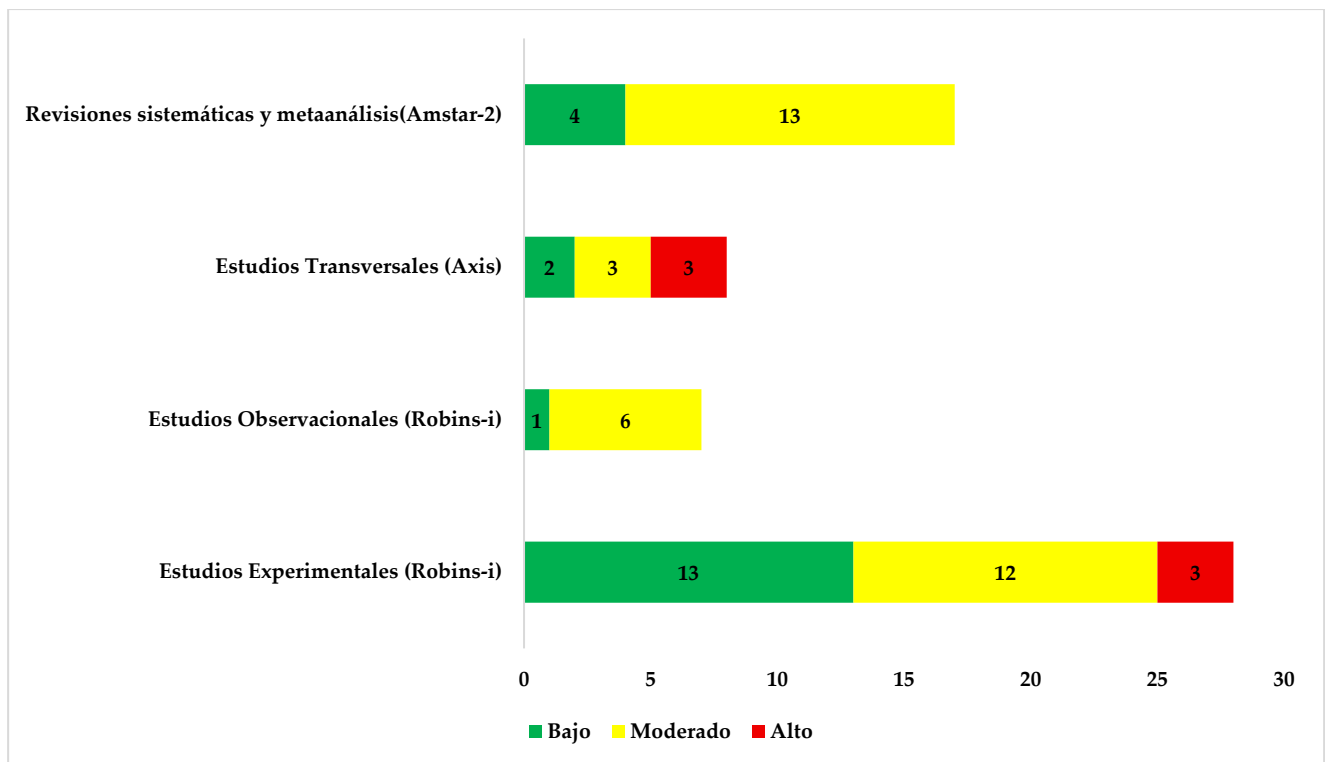
Evaluación del riesgo de sesgo

En la figura 2 se presentó la evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos, utilizando herramientas específicas según su diseño metodológico. Los estudios transversales fueron analizados mediante la herramienta AXIS, compuesta por 20 ítems relacionados con el diseño, la calidad del reporte y las posibles fuentes de sesgo; este grupo constituyó el más numeroso, con 2 estudios clasificados como de bajo riesgo, 3 con riesgo moderado y 3 con riesgo alto.

Los estudios observacionales fueron evaluados con la herramienta ROBINS-I, la cual examina siete dominios y categoriza el riesgo en bajo, moderado, alto o crítico; en este grupo se observó una calidad metodológica aceptable, con 1 estudio clasificado en riesgo bajo y 6 en riesgo moderado. Los estudios experimentales, igualmente evaluados mediante ROBINS-I, incluyeron 13 investigaciones clasificadas con riesgo bajo, 12 con riesgo moderado y 3 con riesgo alto. Por último, las revisiones sistemáticas y metaanálisis fueron valorados mediante la herramienta AMSTAR-2, conformada por 16 ítems, siete de ellos críticos, mostrando una distribución en la que 4 estudios presentaron riesgo bajo y 13 riesgo moderado.

