

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE MEDICINA

"LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA."

Requisito previo para optar por el Título de Médico General

Modalidad: Artículo Científico

Autora: Barreno Mayorga, Lissette Katherine

Tutora: Md. Esp. Cruz Castillo Yessenia Magaly

Ambato – Ecuador

Septiembre, 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Artículo Científico sobre el tema:

"**LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**" desarrollado por Barreno Mayorga Lissette Katherine,estudiante de la Carrera de Medicina, considero que reúne los requisitos técnicos, científicos y corresponden a lo establecido en las normas legales para el proceso de graduación de la Institución; por lo mencionado autorizo la presentación de la investigación ante el organismo pertinente, para que sea sometido a la evaluación de docentes calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Ambato, septiembre del 2025

LA TUTORA



Md. Esp. Cruz Castillo, Yessenia Magaly

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los criterios emitidos en el Artículo de Revisión "**LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**" , como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones, son de autoría y exclusiva responsabilidad de la compareciente, los fundamentos de la investigación se han realizado en base a recopilación bibliográfica y antecedentes investigativos

Ambato, septiembre del 2025

LA AUTORA

Firmado electrónicamente por:
LISSETTE KATHERINE BARRENO MAYORGA
Validar únicamente con FirmaEC

Barreno Mayorga Lissette Katherine
C.C. 1850191915

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Md. Esp. Cruz Castillo, Yessenia Magaly con CC: 1718784711 en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**", Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Artículo de Revisión o parte de él, un documento disponible con fines netamente académicos para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo una licencia gratuita e intransferible, así como los derechos patrimoniales de mi Artículo de Revisión a favor de la Universidad Técnica de Ambato con fines de difusión pública; y se realice su publicación en el repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, siempre y cuando no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora, sirviendo como instrumento legal este documento como fe de mi completo consentimiento.

Ambato, septiembre 2025



.....

Md. Esp. Cruz Castillo, Yessenia Magaly
CC: 1718784711

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Barreno Mayorga Lissette Katherine con CC: 1850191915 en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**", Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Artículo de Revisión o parte de él, un documento disponible con fines netamente académicos para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo una licencia gratuita e intransferible, así como los derechos patrimoniales de mi Artículo de Revisión a favor de la Universidad Técnica de Ambato con fines de difusión pública; y se realice su publicación en el repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, siempre y cuando no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora, sirviendo como instrumento legal este documento como fe de mi completo consentimiento.

Ambato, septiembre 2025

Firmado electrónicamente por:
LISSETTE KATHERINE BARRENO MAYORGA
Validar únicamente con FirmaEC

.....

Barreno Mayorga Lissette Katherine

C.C1850191915

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Los miembros del Tribunal Examinador, aprueban en el informe del Artículo Científico:“ **LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**”, de Barreno Mayorga Lissette Katherine, estudiante de la Carrera de Medicina.

Ambato, septiembre 2025

Parar su constancia firma

……

Presidente

.....…… ..……..

1er Vocal 2 do Vocal

La editorial Científico-Técnica Ocronos y la revista Ocronos (ISSN: 2603-8358 - depósito legal CA-27-2019) representadas por el Dr. López González, Director Editorial, certifican que la publicación:

La inteligencia artificial para la interpretación del electrocardiograma. Estado actual y perspectivas futuras. Revisión bibliográfica

tiene asignado el siguiente Identificador de Objeto Digital (DOI - Digital Object Identifier:

https://doi.org/10.58842/NQOT7444

URL (página web de la publicación):
https://revistamedica.com/La inteligencia artificial para la interpretación del electrocardiograma. Estado actual y perspectivas futuras. Revisión bibliográfica

Y para que así conste, se expide la presente certificación en Cádiz, a 5 de mayo de 2025

Fdo. Dr. López González
Director Editorial
Revista OCRONOS (ocronos.com)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

NOTA: La revisión de originales de la Revista Ocronos se realiza mediante peer review (revisión por pares)

DEDICATORIA

Dedico este artículo científico a mis padres, **Serafín Barreno y Marcia Mayorga**, por ser el cimiento de mi formación, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Su ejemplo de perseverancia y compromiso ha sido una guía constante en mi vida académica y personal.
A mi hermano, **William Barreno**, por su acompañamiento, comprensión y por ser una fuente constante de motivación en los momentos de desafío.

Extiendo también mi más sincero agradecimiento a **Yessenia Cruz**, mi tutora, por su guía, dedicación y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo. Su acompañamiento académico ha sido fundamental para la culminación de este proceso investigativo.

A todos ustedes, mi gratitud profunda por haber sido parte esencial en la realización de este logro.

Barreno Mayorga, Lissette Katherine

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de este proceso, por iluminar mi camino y brindarme sabiduría, paciencia y serenidad para alcanzar esta meta.

A mis padres, **Serafín Barreno y Marcia Mayorga**, por su amor incondicional, sus enseñanzas y su apoyo constante, pilares fundamentales que han sostenido mi crecimiento personal y profesional.

A mi hermano, **William Barreno**, por su compañía, comprensión y por estar siempre presente con palabras de aliento y confianza en mis capacidades.

Expreso también mi profundo agradecimiento a la **Dra. Yessenia Cruz**, por su orientación, compromiso y dedicación como tutora de este trabajo; su acompañamiento fue clave para el desarrollo riguroso y exitoso de esta investigación.

A mis docentes, por compartir con generosidad sus conocimientos, por su compromiso con la formación académica y por motivarme a alcanzar la excelencia.

Finalmente, a la Universidad Técnica de Ambato, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y ser parte de esta etapa tan significativa en mi vida.

A todos, mi sincera gratitud.

Barreno Mayorga, Lissette Katherine

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta de gran valor para la interpretación del electrocardiograma (ECG), aportando una alta precisión diagnóstica y capacidad de predicción en patologías como arritmias, disfunción ventricular e infarto agudo de miocardio. Esta revisión analiza la literatura científica reciente sobre la aplicación de la IA en el análisis de ECG, destacando su rendimiento frente al método tradicional, los beneficios clínicos, las limitaciones técnicas y éticas, así como sus perspectivas futuras en el diagnóstico precoz y manejo de enfermedades cardiovasculares.

PALABRAS CLAVE: INTELIGENCIA ARTIFICIAL, ELECTROCARDIOGRAMA, ARRITMIAS, INSUFICIENCIA CARDÍACA, SÍNDROME CORONARIO AGUDO.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROCARDIOGRAM INTERPRETATION. CURRENT STATUS AND FUTURE PROSPECTS. LITERATURE REVIEW.

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) has emerged as a valuable tool for electrocardiogram (ECG) interpretation, providing high diagnostic accuracy and predictive capacity in pathologies such as arrhythmias, ventricular dysfunction, and acute myocardial infarction. This review analyzes recent scientific literature on the application of AI in ECG analysis, highlighting its performance compared to traditional methods, clinical benefits, technical and ethical limitations, as well as its future prospects for the early diagnosis and management of cardiovascular diseases.

KEY WORDS: ARTIFICIAL INTELLIGENCE, ELECTROCARDIOGRAM, ARRHYTHMIAS, HEART FAILURE, ACUTE CORONARY SYNDROME.