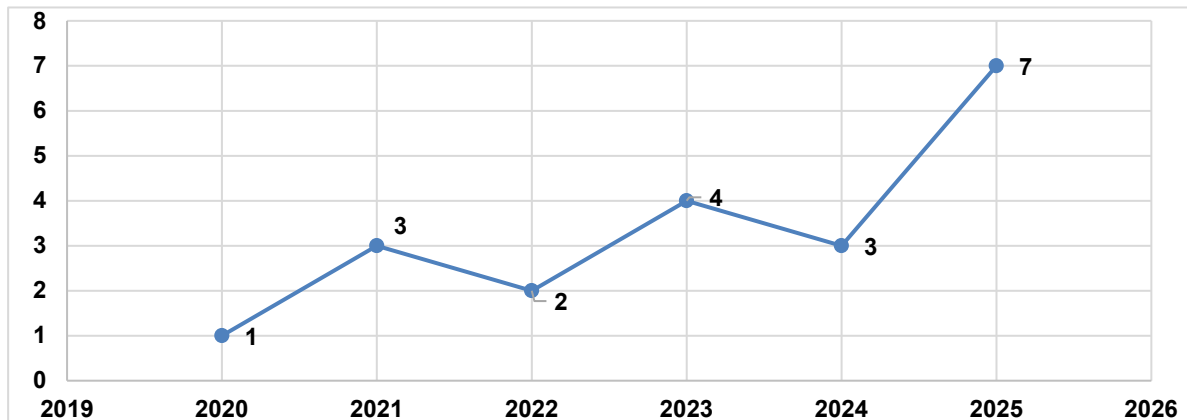
Figura 2

Evaluación de riesgo de sesgo



3. Resultados

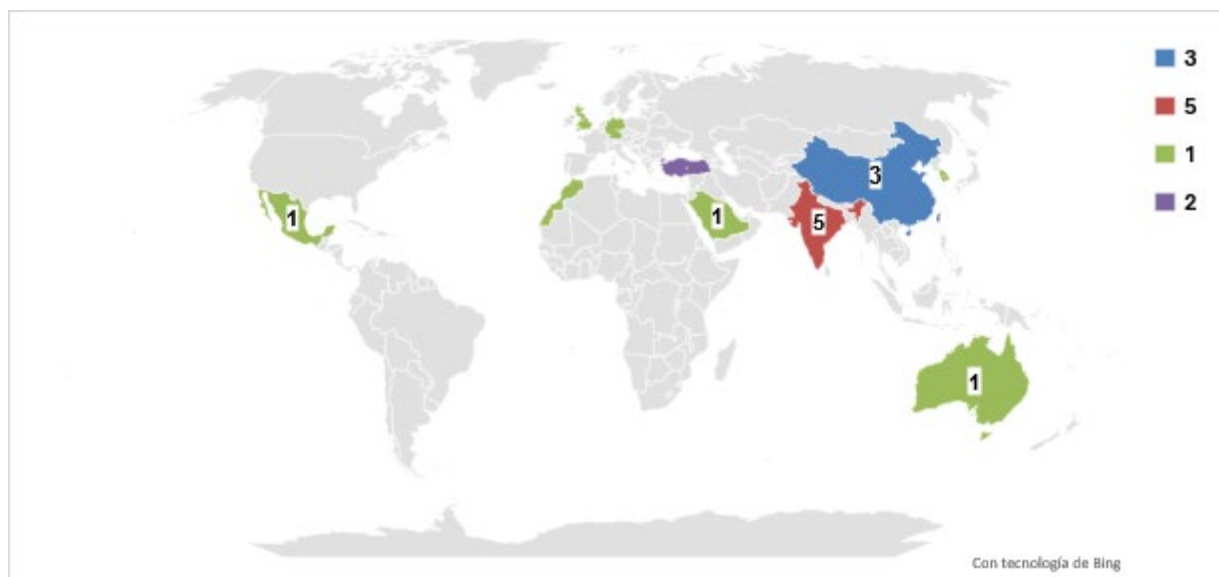
La figura 3 muestra la distribución temporal de los estudios incluidos en la revisión durante el período comprendido entre 2020 y 2025. El año 2025 presenta el mayor número de estudios incluidos, lo que sugiere un crecimiento acelerado en la producción científica y un interés sostenido en la aplicación de herramientas de inteligencia artificial para el diagnóstico, monitoreo y estratificación del riesgo de arritmias cardíacas.

Figura 3*Años de los estudios incluidos en la revisión*

En los años 2023 y 2024 también se observa una contribución relevante, consolidando una tendencia ascendente en el desarrollo y validación de modelos algorítmicos, especialmente en el análisis de electrocardiogramas, dispositivos portátiles y sistemas de apoyo a la decisión clínica. Este aumento progresivo puede asociarse con el avance en técnicas de aprendizaje automático y profundo, así como con la mayor disponibilidad de grandes volúmenes de datos clínicos.

Por el contrario, los años 2020, 2021 y 2022 presentan un menor número de estudios, lo que indica que, en etapas iniciales, la investigación en inteligencia artificial aplicada a las arritmias cardíacas era aún limitada o se encontraba en fases exploratorias.

En la figura 4 se presenta la distribución geográfica de los estudios incluidos en la investigación, la cual muestra una participación heterogénea entre distintos países, con una mayor representación de naciones asiáticas. India concentra el mayor número de registros, con 5 estudios, seguida de China con 3 investigaciones, lo que evidencia el papel protagónico de estos países en el desarrollo e implementación de soluciones basadas en inteligencia artificial aplicadas a la cardiología, particularmente en el análisis automatizado de arritmias.