INTRODUCCIÓN

El electrocardiograma (ECG) es una herramienta fundamental en el área médica, puesto que es utilizada tanto por médicos generales como por especialistas a lo largo del tiempo gracias a la rapidez, sencillez y el bajo costo de esta prueba. El ECG no solo otorga una ventana a la electrofisiología y estructura cardiaca para la identificación de anormalidades y patologías cardiacas, sino también proporciona un acercamiento diagnóstico de afectaciones sistémicas como alteraciones electrolíticas y efectos tóxicos causados por medicamentos (1) (2).

La inteligencia artificial (IA) consiste en el procesamiento de una base de datos que incluye algoritmos de aprendizaje, obteniendo la capacidad de interpretar, predecir y decidir con autonomía a tal punto de alcanzar objetivos que de manera normal requieren de la función cognitiva; por ello están diseñados para imitar el comportamiento inteligente del cerebro humano (3)(4). La IA ha logrado revolucionar la medicina dado que en las últimas investigaciones se señala su capacidad para extraer información oculta del ECG, facilitando la clasificación e identificación de patologías junto con la predicción de futuras enfermedades (5).

En la actualidad, las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte a nivel mundial, con 17.9 millones de muertes cada año (6); de igual manera en Latinoamérica más de dos tercios de las causas de mortalidad se atribuye a las enfermedades cardiacas con un 31.3% (7); y en Ecuador en el año 2022 análogamente es la principal causa reportando 13.508 casos según los datos publicados por el INEC (8). Por lo que uno de los mayores desafíos en el área médica es la prevención, diagnóstico y manejo temprano de estas patologías (9).

Gracias a la IA el diagnóstico médico ha avanzado de manera sustancial; puesto que en los últimos años utilizando datos de ECG y otras mediciones de signos vitales se ha realizado investigaciones sobre las nuevas modalidades de aprendizaje profundo y automático, subdisciplinas de la IA, para prever el estado cardiovascular y ayudar al diagnóstico médico mejorando la interpretación del ECG (10).

Debido a que la realización e interpretación de un ECG son tareas especializadas, es necesario tener una formación y experiencia significativa, lo que conlleva a errores humanos, sin embargo con la ayuda de la IA se ha establecido una alta precisión para identificar precozmente anomalías cardíacas (10). A pesar del potencial de la IA en la medicina, existen ciertos obstáculos y cuestiones éticas que deben ser valorados al momento de implementar esta herramienta. La insuficiente capacidad de monitorizar, vigilar y rectificar el riesgo de decisiones poco razonadas conlleva a un problema ético de gran magnitud, dado el caso de que exista un diagnóstico errado basado en una decisión emitida por la IA, no se ha esclarecido si el responsable de la mala praxis es el médico o la empresa a cargo de la IA (11)(12).

Dado que la toma de decisiones complejas se convierte en un gran desafío para los algoritmos de la IA, no logra remplazar por completo al personal sanitario en un futuro cercano, pues es imprescindible el análisis y determinación del tratamiento necesario en cada paciente que hasta la actualidad solo puede otorgar el médico (13).

Por esta razón el propósito de esta revisión es evaluar el estado actual y las perspectivas futuras sobre la importancia e implicación del uso de la IA durante la interpretación del ECG junto con los beneficios y limitaciones que conlleva la implementación durante la práctica médica.

OBJETIVO GENERAL

Describir el estado actual de la inteligencia artificial y sus perspectivas futuras en la interpretación de los electrocardiogramas para una mejor precisión en el diagnóstico de patologías cardiacas mediante una revisión exhaustiva de la literatura científica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la importancia de la inteligencia artificial en la interpretación de electrocardiogramas y su impacto en la práctica clínica.

- Analizar la precisión de la inteligencia artificial en la interpretación de electrocardiogramas enfocado en tres patologías: las arritmias, disfunción ventricular izquierda y síndrome coronario agudo.
- Comparar la eficacia del método tradicional con el uso de la inteligencia artificial en la interpretación de electrocardiogramas.

METODOLOGÍA

Este artículo de revisión bibliográfica se desarrolló a partir de una importante pregunta siguiendo el modelo PICO, que propuso el motivo de esta revisión por lo que se realizó una búsqueda sistemática utilizando términos MeSH en las bases de datos electrónicas: PubMed, ScienceDirect, Google Scholar y Lancet.

En la estrategia de búsqueda, se utilizaron los siguientes términos MeSH: ("Artificial Intelligence"[Mesh]) AND "Electrocardiography"[Mesh] // (("Artificial Intelligence"[Mesh]) AND "Arrhythmias, Cardiac"[Mesh]) AND "Electrocardiography"[Mesh] // (("Artificial Intelligence"[Mesh]) AND "Heart Failure"[Mesh]) AND "Electrocardiography"[Mesh] // (("Artificial Intelligence"[Mesh]) AND "Acute Coronary Syndrome"[Mesh]) AND "Electrocardiography"[Mesh]

Criterios de inclusión:

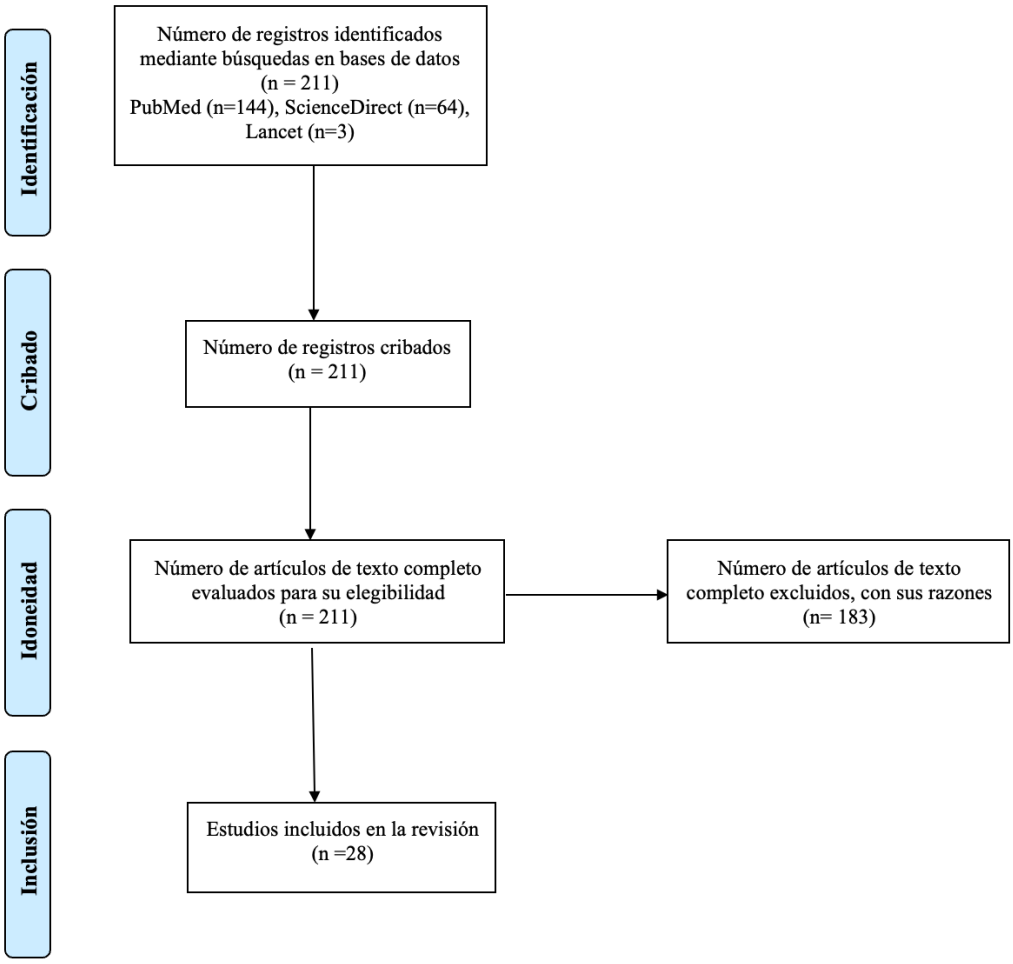
Se incluyeron metaanálisis, ensayos clínicos, ensayos controlados aleatorizados y revisiones sistemáticas sin restricción de idiomas, publicados en los últimos 5 años (2020-2024) sobre la inteligencia artificial y su aplicación en el electrocardiograma con un enfoque en tres patologías principales: arritmias, insuficiencia cardiaca y síndrome coronario agudo.

Criterios de exclusión:

Se excluyó libros, actas de conferencias y tesis de grado, además de artículos científicos que no cumplen el rango de tiempo establecido para su publicación junto con documentos no disponibles en texto completo.

Una vez eliminado los artículos duplicados y aquellos que no cumplen con los criterios de inclusión, la búsqueda arrojó 211 publicaciones elegibles, de los cuales se seleccionaron 28 artículos relevantes para el presente artículo de revisión bibliográfica mediante un análisis de su contenido.

Figura 1. Diagrama de flujo de cribado y selección de artículos mediante método PRISMA



Fuente: Elaboración propia.

DESARROLLO

RESULTADOS.

Tabla 1. Principales estudios incluidos en la revisión bibliográfica

Patología	***Autores***	***Título del artículo***	***Año de publicación***	***Tipo de artículo científico***	***Hallazgos principales***
Arritmias	Ribeiro A, et al. (14)	Automatic diagnosis of the 12-lead ECG using a deep neural network	2020	***Artículo de investigación original-estudio cuantitativo experimental***	Se entrenó un modelo de IA en el análisis del ECG con un conjunto de 2.322.513 registros de ECG de 1.676.384 pacientes para detectar seis arritmias: bloqueo auriculo ventricular de primer grado (1dAVb), bloqueo de rama derecha (RBBB), bloqueo de rama izquierda (LBBB), bradicardia sinusal (SB), fibrilación auricular (AF) y taquicardia sinusal (ST). Los resultados obtenidos del algoritmo IA-ECG para todas estas anomalías presentan puntuaciones F1 mayores al 80% y una especificidad mayor al 99%. Los mismos datos fueron valorados por médicos residentes de cuarto año en cardiología, tercer año en

					emergencia y estudiantes de quinto año de medicina general; obteniendo los resultados: - 1dAVb: La puntuación F1 alcanzada por el modelo de IA fue de 0.897, 0.776 por los médicos residentes en cardiología, 0.719 por los emergenciólogos y 0.732 por los estudiantes. La especificidad alcanzada por la IA fue de 99.7% siendo casi perfecta lo que garantiza un índice bajo de falsos positivos. - RBBB: La puntuación F1 de la IA fue de 0.944 mientras que de cardiología de 0.972, emergencia 0.852 y 0.736 por los estudiantes. La IA alcanzó una sensibilidad de 1.000 siendo una puntuación perfecta. - LBBB: La puntuación F1 que logró la IA fue de 1.000, demostrando un rendimiento perfecto, 0.981 para cardiología, 0.844 emergencia y 0.732 los estudiantes. La especificidad fue del 100% asegurando un diagnóstico correcto.

					- SB: La IA presentó una puntuación F1 de 0.882, cardiología 0.828, emergencia 0.787 y los estudiantes 0.732. - AF: Una puntuación F1 de 0.870 para la IA, 0.967 para cardiología, 0.772 en emergencia y 0.726 los estudiantes. La especificidad lograda por la IA fue del 99.9%. - ST: La IA con una puntuación F1 de 0.960, cardiología 0.882, emergencia 0.846 y los estudiantes 0.873. La especificidad lograda por la IA fue del 99.7%. En todas las métricas, el modelo de IA utilizado presentó un rendimiento consistente y superior para la detención correcta de todas las arritmias.
	Zhu H, et al. (15)	Automatic multilabel electrocardiogram diagnosis of heart rhythm or	***2020***	***Estudio de cohorte***	El conjunto de datos para entrenamiento y validación consistió en 180112 ECG de 70692 pacientes recolectados a partir del 1 de enero del 2012 hasta el 30 de abril del 2019. 828 ECG de 828 pacientes fueron utilizados como datos de prueba.

		conduction abnormalities with deep learning: a cohort study			Se categorizaron 21 ritmos específicos: normal; taquicardia y bradicardia sinusal; taquicardia, fibrilación y aleteo auricular; ritmo auricular, contracción prematura auricular; contracción prematura y ritmo de la unión; taquicardia supraventricular paroxística, taquicardia ventricular, contracción ventricular prematura, ritmo idioventricular, ritmo de estimulación artificial auricular y ventricular; bloqueos (de rama izquierda, auriculo-ventricular de primer y segundo grado Mobitz tipo I), síndrome de Wolff Parkinson White tipo A y B. Para garantizar con exactitud las etiquetas diagnósticas de los diferentes ECG de los datos para el entrenamiento y validación inicialmente fueron interpretados por médicos especialista en cardiologías y posteriormente avalados en consenso por un comité de cardiólogos certificados y en ejercicio activo. Para validar los resultados emitidos por el modelo de IA se compararon con diagnósticos emitidos por 53 médicos con una alta experiencia en interpretación de ECG.

					Los resultados obtenidos muestran que la IA utilizada para el diagnóstico de anomalías cardíacas acertó en el 80% (658 de 828 ECG) mientras que los médicos acertaron en un 67%, 69% y 75% según los años de experiencia de 0-6, 7-12 y más de 12 años respectivamente. La puntuación F1 media que obtuvo el modelo fue de 0.887 mientras que los médicos alcanzaron un 0.789. 0.815 y 0.831 respectivamente con los años de experiencia. En el AUC ROC el modelo obtuvo una media de 0.983 (IC 95%: 0.980-0.986), una sensibilidad de 0.867 y una especificidad de 0.995. El modelo de IA también fue aplicado a una basa de datos externa de ECG sin ser modificado y obtuvo puntuaciones F1 de 0.845 en ECG con múltiples anomalías y 0.852 en ECG con solo una anomalía.
	Chang K, et al. (16)	***Usefulness of Machine Learning-***	***2021***	***Artículo de investigación original-***	Desarrollaron un modelo de IA-ECG para la detección de 12 tipos de ritmos cardiacos (FA, aleteo auricular, latido prematuro auricular, bigeminismo ventricular,