Figura 4*Registros de estudios por país*

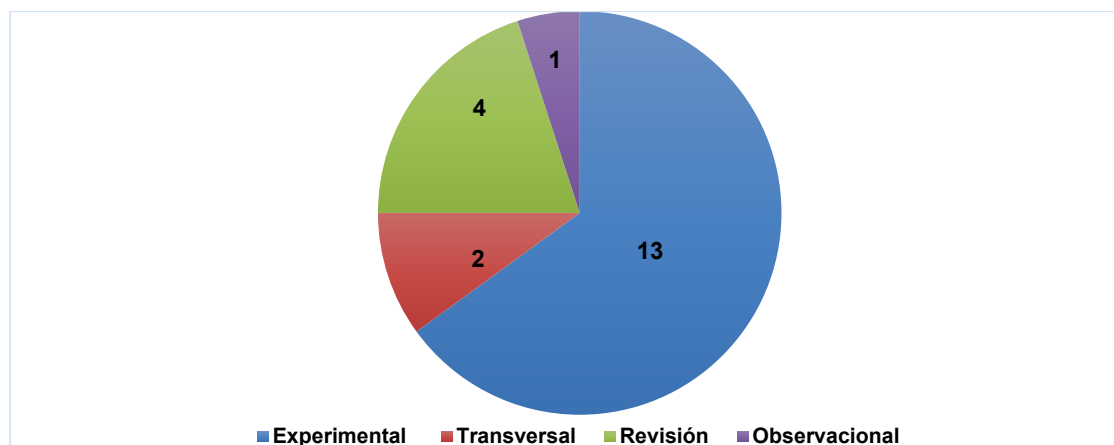
Otros países asiáticos, como Taiwán, Turquía, Arabia Saudita y la República de Corea también contribuyen de manera relevante, reforzando la tendencia de un fuerte impulso regional en Asia. Este predominio puede estar asociado con la inversión en tecnologías digitales en salud, la disponibilidad de grandes bases de datos poblacionales y el interés en optimizar el diagnóstico temprano de enfermedades cardiovasculares mediante herramientas algorítmicas.

La participación de países de Europa, como el Reino Unido y Alemania, así como de Australia, refleja un interés creciente, pero aún limitado en términos del volumen de publicaciones incluidas en esta revisión. En el caso de América Latina, únicamente México, con 1 estudio, está representado, mientras que África cuenta con un solo registro procedente de Marruecos, lo que pone de manifiesto una menor producción científica en estas regiones dentro del período analizado.

La figura 5 presenta la distribución de los tipos de estudios incluidos, donde se evidencia un predominio de los estudios experimentales, con 13 investigaciones, lo que refleja un marcado interés en evaluar de manera directa el desempeño, la precisión y la eficacia de los modelos de inteligencia artificial aplicados al análisis de señales electrocardiográficas y al diagnóstico de arritmias.

Figura 5

Tipos de estudios



En menor proporción se identificaron estudios de tipo revisión, con un total de cuatro investigaciones, los cuales aportan una visión integradora del estado del arte y permiten sintetizar los principales avances metodológicos y clínicos en el área. Por su parte, los estudios transversales, representados por dos investigaciones, y los estudios observacionales, con un único estudio, fueron escasos, lo que indica una limitada exploración de la aplicación de estas tecnologías en contextos clínicos reales y en poblaciones amplias.

Esta distribución evidencia que la investigación se ha orientado predominantemente al desarrollo y validación técnica de algoritmos de inteligencia artificial, resaltando la necesidad de incrementar estudios observacionales y de implementación clínica que permitan evaluar su impacto en escenarios asistenciales y en la práctica médica cotidiana.

La tabla 3 integra la evidencia disponible sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el diagnóstico de arritmias cardíacas, considerando poblaciones, métodos tradicionales, enfoques algorítmicos, desempeño diagnóstico, impacto clínico y limitaciones. Los estudios analizados reflejan una transición progresiva desde métodos diagnósticos convencionales, basados principalmente en la interpretación manual del electrocardiograma (ECG), hacia sistemas automatizados apoyados en aprendizaje automático y aprendizaje profundo.

Tabla 3*Matriz de resultados*

Autor	Población	Métodos diagnósticos tradicionales	Impacto clínico del diagnóstico tradicional	Enfoques algorítmicos de IA	Desempeño diagnóstico de IA	Impacto clínico de la IA	Limitaciones técnicas y operativas
Wang et al. (2025)	Base MIT-BIH Arrhythmia	ECG, monitoreo portátil y en la nube	Retrasos diagnósticos, dependencia de transmisión remota y alto consumo energético	CNN, NN interpacient, procesamiento en edge	Precisión cercana al 99%	Diagnóstico más oportuno y continuo	Alto costo computacional, consumo energético, dependencia de la nube
Pratima et al. (2025)	22,130 ECGs + validación externa	ECG de 12 derivaciones, Holter	Lento, costoso, requiere expertos	DL, ensembles, enfoques híbridos	Alto rendimiento competitivo	Prevención de ACV y reducción de costos	Falta de estandarización y alta complejidad
Bai et al. (2024)	MIT-BIH (48 registros)	ECG manual	Dificultad en detección temprana	DeepBiLSTMnet	Alta sensibilidad y precisión	Diagnóstico precoz y predicción de severidad	Riesgo de sobreajuste y falta de validación externa
Dhanka & Maini (2025)	MIT-BIH, INCART	ECG convencional	Variabilidad interobservador, análisis lento	CNN profundas	Exactitud >99%	Reducción de errores diagnósticos	Alta carga computacional
Santander et al. (2023)	159 pacientes AFib/AFlu	ECG superficial	Alta tasa de error diferencial	DL especializado	AUC elevado	Mejora en diferenciación AFib/AFlu	Caja negra, bajo VPP
Mohebbanaaz et al. (2025)	38,899 pacientes	ECG estándar	Subjetividad y carga laboral	CNN-LSTM	F1 >0.93	Cribado eficiente	Escasez de datasets grandes
Mogili & Narsimha. (2022)	MIT-BIH (47 sujetos)	ECG manual	Limitada precisión en señales complejas	ML y DL	Mejora significativa	Apoyo al diagnóstico	Dependencia de calidad de datos
Yildirim et al. (2020)	94 sujetos (MIT-BIH, INCART, BIDMC)	ECG manual	Clasificación lenta Diagnóstico tardío	GRU, Deep Ensemble PRF-DCNN	F1 >98% Exactitud 99.53%	Diagnóstico confiable con incertidumbre	Alto costo computacional Interpretabilidad limitada
Khatar et al. (2024)	65,932 ECGs	ECG 12 derivaciones	Precisión limitada	DL multiderivación	Comparable a cardiólogos	Mejora de eficiencia clínica	Generalización limitada