		Based Detection and Classification of Cardiac Arrhythmias With 12-Lead Electrocardiograms		***estudio cuantitativo experimental***	bloqueo cardiaco completo, ritmo auricular ectópico, bloqueo AV de primer y segundo grado, ritmo sinusal normal, taquicardia supraventricular paroxística, taquicardia sinusal y latido ventricular prematuro) en un ECG de 12 derivaciones; el modelo de IA se entrenó y validó con 65932 señales de ECG digitales pertenecientes a 38899 paciente junto con las anotaciones realizadas por tres electrofisiólogos certificados para obtener un criterio unificado. Los resultados muestran que el modelo de IA desarrollado tiene una precisión ≥ 0.982 (0.982-1.0) para clasificar los 12 ritmos cardiacos, un AUC ≥ 0.987 (0.987-1.0) y una puntuación F1 ≥ 0.777 (0.777-1.0) para todas las clases de ritmos cardiacos. Para evaluar el desempeño de la IA se comparó la precisión del modelo y el tiempo de etiquetado con la generada por 10 médicos internistas, 8 emergenciólogos y 10 cardiólogos; resultando la IA superior con una precisión

					de 0.90 versus 0.55, 0.73 y 0.83 respectivamente. Además, el modelo consiguió realizar el etiquetado en un tiempo más corto (5.7 segundos).
	Nagarajan V, et al. (17)	Artificial intelligence in the diagnosis and management of arrhythmias	2021	***Artículo de revisión***	Mediante el uso de la inteligencia artificial (IA), principalmente la red neuronal profunda no supervisada, se ha logrado una precisión cercana al 95% para la determinación de arritmias. Menciona a Hannun et al quien desarrolló un modelo de IA para distinguir 12 arritmias a partir de 91 232 ECG de una sola derivación para entrenar y validar el algoritmo. Se comparó los resultados identificados con un comité de cardiólogos certificados, obteniendo un ROC de 0,97 frente a 0,78, demostrando la superioridad del algoritmo.
	Khurshid S, et al. (18)	ECG-Based Deep Learning and Clinical Risk Factors to	***2022***	***Estudio de cohorte retrospectivo***	El estudio utilizó tres diferentes modelos cuya función es predecir el riesgo de FA a 5 años: ECG-IA (basado en IA), CHARGE-AF (modelo de riesgo clínico de uso común para predicción de FA) y CH-AI (combinación del modelo de IA con CHARGE-AF). Los modelos fueron

		Predict Atrial Fibrillation			evaluados con tres conjuntos de datos de prueba (Massachusetts General Hospital-MGH, Brigham and Women´s Hospital-BWH y UK Biobank). La capacidad de cada uno de los modelos para predecir el desarrollo o no de FA se evaluó con el AUC-ROC obteniendo lo siguiente: - ECG-IA: 0.823 MGH, 0.747 BWH y 0.705 UK Biobank. - CHARGE-AF: 0.802 MGH, 0.752 BWH y 0.732 UK Biobank - CH-AI: 0.838 MGH, 0.777 BWH y 0.746 UK Biobank Obteniendo un mejor rendimiento al combinar el modelo basado en IA con el modelo CHARGE-AF
	Nosewort hy PA, et al. (19)	***Artificial intelligence-guided screening for atrial fibrillation using***	***2022***	***Ensayo intervencionista prospectivo no aleatorizado***	Se realizó un ensayo intervencionista no aleatorizado con 1003 pacientes provenientes de 40 estados de EE.UU. con una media de edad de 74 años, que presentaban factores de riesgo para un accidente cerebrovascular, pero sin diagnóstico previo de fibrilación auricular (FA). A estos pacientes se le

		electrocardiogram during sinus rhythm: a prospective non-randomised interventional trial			monitorizó el ritmo cardiaco de forma ambulatoria durante 30 días. Se aplicó un modelo de IA a los ECG de estos pacientes para la clasificación en bajo y alto riesgo para desarrollar FA, además se incluyeron nuevos participantes y se emparejaron mediante el método de puntaje de propensión (1:1) para un análisis secundario de control del mundo real y así evaluar la eficacia de la IA. Se detectó FA en el 1.6% (6 de 370 pacientes) y en un 7.6% (48 de 633 pacientes) en el grupo de bajo y alto riesgo respectivamente, con un IC del 95% 2.11-11.75 y un odds ratio de 4.98. Al comparar la detección habitual con la guiada por IA se obtuvo en el grupo de alto riesgo un 3.6% versus 10.6% mientras que en el grupo de bajo riesgo se obtuvo un 0.9% versus 2.4% respectivamente, siendo superior la IA- ECG para la detección de FA.
	Harmon D, et al. (20)	***Artificial Intelligence for the Detection***	***2023***	***Artículo de revisión***	En la Clínica Mayo se elaboró un algoritmo de IA a partir de 650000 ECGs para identificar FA paroxística en el ECG de pacientes con ritmo sinusal. Este algoritmo

		and Treatment of Atrial Fibrillation			logró un AUC de 0.87, y la precisión del modelo aumentó cuando se incluyó los ECGs obtenidos durante la ventana de interés (31 días antes del primer evento de FA registrado) alcanzando un AUC de 0.90
Insuficiencia cardiaca/ disfunción ventricular	Adedinsewo D, et al. (21)	Artificial Intelligence-Enabled ECG Algorithm to Identify Patients With Left Ventricular Systolic Dysfunction Presenting to the Emergency Department With Dyspnea	2020	***Estudio retrospectivo de validación de pruebas***	Se incluyeron 1.606 pacientes para identificar la presencia de disfunción sistólica del ventrículo izquierdo (DSVI), definido con una fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) menor o igual a 35%, mediante un algoritmo de inteligencia artificial aplicado en el electrocardiograma (IA-ECG); para la evaluación de la precisión diagnóstica se comparó con el resultado establecido por un ecocardiograma bidimensional. El algoritmo IA-ECG reconoció la DSVI con un área bajo la curva (AUC) de 0.89 y un 85.9% de precisión. En cuanto a la especificidad, la sensibilidad, el valor predictivo positivo y negativo son del 87%, 74%, 40% y 97% respectivamente. Para identificar una FEVI menor al 50%, el AUC fue del 0,85% con una sensibilidad,

					precisión y especificidad del 63%, 86% y 91% respectivamente. Al comparar con los valores del NT-proBNP con un punto de corte mayor a 800 para determinar nuevos pacientes con DSVI presentó un AUC de 0.80, revelando la superioridad del algoritmo AI-ECG para su diagnóstico.
	Kwon JM,et al. (22)	***Artificial intelligence assessment for early detection of heart failure with preserved ejection fraction based on electrocardiographic features***	***2021***	***Estudio de cohorte retrospectivo***	Realizaron un estudio de cohorte retrospectivo con 34103 pacientes de dos hospitales con el objetivo de evaluar el uso de la IA en el ECG para la detección de insuficiencia cardiaca con FEVI preservada (HFpEF). Los participantes en el estudio se sometieron durante una semana a ecografías y ECGs donde presentaron una FEVI normal. Para diseñar el modelo de IA se utilizó 32671 ECG de 20169 pacientes, 1979 ECG de 1979 pacientes para la validación interna y 11955 ECG de 11955 pacientes de un hospital diferente para la validación externa. Los resultados obtenidos para

					identificar HFpEF en un ECG de 12 derivaciones con IA son: - AUC de 0.866 (IC 95% 0.850-0.883) en la validación interna - AUC de 0.869 (IC 95% 0.860-0.877) en la validación externa. 2231 pacientes con resultados de ecografía para seguimiento, 1412 pacientes en la primera ecografía no presentaban HFpEF. La IA los subclasificó en grupos de alto y bajo riesgo para el desarrollo de HFpEF presentando los siguientes resultados: - Grupo de alto riesgo: el 33.6% desarrolló HFpEF - Grupo de bajo riesgo: el 8.4% desarrolló HFpEF Con una diferencia altamente significativa ($P < 0.001$). El análisis de la IA para identificar HFpEF principalmente se enfocó en el complejo QRS y la onda T, señalando que son áreas de importancia para predecir esta patología.

	Yao X, et al. (23)	***Artificial intelligence–enabled electrocardiograms for identification of patients with low ejection fraction: a pragmatic, randomized clinical trial***	***2021***	***Ensayo clínico pragmático y aleatorizado***	En el ensayo clínico pragmático y aleatorizado establecen el uso de la IA en el ECG para un diagnóstico precoz de la fracción de eyección baja (FEVI ≤50%). Se incluyó un total de 22.641 adultos sin insuficiencia cardíaca previa que acudieron a la atención primaria; se formó dos grupos de manera aleatorizada, intervención (11.573 pacientes con resultados obtenidos con IA) versus control (11.068 pacientes con atención normal). Los resultados obtenidos muestran un nuevo diagnóstico de FEVI baja dentro de los 90 días consecutivos al ECG en el 2.1% del grupo intervención y del 1.6% en el grupo control. En cuanto los pacientes identificados con una probabilidad elevada de desarrollar una FEVI baja 19,5% y 14,5% respectivamente.
	Vaid A, et al. (24)	***Using Deep-Learning Algorithms to***	***2022***	***Estudio multicéntrico***	Se llevó a cabo un estudio multicéntrico en cinco hospitales de Nueva York, de los cuales uno se utilizó como base de datos para validación externa. El objetivo

		Simultaneously Identify Right and Left Ventricular Dysfunction From the Electrocardiogram		***de cohorte retrospectivo.***	del estudio fue la aplicación de la IA en el ECG para clasificar la función ventricular izquierda mediante la FEVI según la definición universal de insuficiencia cardiaca y la disfunción sistólica o dilatación del ventrículo derecho. Realizaron un análisis exhaustivo de los datos ecográficos obtenidos de 147.636 pacientes, los cuales fueron emparejados con 715.890 ECGs, para determinar la FEVI. Para obtener la información de las características del ventrículo derecho junto con la función sistólica, se extrajo información de 404.502 ecografías emparejadas con 761.510 ECGs de 148.227 pacientes. Los resultados obtenidos del algoritmo de IA utilizado son los siguientes: *Clasificación de la FEVI:* En las pruebas internas presentó un AUC de: - 0.94 para FEVI ≤40% con un IC del 95%: 0.94-0.94 - 0.82 para FEVI 40% -50 % con un IC del 95%: 0.81-

					0.83 - 0.89 para FEVI >50% con un IC del 95%: 0.89-0.89 En la validación externa los resultados son similares, indicando un modelo de IA con alta precisión, con un AUC de 0.94 (IC del 95%: 0.94-0.95), 0.73 (IC del 95%: 0.72-0.74) y 0.87 (IC del 95%: 0.87-0.88) respectivamente. *Predicción de disfunción o dilatación ventricular derecha:* En las pruebas internas y en la validación externa el AUC fue de 0.84 con un IC del 95%: 0.84-0.84.
Síndrome coronario agudo	Wu L, et al. (25)	***Deep Learning Networks Accurately Detect ST-Segment Elevation***	***2022***	***Estudio retrospectivo***	Aplicaron la IA en el ECG de 12 derivaciones para la detección de infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST (STEMI) y los vasos involucrados, los resultados se compararon con los diagnósticos establecidos por médicos experimentados y especialistas en las áreas de cardiología, urgencias y

		Myocardial Infarction and Culprit Vessel			medicina interna. Posterior al análisis de los resultados de la angiografía coronaria, se incluyó 883 pacientes divididos en dos grupos, controles (506) y STEMI (377) tanto en datos internos como externos para el entrenamiento y validación del modelo de IA. Los resultados obtenidos son: - La IA-ECG obtuvo un AUC de 0.99 para identificar STEMI - Al determinar la arteria involucrada la IA-ECG presentó un AUC de 0.96 al tratarse de la arteria descendente anterior izquierda (LAD) y para diferenciar entre la arteria coronaria derecha (RCA) y la arteria circunfleja izquierda (LCX) alcanzó un AUC de 0.81. La prueba comparativa (IA versus interpretación médica) para distinguir STEMI la IA-ECG superó a los cardiólogos (AUC de 0.94), emergenciólogos (AUC de 0.92) e internistas (AUC de 0.91). En cuanto a la

					identificación del vaso afectado, no hubo diferencias significativas cuando está involucrada la LAD, obteniendo la IA un AUC de 0.81. En caso de estar afectada la LCX o RCA, presentó la IA una sensibilidad y especificidad de 0.70 siendo inferior a la alcanzada por los cardiólogos y emergenciólogos (0.75).
Estudios multifacéticos	Attia Z, et al. (26)	***Application of artificial intelligence to the electrocardiogram***	***2021***	***Artículo de revisión***	- El modelo de IA-ECG diseñado por los autores para la detección de disfunción ventricular sistólica (FEVI ≤ 35%) entrenado con 50.000 pares de ECGs-ecocardiogramas alcanzó un AUC de 0.93 en el grupo poblacional no vista con anterioridad por la IA. - El modelo de IA-ECG diseñado para la identificación de FA silenciosa se entrenó con 1 millón de ECGs pertenecientes a pacientes sin FA (grupo control) y pacientes con FA episódica (grupo casos). La IA únicamente fue entrenada con ECGs de ritmo sinusal tanto para el grupo control como para el grupo casos. El modelo de IA-ECG alcanzó una precisión del 79.4%, AUC 0.87 en la detección de FA

					paroxística en ECG con ritmo sinusal. La precisión del modelo mejoró a un AUC de 0.90 tras la integración de todos los ECG registrados durante la ventana de interés (31 días previos al registro del primer episodio de FA) - El algoritmo de IA-ECG utilizada para la detección del síndrome de QT largo (SQTL) fue entrenado con ECGs pertenecientes a 250.767 pacientes, se probó en 107.920 paciente y se validó en 179.513 pacientes diferentes, para determinar la precisión del modelo se utilizó como estándar del QTc sobreleído por el médico especialista en cardiología. El punto de corte del QTc fue mayor a 500 ms, obteniendo la IA-ECG un AUC de 0.97, una sensibilidad del 80% junto con una especificidad del 94.4%, señalando su alta precisión como método de identificación del SQTL. Otro algoritmo programado por los autores logra identificar un SQTL oculto alcanzando un AUC de 0.863.