Pandey et al. (2025)	St. Petersburg INCART	ECG tradicional	Diagnóstico tardío	PRF-DCNN	Exactitud 99.53%	Diagnóstico en tiempo real	Interpretabilidad limitada
Zhang et al. (2022)	65,932 ECGs	ECG 12 derivaciones	Precisión limitada	DL multiderivación	Comparable a cardiólogos	Mejora de eficiencia clínica	Generalización limitada
Digumarthi et al. (2023)	MIT-BIH	ECG inspección visual	Limitado por número de especialistas	CNN, LSTM, CNN-LSTM	Precisión ~99%	Ampliación de cobertura diagnóstica	Dependencia de datasets balanceados
Reznichenko et al. (2025)	Bases públicas múltiples	ECG manual	Diagnóstico laborioso	DL, metaheurísticos	Alto rendimiento	Detección temprana	Carga computacional
Chen et al. (2020)	ECG multicéntrico	ECG convencional	Variabilidad diagnóstica	DL híbrido	Exactitud >98%	Apoyo clínico	Falta de validación clínica
Lin et al. (2025)	MIT-BIH	ECG manual	Riesgo de omisiones	CNN optimizadas	Sensibilidad >95%	Diagnóstico oportuno	Ruido en señales
Sager et al. (2021)	INCART	ECG tradicional	Dependencia del experto	DL profundo	Alta especificidad	Reducción de errores	Interpretabilidad
Chang et al. (2021)	PhysioNet	ECG manual	Lento	DL 3D	F1 >0.93	Aplicabilidad clínica	Hardware intensivo
Aseeri (2021)	Hospital CMUH	ECG estándar	Precisión limitada	DL clínico	Comparable a expertos	Soporte a decisión	Dataset monocéntrico
Jamil & Rahman (2022)	ECG 12 derivaciones	ECG convencional	Carga laboral	DL avanzado	>98%	Automatización	Requerimientos de cómputo
Yoo et al. (2021)	ECG clínico	ECG manual	Retrasos	IA interpaciente	Precisión ~93%	Monitoreo continuo	Recursos limitados en ponibles

Nota. **ECG:** Electrocardiograma, **AFib:** Fibrilación auricular, **AFlu / AFL:** Flutter auricular, **ACV:** Accidente cerebrovascular, **IA:** Inteligencia artificial, **ML:** Machine Learning, **DL:** Deep Learning, **CNN:** Red neuronal convolucional, **RNN:** Red neuronal recurrente, **LSTM:** Memoria a corto y largo plazo, **BiLSTM:** Memoria bidireccional a largo plazo, **GRU:** Unidad Recurrente Cerrada, **CNN-LSTM:** Arquitectura híbrida de red convolucional y recurrente, **NN:** Red neuronal, **CAD:** Diagnóstico asistido por computadora, **AUC:** Área bajo la curva, **ROC:** Característica de funcionamiento del receptor, **AUROC:** Área bajo la curva ROC, **VPP:** Valor predictivo positivo, **MIT-BIH:** Base de datos de arritmias del MIT-Beth Israel Hospital, **INCART:** Base de datos del Instituto de Técnicas Cardiológicas de San Petersburgo.

Los métodos diagnósticos tradicionales descritos se basan principalmente en el ECG manual, el ECG de 12 derivaciones, el monitoreo Holter y sistemas convencionales de registro. De manera consistente, los estudios reportan debilidades inherentes a estos enfoques, tales como retrasos en el diagnóstico, dependencia del criterio del especialista, variabilidad entre evaluadores, elevada carga laboral y dificultades para la detección temprana de arritmias complejas. Estas limitaciones justifican el creciente interés en la incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial como apoyo al proceso diagnóstico.

En cuanto a los enfoques algorítmicos de inteligencia artificial, predomina el uso de modelos de aprendizaje profundo, particularmente redes neuronales convolucionales (CNN), redes recurrentes (LSTM, GRU), arquitecturas híbridas CNN-LSTM, modelos de ensamble profundo y redes especializadas como DeepBiLSTMnet y PRF-DCNN. Asimismo, algunos estudios incorporan estrategias de procesamiento en el borde (*edge computing*), metaheurísticos y enfoques interpaciente, lo que refleja un avance hacia soluciones más eficientes, escalables y adaptables a distintos escenarios clínicos y tecnológicos.