	Raileanu G, et al. (4)	***Electrocardiogram Interpretation Using Artificial Intelligence: Diagnosis of Cardiac and Extracardiac Pathologic Conditions. How Far Has Machine Learning Reached?***	***2024***	***Artículo de revisión***	Tras realizar una revisión sistemática los resultados obtenidos de la aplicación de la IA para la detección de un síndrome coronario agudo (SCA) demuestran varios algoritmos de IA-ECG desarrollados por diferentes autores, que logran un alto grado de precisión: - Tadesse et al. alcanzó un AUC-ROC de 85.2% para detectar infarto agudo de miocardio - Choi et al. con un AUC-ROC 0.998 para detectar infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST (STEMI) y 0.99 para determinar el vaso afectado. - Gibson et al con un modelo que alcanza la precisión del 90.5% para detectar STEMI. Por otro lado, los resultados analizados de la IA para detectar DSVI e insuficiencia cardiaca muestra un AUC alto, inclusive superando las pruebas comunes como el NT-proBNP. Con el algoritmo utilizado por Kashou et al para detectar una FEVI menor o igual a 35% alcanzó un AUC de 0.93, una sensibilidad y especificidad mayor al

					85%; en pacientes con una FEVI menor al 40% obtuvo un AUC de 0.97.
	Herman R, et al. (27)	***Validation of an automated artificial intelligence system for 12-lead ECG interpretation***	***2024***	***Estudio retrospectivo no aleatorizado***	Entrenaron un sistema desarrollado con IA para la interpretación de 20 patrones de importancia (establecidos en 6 categorías: ritmo, SCA, anormalidades en la conducción, ectopia, crecimiento de las cámaras y eje) en un ECG de 12 derivaciones. El modelo fue entrenado con 932711 ECG de 12 derivaciones pertenecientes a 173949 pacientes, las etiquetas fueron validadas en consenso por dos cardiólogos expertos. La IA obtuvo puntuaciones F1 altas en todas las categorías: - Ritmo: 0.957 - SCA: 0.925

					- Anormalidades en la conducción: 0.893 - Ectopia: 0.966 - Crecimiento de las cámaras 0.972 Eje: 0.897.

DISCUSIÓN.

La IA en la actualidad tiene una gran implicación en el ECG, mostrando mayor auge en la interpretación y diagnóstico temprano de arritmias, insuficiencia cardíaca y cambios en el segmento ST.

Arritmias cardiacas.

Posterior al análisis de los resultados de diferentes estudios de IA enfocados en múltiples tipos de arritmias muestran un avance importante en el reconocimiento y diagnóstico temprano de las mismas, principalmente en la fibrilación auricular; es así que se ha demostrado que la IA alcanza una precisión mayor al 99% en el diagnóstico y predicción de arritmias. A pesar de la diferencia en la metodología utilizada en cada uno de los estudios, todos señalan que los algoritmos de IA tienen la capacidad de distinguir patrones de riesgo y señales electrocardiográficas importantes que pueden pasar por alto ante el ojo humano, lo cual mejora el manejo y pronóstico de estas enfermedades cardiacas.

Los resultados presentados por los diferentes estudios incluidos en esta revisión confirman la superioridad de los algoritmos de IA para analizar ECG basándose en la sensibilidad, especificidad, puntuación F1 y AUC. El modelo presentado por Ribeiro et al (14) alcanza una puntuación F1 mayor al 80% para identificar seis tipos de arritmias, incluso obtiene una especificidad del 100% cuando se trata de reconocer bloqueos de rama izquierda. De igual manera se puede evidenciar que con otros algoritmos de IA para interpretar ECG logran precisiones similares pues Chang et al. (16) destaca una precisión de 98.2% junto con un AUC en promedio mayor a 0.987, es así que cuando el AUC es más cercano a 1 indica un rendimiento y precisión de este algoritmo de IA excelente y perfecta, destacando la solidez de los modelos de IA en múltiples ritmos cardiacos.

Zhu et al. (15), desarrolla un estudio más amplio lo cual permite distinguir la capacidad que tienen estos modelos para balancear de manera excepcional la

detección de arritmias y minimizar los falsos positivos, ya que el modelo de IA de este estudio usado para 21 ritmos cardiacos alcanzó una media de 0.983 en el AUC, 86.7% de sensibilidad y 99.5% de especificidad. Incluso con el estudio de Khurshid S, et al (18) aporta hallazgos innovadores principalmente enfocado en el riesgo a largo plazo de que un paciente desarrolle FA, tal es el caso que obtuvo un AUC de 0.823, 0.747 y 0.705 en sus diferentes modelos, demostrando que se puede aplicar en diferentes grupos poblaciones y con bases de datos externas sin afectar el rendimiento y precisión diagnóstica. Por lo que se puede inferir la significancia de estos resultados, proporcionando información robusta para la identificación de pacientes con riesgo de FA a partir de un EKG en ritmo sinusal ande de que sea clinicamente evidente, permitiendo asi un tratamiento oportuno con el objetivo de mejorar la calidad de vida, resultados reforzados con el estudio de Harmos D, et al. (20) debido a que su algoritmo de IA implementado en la Clínica Mayo obtiene datos similares. De la misma forma, el hecho de incluir datos clínicos en el algoritmo de IA optimiza el rendimiento y la eficacia predictiva, según señalan los resultados de este estudio.

La precisión alcanzada por los diversos modelos de IA es realmente alta tanto al momento de clasificar arritmias complejas como ritmos cardiacos menos comunes, lo cual permite un diagnóstico precoz de las mismas y un oportuno tratamiento en caso de ser necesario. Chang et al. (16) en su estudio muestra la precisión alcanzada para identificar específicamente 12 ritmos gracias a su algoritmo de IA, la cual oscila entre 98.2% y 100%, alcanzando la perfección. Asimismo, con el estudio de Ribeiro et al. (14), se puede corroborar la alta precisión de la IA en el EKG, pues obtuvo una sensibilidad del 100% al momento de diagnosticar RBBB, incluso superando a los médicos en los diferentes grados de experiencia y especialidad. Es así que gracias a estos resultados se puede interpretar la gran importancia que puede tener la IA en el EKG pues facilitaría de manera acertada el diagnóstico de arritmias cardiacas principalmente donde hay un déficit de especialistas.

Al analizar los estudios presentados en términos de probabilidad diagnóstica, Noseworthy, et al. (19) enfocado en la fibrilación auricular y la capacidad para predecir el riesgo de esta arritmia según el análisis de diferentes factores de riesgo de los pacientes, logra un odss ratio de 4.98. es decir que los pacientes clasificados como alto riesgo según la IA, tienen una probabilidad de 5 veces más de desarrollar FA en relación con aquellos pacientes determinados como de bajo riesgo. Esto puede permitir intervenciones preventivas y mejorar el manejo de aquellos pacientes con alto riesgo de FA.

Con diferentes estudios se evidencia que el algoritmo de la IA presenta una sensibilidad mayor que la de los médicos (emergenciólogos, cardiólogos, médicos residentes y estudiantes) para identificar una arritmia al igual que una ventaja en cuanto a precisión y tiempo de análisis(9) (28). Por ejemplo, en el estudio de Ribeiro A, et al. (14) muestra la elevada precisión de su algoritmo al alcanzar puntuaciones F1 mayores al 80 % y con una especificidad cerca del 99%. De igual forma este modelo de IA superó a las interpretaciones emitidas por los médicos residentes, emergenciólogos y estudiantes, con mayor énfasis en aquellas arritmias complejas, con una puntuación F1 y especificidad perfecta (1.000 y 100% respectivamente). Similarmente Zhu et al. y Nagarajan V. et al., demuestran que sus algoritmos al momento del diagnóstico de arritmias acertó en un 80% y 95% de los casos respectivamente, superando de manera significativa a médicos experimentas, pues solo tuvieron un rango de precisión entre el 67 y 75% (15) (17). Estos niveles de precisión de los diferentes algoritmos de IA que lograron una superioridad inclusive mayor a de cardiólogos experimentados otorgan un aporte esencial en entornos donde la experiencia para el análisis de EKG es limitada o no se cuenta con suficientes especialistas para gran volumen de pacientes, proporcionando así una herramienta que ayudaría en la eficiencia y calidad del cuidado médico hacia el paciente.

Asimismo, en referencia al tiempo de análisis, Chang et al. emite un enfoque de la IA con una superioridad al comparar con diferentes especialistas y grados de experiencia, pues la IA logra etiquetar los EKG en un tiempo menor a 5.7

segundos, siendo de gran importancia este tiempo de análisis cuando se enfrenta casos de emergencia donde el tratamiento a otorgar requiere ser específico, efectivo y rápido (16).

Aplicación de la IA para la identificación de Insuficiencia Cardiaca:

Al igual que la incorporación de la IA en el electrocardiograma para identificar las arritmias, también tiene un gran impacto en la insuficiencia cardiaca. Gracias a este enfoque se puede complementar los métodos clínicos para otorgar diagnósticos más precisos sin necesidad de utilizar un ecocardiograma. El algoritmo de IA-ECG presentado en el estudio de Adedinsewo et al. (21) recalca su precisión para identifica la disfunción sistólica del ventrículo izquierdo pues obtiene una AUC de 0.89; estos datos son respaldados con un sensibilidad y especificidad del 74 y 87% respectivamente, con valores predictivo positivo del 40% y negativo del 97%. Al momento de identificar una FEVI ≤ 50%, la especificidad del algoritmo se mantiene alta con una puntuación del 91% a pesar de tener moderada sensibilidad (63%), lo cual indica la certeza con la cual se puede descartar falsos positivos; punto clave al momento de establecer un diagnostico y su posterior tratamiento. Además, la IA muestra una superioridad diagnóstica al comparar con uno de los métodos tradicionales de diagnóstico de insuficiencia cardiaca como es el uso del NT-proBNP, pues este alcanzó una AUC de 0.80, demostrando así que en un EKG con ayuda de la IA ya se puede obtener el diagnóstico de esta patología sin necesidad de otro estudio complementario (4).

Por otro lado, cuando se habla de una insuficiencia cardiaca con FEVI preservada (HFpEF), Kwon et al demuestra con su algoritmo la robustez para la detección de la misma con una AUC de 0.869 con validación externa, este desempeño tanto en cohortes internas como externas respalda el uso del modelo de manera generalizada en todo tipo de pacientes, haciendo énfasis en el análisis de la onda T y el complejo QRS como marcadores predictivos.

De igual forma, Vaid et al (24) y Yao et al (23), demuestran la alta precisión para el diagnóstico de disfunción ventricular izquierda con FEVI reducida, el primer estudio obtiene una AUC de hasta 0.94 al momento de diagnosticar una FEVI ≤ 40%, recalcando como herramienta confiable a la IA inclusive en contextos multicéntricos puesto que los datos recopilados provienen de múltiples hospitales y centros de investigación, validando asi los resultados. Adicionalmente, Yao et al. y Attia et al (26). refuerza estos datos, destacando la fortaleza diagnóstica de la IA de maneta precoz durante la práctica clínica en atención primaria .

Todos estos resultados confirmar la importancia y utilidad de la IA-ECG como herramienta de alta precisión diagnóstica y un método de confianza para diagnosticar y clasificar la falla cardiaca.

El estudio de Kwon et al. (22) realza la facultad que presenta la IA para identificar y estratificar el riesgo de HFpEF con validación de fiabilidad del algoritmo gracias a pruebas internas y externas realizadas por el autor, demostrando que tiene la capacidad de dividir en grupo de bajo y alto riesgo, de los cuales el 33.6% clasificados como alto riesgo posteriormente desarrolló HFpEF, mientras que solo un 8.4% del grupo de bajo riesgo presentaron esta patología; lo cual indica una perspectiva pronóstica de importancia con implicación al momento de la prevención y tratamiento oportuno.

A pesar de todos los datos proporcionados, y demostrar que la IA puede superar los métodos tradicionales para la identificación de insuficiencia cardiaca, es importante recalcar que existen limitaciones puesto que la sensibilidad de todos los algoritmos presentas puede ser menor cuando se trata de subgrupos especiales como aquellos pacientes con múltiples comorbilidades de gran complejidad o ante una presentación atípica.

La IA en el síndrome coronario agudo:

A pesar de que es necesario mayores estudios en cuanto a la aplicación de la IA en la detección del síndrome coronario, ya hay evidencia sobre algoritmos de IA-ECG con clara evidencia para identificar un infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST (STEMI), como es el caso de Wu et al (25). quien demuestra con un AUC de 0.99, inclusive superando al ojo médico pues en diferentes especialidades como son: cardiólogos, emergenciólogos e internistas únicamente alcanzaron un AUC de 0.94, 0.92 y 0.91 respectivamente. Lo que indica la confiabilidad que se puede tener al detectar un STEMI únicamente con la ayuda de la IA. De igual forma, la IA ha llegado a identificar el vaso afectado con gran precisión, principalmente cuando se trata de vasos afectados más comunes, pues cuando se trata de la arteria descendente anterior izquierda tiene un AUC de 0.96, pero esta precisión disminuye cuando se trata de otros vasos como la arteria coronaria derecha o la circunfleja izquierda. Los algoritmos de Gibson et al y Choi et al explicados en el estudio de Railenau et al.(4) muestran resultados similares alcanzando un AUC de 0.998 para STEMI y 0.99 para el vaso afectado, lo que evidencia el alto nivel de precisión ademas de que se alinea con los hallazgos expuestos con anterioridad, esto demuestra que los diversos modelos de IA concuerdan en esta área.

CONCLUSIONES.

La incorporación de la IA en la práctica clínica puede llegar a transformar la atención médica principalmente en el área de cardiología, puesto que facilita el diagnóstico con gran precisión, principalmente si se enfoca en escenarios donde hay limitaciones de recursos o experiencia, ya que al ser una herramienta no invasiva se puede implementar a gran escala. Asimismo, los modelos enfocados a identificar a pacientes con un alto riesgo de desarrollar algún tipo de arritmia como por ejemplo la FA mucho antes de que el paciente presente manifestaciones clínicas, ofrece una oportunidad para establecer estrategias preventivas como un monitoreo continuo e inicio temprano de anticoagulación,

lo cual permite reducir complicaciones graves de esta arritmia como un accidente cerebrovascular, transformando así la prevención primaria en el área cardiaca.

Asimismo, cuando se trata de patologías que ocasionan una alta morbimortalidad como es la insuficiencia cardiaca y el síndrome coronario agudo, la IA aplicada al ECG es una herramienta con alta precisión para estos diagnósticos superando a los métodos convencionales facilitando así su diagnóstico. Incluso el hecho de poder identificar esta patología antes de presentar síntomas o alteraciones en otros estudios permite mejorar la estratificación de riesgo y su respectivo tratamiento, esto reduce la carga sanitaria y mejora la calidad de vida.

Es importante recalcar que la inteligencia artificial ha sido creada como una herramienta complementaria, para asistir la atención médica y no sebe ser vista como un reemplazo para el médico, puesto que el paciente debe ser analizado como un todo para emitir hipótesis diagnósticas y su posterior tratamiento, factores que son integrados y estudiados por el médico.

Es necesario un mayor número de investigaciones para validar los estudios existentes con cohortes más diversas y en escenarios de atención primaria para recalcar su validez en la práctica clínica.

RECOMENDACIONES.

Se recomiendo la implementación de la inteligencia artificial en el sistema de salud ecuatoriano en ámbito clínicos de manera progresiva, principalmente en la atención primaria, asegurando siempre la supervisión por médicos capacitados para validar sus resultados.