El desempeño diagnóstico de los modelos de IA fue notablemente elevado en la mayoría de los estudios incluidos, con valores de precisión, exactitud, sensibilidad y F1 que frecuentemente superaron el 95% y, en varios casos, alcanzaron cifras cercanas o superiores al 99%. De manera relevante, múltiples investigaciones reportaron un rendimiento comparable al de cardiólogos expertos, lo que resalta el potencial de la IA como herramienta de apoyo diagnóstico confiable, especialmente en entornos con alta demanda asistencial o limitada disponibilidad de especialistas.

Desde la perspectiva del impacto clínico, la implementación de sistemas basados en inteligencia artificial se asoció con diagnósticos más oportunos, detección precoz de arritmias, reducción de errores diagnósticos, optimización de la eficiencia clínica y fortalecimiento del cribado poblacional. Adicionalmente, algunos estudios destacaron beneficios como la prevención de eventos adversos, la disminución de costos sanitarios y la viabilidad del monitoreo continuo mediante dispositivos portátiles y plataformas en la nube.

No obstante, también se pusieron de manifiesto limitaciones técnicas y operativas relevantes, entre las que se incluyen el elevado costo computacional, el alto consumo energético, la dependencia de infraestructuras tecnológicas avanzadas, la escasez de conjuntos de datos amplios y balanceados, la falta de estandarización metodológica, la limitada interpretabilidad de los modelos (efecto de “caja negra”) y los problemas de generalización a poblaciones distintas de aquellas utilizadas para el entrenamiento.

4. Discusión

Los hallazgos evidencian un consenso creciente en la literatura respecto al potencial de la inteligencia artificial (IA) para transformar y optimizar el diagnóstico de las arritmias cardíacas, particularmente mediante el análisis automatizado del electrocardiograma. No obstante, desde una perspectiva comparativa, pese a la convergencia en los elevados indicadores de desempeño diagnóstico reportados, se identifican diferencias sustanciales en los enfoques metodológicos, el tipo de datos utilizados y las limitaciones señaladas, lo que enriquece la discusión crítica de los resultados.

Diversos estudios coinciden en que los modelos basados en aprendizaje profundo, especialmente las redes neuronales convolucionales (CNN) y las arquitecturas híbridas CNN-LSTM, presentan un rendimiento superior frente a los métodos tradicionales y a los modelos de aprendizaje automático clásico. Investigaciones como las de Wang et al. (2025), Dhanka y Maini (2025) y Pandey et al. (2025)

reportan precisiones cercanas o superiores al 99%, lo que sugiere una clara superioridad técnica de estos enfoques para la clasificación de arritmias complejas. Resultados similares son descritos por Yildirim et al. (2020) y Zhang et al. (2022), quienes además destacan un desempeño comparable al de cardiólogos expertos, lo que refuerza el potencial clínico de la IA como herramienta de apoyo diagnóstico, aunque no sustitutiva.

Sin embargo, desde una postura más crítica, otros autores subrayan que el alto rendimiento diagnóstico se obtiene principalmente en entornos controlados y en bases de datos públicas ampliamente utilizadas, como MIT-BIH e INCART. Bai et al. (2024) y Lin et al. (2025) advierten que el riesgo de sobreajuste y la sensibilidad al ruido de las señales pueden comprometer la aplicabilidad clínica real de los modelos, especialmente cuando no se dispone de procesos de validación externa robustos. Esta preocupación es compartida por Khatar et al. (2024), quienes señalan dificultades relevantes en la generalización de los modelos a poblaciones distintas de aquellas empleadas durante el entrenamiento.

Desde la perspectiva clínica, varios estudios destacan beneficios concretos y potencialmente relevantes de la IA, como la reducción de errores diagnósticos y la detección temprana de arritmias. Mohebbanaaz et al. (2025) y Santander et al. (2023) enfatizan la utilidad de estos sistemas en el cribado eficiente y en la diferenciación precisa entre fibrilación auricular y flutter auricular, condiciones que frecuentemente generan errores diagnósticos cuando se emplea únicamente el ECG convencional. En la misma línea, Pratima et al. (2025) y Reznichenko et al. (2025) destacan el impacto positivo de la IA en la prevención de eventos adversos, como el accidente cerebrovascular, y en la optimización de los costos sanitarios, lo que refuerza su valor potencial en sistemas de salud con alta demanda asistencial.

No obstante, la discusión revela que la viabilidad clínica inmediata de estos sistemas no es uniforme. Estudios como los de Sager et al. (2021) y Aseeri (2021) subrayan que la limitada interpretabilidad de los modelos, comúnmente descritos como sistemas de “caja negra”, constituye una barrera significativa para su adopción clínica. Esta limitación adquiere especial relevancia en contextos donde la toma de decisiones médicas exige transparencia, explicabilidad y trazabilidad diagnóstica, aspectos que aún no han sido plenamente resueltos por muchos modelos de IA actuales.

Por otra parte, el uso de dispositivos portátiles y el procesamiento en tiempo real introduce un eje emergente de discusión clínica y tecnológica. Wang et al. (2025) y Yoo et al. (2021) evidencian que el monitoreo continuo mediante dispositivos ponibles y enfoques interpaciente amplía la cobertura diagnóstica y favorece la detección precoz de arritmias intermitentes. Sin embargo, estos beneficios deben ponderarse frente a las limitaciones técnicas señaladas por los mismos autores, tales como el alto consumo energético, la dependencia de infraestructuras en la nube y las restricciones de hardware, especialmente en entornos con recursos limitados.