Es fundamental fomentar la investigación en este tema por lo que se sugiere realizar estudios multicéntricos con diversidad poblacional ecuatoriana para facilitar la implementación en este país, con el objetivo de ser considerada una herramienta de apoyo para la mejora diagnóstica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Siontis KC, Noseworthy PA, Attia ZI, Friedman PA. Artificial intelligence-enhanced electrocardiography in cardiovascular disease management. Nat Rev Cardiol [Internet]. 2021;18(7):465–78. Available from: https://doi.org/10.1038/s41569-020-00503-2
2. Safdar MF, Nowak RM, Pałka P. Pre-Processing techniques and artificial intelligence algorithms for electrocardiogram (ECG) signals analysis: A comprehensive review. Comput Biol Med. 2024;170.
3. Feeny AK, Chung MK, Madabhushi A, Attia ZI, Cikes M, Firouznia M, et al. Artificial Intelligence and Machine Learning in Arrhythmias and Cardiac Electrophysiology. Circ Arrhythm Electrophysiol. 2020 Aug;13(8):e007952.
4. Raileanu G, de Jong JSSG. Electrocardiogram Interpretation Using Artificial Intelligence: Diagnosis of Cardiac and Extracardiac Pathologic Conditions. How Far Has Machine Learning Reached? Curr Probl Cardiol [Internet]. 2024;49(1):102097. Available from: https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.102097
5. Khurshid S. Clinical perspectives on the adoption of the artificial intelligence-enabled electrocardiogram. J Electrocardiol [Internet]. 2023;81(August):142–5. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2023.08.014
6. Organización Mundial de la Salud O. Las enfermedades del corazón siguen siendo la principal causa de muerte en las Américas. 2021.
7. López-Jaramillo P, López-López JP. Factores de riesgo y muerte cardiovascular en América del Sur. Clínica e Investig en Arterioscler. 2023 Jul 1;35(4):195–200.
8. Instituto Nacional de Estadística y Censos I. Estadísticas Vitales. Registro Estadístico de Defunciones Generales de 2022. 2023.
9. Martínez-Sellés M, Marina-Breysse M. Current and Future Use of Artificial Intelligence in Electrocardiography. J Cardiovasc Dev Dis. 2023;10(4).
10. Chung CT, Lee S, King E, Liu T, Armoundas AA, Bazoukis G, et al. Clinical

significance, challenges and limitations in using artificial intelligence for electrocardiography-based diagnosis. Int J Arrhythmia [Internet]. 2022;23(1). Available from: https://doi.org/10.1186/s42444-022-00075-x

11. Di Costanzo A, Spaccarotella CAM, Esposito G, Indolfi C. An Artificial Intelligence Analysis of Electrocardiograms for the Clinical Diagnosis of Cardiovascular Diseases: A Narrative Review. J Clin Med. 2024;13(4).
12. Danilov A, Aronow WS. Artificial Intelligence in Cardiology: Applications and Obstacles. Curr Probl Cardiol. 2023 Sep;48(9):101750.
13. Ben Ali W, Pesaranghader A, Avram R, Overtchouk P, Perrin N, Laffite S, et al. Implementing Machine Learning in Interventional Cardiology: The Benefits Are Worth the Trouble. Front Cardiovasc Med. 2021;8(December).
14. Ribeiro AH, Ribeiro MH, Paixão GMM, Oliveira DM, Gomes PR, Canazart JA, et al. Automatic diagnosis of the 12-lead ECG using a deep neural network. Nat Commun [Internet]. 2020;11(1):1–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-15432-4
15. Zhu H, Cheng C, Yin H, Li X, Zuo P, Ding J, et al. Automatic multilabel electrocardiogram diagnosis of heart rhythm or conduction abnormalities with deep learning: a cohort study. Lancet Digit Heal [Internet]. 2020;2(7):e348–57. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30107-2
16. Chang KC, Hsieh PH, Wu MY, Wang YC, Chen JY, Tsai FJ, et al. Usefulness of Machine Learning-Based Detection and Classification of Cardiac Arrhythmias With 12-Lead Electrocardiograms. Can J Cardiol [Internet]. 2021;37(1):94–104. Available from: https://doi.org/10.1016/j.cjca.2020.02.096
17. Nagarajan VD, Lee SL, Robertus JL, Nienaber CA, Trayanova NA, Ernst S. Artificial intelligence in the diagnosis and management of arrhythmias. Eur Heart J. 2021;42(38):3904–16.
18. Khurshid S, Friedman S, Reeder C, Di Achille P, Diamant N, Singh P, et al. ECG-Based Deep Learning and Clinical Risk Factors to Predict Atrial Fibrillation. Circ AHA/ASA Journals. 2022;145(2):122–33.

19. Noseworthy PA, Attia ZI, Behnken EM, Giblon RE, Bews KA, Liu S, et al. Artificial intelligence-guided screening for atrial fibrillation using electrocardiogram during sinus rhythm: a prospective non-randomised interventional trial. Lancet [Internet]. 2022;400(10359):1206–12. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673622016373
20. Harmon DM, Sehrawat O, Maanja M, Wight J, Noseworthy PA. Artificial Intelligence for the Detection and Treatment of Atrial Fibrillation. Arrhythmia Electrophysiol Rev. 2023;12.
21. Adedinsewo D, Carter RE, Attia Z, Johnson P, Kashou AH, Dugan JL, et al. Artificial Intelligence-Enabled ECG Algorithm to Identify Patients With Left Ventricular Systolic Dysfunction Presenting to the Emergency Department With Dyspnea. Circ Arrhythmia Electrophysiol. 2020;13(8):E008437.
22. Kwon JM, Kim KH, Eisen HJ, Cho Y, Jeon KH, Lee SY, et al. Artificial intelligence assessment for early detection of heart failure with preserved ejection fraction based on electrocardiographic features. Eur Hear J - Digit Heal. 2021;2(1):106–16.
23. Yao X, Rushlow DR, Inselman JW, McCoy RG, Thacher TD, Behnken EM, et al. Artificial intelligence–enabled electrocardiograms for identification of patients with low ejection fraction: a pragmatic, randomized clinical trial. Nat Med [Internet]. 2021;27(5):815–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1038/s41591-021-01335-4
24. Vaid A, Johnson KW, Badgeley MA, Somani SS, Bicak M, Landi I, et al. Using Deep-Learning Algorithms to Simultaneously Identify Right and Left Ventricular Dysfunction From the Electrocardiogram. JACC Cardiovasc Imaging. 2022;15(3):395–410.
25. Wu L, Huang G, Yu X, Ye M, Liu L, Ling Y, et al. Deep Learning Networks Accurately Detect ST-Segment Elevation Myocardial Infarction and Culprit Vessel. Front Cardiovasc Med. 2022;9(March):1–11.
26. Attia ZI, Harmon DM, Behr ER, Friedman PA. Application of artificial

intelligence to the electrocardiogram. Eur Heart J. 2021 Dec;42(46):4717–30.

27. Herman R, Demolder A, Vavrik B, Martonak M, Boza V, Kresnakova V, et al. Validation of an automated artificial intelligence system for 12-lead.pdf. J Electrocardiol. 2024;82:147–54.

28. Zhu Z, Lan X, Zhao T, Guo Y, Kojodjojo P, Xu Z, et al. Identification of 27 abnormalities from multi-lead ECG signals: An ensembled SE_ResNet framework with Sign Loss function. Physiol Meas. 2021;42(6).