Finalmente, se observa que la mayoría de las investigaciones analizadas se concentran en el desempeño técnico de los algoritmos, mientras que los estudios que evalúan su impacto en escenarios clínicos reales siguen siendo escasos. Mogili y Narsimha (2022), así como Chen et al. (2020), coinciden en señalar la necesidad de estudios multicéntricos, prospectivos y con poblaciones diversas, que permitan validar de manera integral la efectividad, seguridad y utilidad clínica de la IA en la práctica asistencial cotidiana.

En conjunto, los resultados ponen de manifiesto que, si bien existe un amplio acuerdo respecto a la elevada capacidad diagnóstica de la inteligencia artificial en el abordaje de las arritmias cardíacas, persisten desafíos críticos relacionados con su generalización, interpretabilidad e implementación clínica. Estas tensiones refuerzan la necesidad de integrar la IA como una herramienta complementaria al juicio clínico, sustentada en evidencia robusta, validación continua y marcos regulatorios adecuados.

Limitaciones

La mayoría de los estudios incluidos utilizaron bases de datos públicas estandarizadas, como MIT-BIH e INCART, lo que limita la extrapolación de los hallazgos a contextos clínicos reales y a poblaciones con características demográficas y epidemiológicas diferentes. Esta dependencia puede sobreestimar el desempeño de los modelos de inteligencia artificial en escenarios asistenciales no controlados, lo que refuerza la necesidad de validaciones clínicas adicionales.

5. Conclusiones

La inteligencia artificial (IA) constituye una herramienta altamente eficaz para el análisis automatizado de registros electrocardiográficos; en particular, los sistemas basados en aprendizaje automático y, de forma más destacada, en aprendizaje profundo permiten identificar patrones complejos y sutiles del ritmo cardíaco que superan las limitaciones inherentes a la interpretación manual del electrocardiograma (ECG), contribuyendo de manera significativa a una detección más temprana, continua y precisa de las arritmias cardíacas.

Los modelos de aprendizaje profundo (Deep Learning), como las redes neuronales convolucionales, recurrentes y las arquitecturas híbridas, demuestran un rendimiento diagnóstico consistentemente superior, con valores de precisión, sensibilidad y exactitud que frecuentemente superan el 95% y alcanzan niveles comparables a los de cardiólogos expertos. En contraste, los métodos tradicionales continúan mostrando debilidades asociadas a la variabilidad interobservador, el diagnóstico tardío y la limitada capacidad predictiva, lo que confirma y refuerza el valor de la IA como herramienta de apoyo al diagnóstico clínico.

La implementación de estas tecnologías se asocia con mejoras sustanciales y sostenidas en la eficiencia clínica, la reducción de errores diagnósticos, la optimización del cribado poblacional y la viabilidad del monitoreo continuo mediante dispositivos portátiles. No obstante, persisten desafíos relevantes relacionados con la interpretabilidad de los modelos, la generalización a poblaciones diversas, el costo computacional, el consumo energético y la necesidad de validaciones clínicas rigurosas y multicéntricas, lo que conduce a la conclusión de que la inteligencia artificial debe integrarse de manera complementaria, gradual y responsable al juicio clínico, sin sustituir el rol del profesional de la salud.

Recomendaciones

Se recomienda impulsar y priorizar el desarrollo de investigaciones que evalúen el desempeño de los sistemas de inteligencia artificial en escenarios clínicos reales, con poblaciones heterogéneas y seguimientos longitudinales, con el propósito de fortalecer la validez externa, garantizar la generalización de los resultados y favorecer la aplicabilidad clínica segura y efectiva de los modelos propuestos.

Referencias

- Aseeri, A. (2021). Uncertainty-Aware Deep Learning-Based Cardiac Arrhythmias Classification Model of Electrocardiogram Signals. *Computers*, 10(6), 82. <https://doi.org/10.3390/computers10060082>
- Astudillo, V., Revelo, D., & Muñoz, J. (2024). Clasificación de arritmias cardíacas usando redes neuronales convolucionales en muestras de ECG. *Revista EIA*, 21(41). <https://doi.org/10.24050/reia.v21i41.1719>
- Bai, X., Dong, X., Li, Y., Liu, R., & Zhang, H. (2024). A hybrid deep learning network for automatic diagnosis of cardiac arrhythmia based on 12-lead ECG. *Scientific Reports*, 14(1), 24441. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75531-w>
- Carralero-Paredes, A., Suárez-León, A., Soñora-Mengana, A., & García-Naranjo, J. (2021). Detección de arritmias a partir de la determinación de la frecuencia cardíaca con fotopleletismografía. *Orange Journal*, 3(5), 42-52. <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2021.5.05>
- Castro, T., Queiroz, E., Eduarda, M., Oliveira, T., Martins, J., Coelho, R., Magalhães, M., Parente, G., Strassacapa, C., Passaglia, R., & Lima, B. (2025). Principais tipos de arritmias cardíacas e seus manejos mais comuns. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 7(2), 2133-2149. <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n2p2133-2149>
- Chang, K., Hsieh, P., Wu, M., Wang, Y., Chen, J., Tsai, F., Shih, E., Hwang, M., & Huang, T. (2021). Usefulness of Machine Learning-Based Detection and Classification of Cardiac Arrhythmias With 12-Lead Electrocardiograms. *Canadian Journal of Cardiology*, 37(1), 94-104. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2020.02.096>
- Chen, T., Huang, C., Shih, E., Hu, Y., & Hwang, M. (2020). Detection and Classification of Cardiac Arrhythmias by a Challenge-Best Deep Learning Neural Network Model. *iScience*, 23(3), 100886. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.100886>
- Costa, A., Franco, A., Pereira, R., Gonçalves, M., & Nubile, E. (2024). Arritmias Cardíacas: Diagnóstico, Tratamento e Prevenção. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 6(2), 348-360. <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n2p348-360>
- Dhanka, S., & Maini, S. (2025). A hybrid machine learning approach using particle swarm optimization for cardiac arrhythmia classification. *International Journal of Cardiology*, 432, 133266. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2025.133266>
- Digumarthi, J., Gayathri, V., & Pitchai, R. (2023). Cardiac arrhythmia detection from ECG signal using Siamese adversarial neural network. *Multimedia Tools and Applications*, 83(14), 41457-41484. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17071-5>
- Estrada, M. (2024). Revisión Sistemática y Metaanálisis: Relojes Inteligentes versus Electrocardiograma Normal para la Detección de Arritmias Cardíacas. *Revista Médica Cunoc*, 1(1), 118-127. <https://cienciacunoc.org/index.php/revmed/article/view/17>
- Fácil, L., Vidal, R., Benedito, M., Sempere, M., Escobar, C., & Cordero, A. (2025). Predicción de morbimortalidad mediante inteligencia artificial aplicada al electrocardiograma: Un metanálisis. *REC: CardioClinics*, 60(4), 263-274. <https://doi.org/10.1016/j.rccl.2025.07.001>
- Jamil, S., & Rahman, M. (2022). A Novel Deep-Learning-Based Framework for the Classification of Cardiac Arrhythmia. *Journal of Imaging*, 8(3), 70. <https://doi.org/10.3390/jimaging8030070>

- Prado, V., Soares, E., Pezzi, S., Pinto, N., Dinizi, M., Gomes, D., Machado, N., Venero, A., Martínez, G., Machado, L., & Oliveira, H. (2025). Arritmia cardíaca e sua relação com o transtorno de pânico: Mecanismos, diagnóstico e abordagens terapêuticas. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 17(5), e8469. <https://doi.org/10.55905/cuadv17n5-123>
- Khatar, Z., Bentaleb, D., & Bouattane, O. (2024). Advanced detection of cardiac arrhythmias using a three-stage CBD filter and a multi-scale approach in a combined deep learning model. *Biomedical Signal Processing and Control*, 88, 105551. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.105551>
- Lin, W., Lin, C., Liu, W., Liu, W., Chang, C., Chen, H., Lee, C., Chen, Y., Wu, C., Lee, C., Wang, C., Liao, C., & Lin, C. (2025). Development of an Artificial Intelligence-Enabled Electrocardiography to Detect 23 Cardiac Arrhythmias and Predict Cardiovascular Outcomes. *Journal of Medical Systems*, 49(1), 51. <https://doi.org/10.1007/s10916-025-02177-0>
- Felipe, A., & Trindade, M. (2025). Detecção De Arritmias Cardíacas: Abordagem Da Derivação I Com Redes Neurais Híbridas. *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, 12(4). <https://doi.org/10.16891/2317-434X.v12.e4.a2024.pp4585-4600>
- Mogili, R., & Narsimha, G. (2022). A novel weighted approach for automated cardiac arrhythmia beat classification using convolutional neural networks. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 9(95). <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2021.876071>
- Mohebbanaaz, Y., & Kumari, L. (2025). A novel inference system for detecting cardiac arrhythmia using deep learning framework. *Neural Computing and Applications*, 37(16), 9759-9775. <https://doi.org/10.1007/s00521-025-11092-x>
- Oliveira, M., Lima, G., Santos, G., Vidal, G., Donato, M., Andrade, C., Silva, A., Neves, G, Santos, E., Guerra, J., Fernandes, H., Alves, L., Laurindo, T., Lessa, L., & Neto, A. (2025). Inteligência Artificial na cardiologia: Uma revisão das aplicações no diagnóstico e prevenção de doenças cardiovasculares. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 18(3), e16021. <https://doi.org/10.55905/revconv.18n.3-032>
- Pandey, S., Kumar, D., & Lal, B. (2025). Advanced detection of cardiac arrhythmias using machine learning algorithms on ECG data. *Neural Computing and Applications*, 37(32), 27381-27413. <https://doi.org/10.1007/s00521-025-11681-w>
- Patiño, D., Medina, J., Silva, R., Guijarro, A., & Rodríguez, J. (2023). Prediction of Arrhythmias and Acute Myocardial Infarctions using Machine Learning. *Ingenius*, 29, 79-89. <https://doi.org/10.17163/ings.n29.2023.07>
- Pinto, M. (2025). Aplicabilidade de Algoritmos de Aprendizado de Máquina no Diagnóstico de Arritmias – Quanto Tempo Até a Máquina Começar a nos Ensinar? *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 122(8), e20250405. <https://doi.org/10.36660/abc.20250405>
- Pratima, A., Gopalakrishna, K., & Prasad, S. (2025). A Comparative Analysis of Advanced Deep Learning Techniques for Accurate Cardiac Arrhythmia Classification. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(4), 25008-25013. <https://doi.org/10.48084/etasr.11333>
- Reznichenko, S., Whitaker, J., Ni, Z., & Zhou, S. (2025). Comparing ECG Lead Subsets for Heart Arrhythmia/ECG Pattern Classification: Convolutional Neural Networks and Random Forest. *CJC Open*, 7(2), 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2024.10.012>

- Sager, S., Bernhardt, F., Kehrle, F., Merkert, M., Potschka, A., Meder, B., Katus, H., & Scholz, E. (2021). Expert-enhanced machine learning for cardiac arrhythmia classification. *PLOS ONE*, 16(12), e0261571. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261571>
- Salinas-Arce, J., Alca-Clares, R., Gonzales-Luna, A., Cabrera-Saldaña, M., Mendoza-Novoa, P., Solórzano-Altamirano, P., & Guevara-Valdivia, M. (2022). Las arritmias en la amiloidosis cardiaca. *Archivos Peruanos de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 3(2), 82-97. <https://doi.org/10.47487/apcyccv.v3i2.217>
- Sampaio, F., Bacca, L., Branco, D., Lamb, I., & Weber, J. (2024). Transtornos de condução e arritmias cardíacas: Aspectos fisiológicos, diagnósticos e terapêuticos. *Brazilian Journal of Health Review*, 7(9), e75978. <https://doi.org/10.34119/bjhrv7n9-400>
- Santander, F., Hernández, N., Seck Tuoh, J., Medina, J., Barragán, I., & Anaya, G. (2023). A Novel Hybrid Model Based on Convolutional Neural Network With Particle Swarm Optimization Algorithm for Classification of Cardiac Arrhythmias. *IEEE Access*, 11, 55515-55532. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3282315>
- Silva, S., Lopes, T., & Moura, E. (2024). AVANÇOS RECENTES NO DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DAS ARRITMIAS. *Periódicos Brasil - Pesquisa Científica*, 3(2), 69-77. <https://doi.org/10.36557/pbpc.v3i2.42>
- Marinho, R., Xiao, J., Aimi, N., Borela, J., Machado, A., Lima, S., Vilharba, É., Marambaia, R., Rodrigues, V., Ferreira, J., Barros, R., Virgens, G., Gonçalves, K., & Oliveira, J. (2024). Avaliação e manejo de arritmias cardíacas em crianças: Uma revisão. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 6(3), 27-35. <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n3p27-35>
- Soto-Becerra, R., Taype-Rondan, Á., Cabrera-Saldaña, M., Guevara-Caicedo, C., Zelaya-Castro, P., Medina-Maguiña, J., Huerta-Robles, R., Junes-Gonzales, W., Aráoz-Tarco, O., Sangines-Montes, A., & Zegarra-Carhuas, R. (2021). Ablación de arritmias cardiacas empleando un sistema de mapeo electroanatómico tridimensional en el Instituto Nacional Cardiovascular—INCOR. *Archivos Peruanos de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 2(3), 150-158. <https://doi.org/10.47487/apcyccv.v2i3.147>
- Tuay, D. (2021). *Desarrollo de un sistema para clasificación de patologías cardiovasculares en señales electrocardiográficas (ECG) aplicando inteligencia artificial y cloud computing* [Trabajo de Grado]. Universidad de Pamplona, Repositorio Hulago Universidad de Pamplona. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/713>
- Vale, V., Sossi, L., Camara, F., Oliveira, F., Borges, G., Castro, H., Vieira, H., Vieira, I. A., & Pontes, H. (2021). Arritmias: Classificação e manejo em crianças / Arrhythmias: Classification and management in children. *Brazilian Journal of Health Review*, 4(2), 4475-4492. <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n2-040>
- Wang, W., Deng, G., Wu, G., Ye, Z., Wei, G., Lu, X., & Li, B. (2025). A 900-nW Wearable Interpatient Cardiac Arrhythmia Monitoring Processor With a Feature Engine-Based Artificial Neural Network. *IEEE Internet of Things Journal*, 12(14), 26328-26342. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2025.3561749>
- Yildirim, O., Talo, M., Ciaccio, E., Tan, R., & Acharya, U. (2020). Accurate deep neural network model to detect cardiac arrhythmia on more than 10,000 individual subject ECG records. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 197, 105740. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105740>

-
- Yoo, J., Jun, T., & Kim, Y. (2021). xECGNet: Fine-tuning attention map within convolutional neural network to improve detection and explainability of concurrent cardiac arrhythmias. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 208, 106281. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106281>
- Zhang, H., Liu, C., Tang, F., Li, M., Zhang, D., Xia, L., Zhao, N., Li, S., Crozier, S., Xu, W., & Liu, F. (2022). Cardiac Arrhythmia classification based on 3D recurrence plot analysis and deep learning. *Frontiers in Physiology*, 13, 956320. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.956320>

Transparencia

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

Los autores financiaron completamente la investigación.

Contribución de autoría

Alexander David Sandoval Vela: Conceptualización, software, validación, análisis formal, gestión de datos, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, recursos, supervisión.

Diego Paul Corrales Vargas: Metodología, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Jorge Luis Choca Alcocer: Conceptualización, análisis formal, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, recursos.

María Augusta Chafla Romero: Conceptualización, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, recursos.