

## Electrofisiología del corazón humano: de la bioelectricidad celular a las aplicaciones clínicas

### *Electrophysiology of the human heart: from cellular bioelectricity to clinical applications*

**Edwin Gilberto Choca Alcoser \***  
Universidad Nacional de Chimborazo  
Riobamba - Ecuador  
echoca@unach.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-4889-5395>

**Jorge Luis Choca Alcoser**  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
Riobamba - Ecuador  
luis.choca@epoch.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0006-2905-0249>

**Lessly Yessenya Choca Higuera**  
Universidad Nacional de Chimborazo  
Riobamba - Ecuador  
lychoca.fsl@unach.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0009-1876-4352>

\*Correspondencia:  
echoca@unach.edu.ec

**Cómo citar este artículo:**  
Choca, E., Choca, J., & Choca, L. (2025).  
Electrofisiología del corazón humano: de la  
bioelectricidad celular a las aplicaciones  
clínicas. *Esprint Investigación*, 4(2), 21-33.  
<https://doi.org/10.61347/ei.v4i2.142>

**Recibido:** 19 de mayo de 2025

**Aceptado:** 18 de junio de 2025

**Publicado:** 3 de julio de 2025

**Resumen:** La electrofisiología cardíaca humana ha experimentado una evolución, pasando del estudio de los mecanismos bioeléctricos celulares, como la generación y propagación de potenciales de acción y la función de los canales iónicos, a su aplicación clínica en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades cardíacas. El presente estudio tuvo como objetivo realizar un análisis bibliométrico de la producción científica relacionada con este campo, con el fin de identificar su evolución temporal, los actores más influyentes y las principales áreas temáticas abordadas. Para ello, se recuperaron estudios desde la base de datos Scopus mediante una estrategia de búsqueda enfocada en términos clave vinculados a la electrofisiología, la bioelectricidad celular y sus aplicaciones clínicas. Se analizaron un total de 409 publicaciones utilizando el software Bibliometrix, a través de su interfaz Biblioshiny. Los resultados evidenciaron un crecimiento sostenido en la producción científica, con un notable incremento en las últimas dos décadas. Revistas de alto impacto, como *Cardiovascular Research* y *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, junto con autores como Dobrev D. y Nattel S., destacaron por su influencia en el campo. Asimismo, Estados Unidos, Alemania y Reino Unido fueron los países con mayor frecuencia de contribuciones, mientras que los términos más recurrentes reflejan el interés sostenido por los mecanismos celulares y su aplicación clínica. Las redes de colaboración revelaron una fuerte interconexión entre instituciones europeas y norteamericanas. En conclusión, este estudio proporciona una visión integral de la evolución, actores clave y tendencias temáticas en electrofisiología cardíaca, ofreciendo un marco útil para orientar futuras investigaciones en el área.

**Palabras clave:** Análisis bibliométrico, arritmias cardíacas, bioelectricidad celular, electrocardiología, electrofisiología cardíaca, investigación científica.

**Abstract:** Human cardiac electrophysiology has undergone significant evolution, transitioning from the study of cellular bioelectrical mechanisms such as the generation and propagation of action potentials and the function of ion channels to its clinical application in the diagnosis and treatment of heart diseases. The present study aimed to conduct a bibliometric analysis of the scientific output related to this field, in order to identify its temporal evolution, the most influential contributors, and the main thematic areas addressed. To achieve this, studies were retrieved from the Scopus database using a search strategy focused on key terms related to electrophysiology, cellular bioelectricity, and their clinical applications. A total of 409 publications were analyzed using the Bibliometrix software through its Biblioshiny interface. The results revealed a sustained growth in scientific output, with a notable increase over the past two decades. High-impact journals, such as *Cardiovascular Research* and *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, along with authors like Dobrev D. and Nattel S., stood out for their influence in the field. Similarly, the United States, Germany, and the United Kingdom were the countries with the highest frequency of contributions, while the most frequently used terms reflected ongoing interest in cellular mechanisms and their clinical application. Collaboration networks revealed strong interconnections among European and North American institutions. In conclusion, this study provides a comprehensive overview of the evolution, key contributors, and thematic trends in cardiac electrophysiology, offering a useful framework to guide future research in the field.

**Copyright:** Derechos de autor 2025 Edwin Gilberto Choca Alcoser, Jorge Luis Choca Alcoser, Lessly Yessenya Choca Higuera.



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

**Keywords:** Bibliometric analysis, cardiac arrhythmias, cardiac electrophysiology, cellular bioelectricity, electrocardiology, scientific research.

## 1. Introducción

La electrofisiología es una disciplina que analiza los fenómenos eléctricos en células y tejidos biológicos. En el caso del corazón, órgano vital por excelencia, su correcto funcionamiento depende de señales eléctricas precisas que permiten mantener un ritmo adecuado y asegurar una circulación sanguínea eficiente. La electrofisiología cardíaca, específicamente, se enfoca en el estudio de los procesos eléctricos que controlan la actividad cardíaca, como la generación de potenciales de acción y su propagación a través del sistema de conducción cardíaco (Bucelli et al., 2023; Plank et al., 2021).

La bioelectricidad, por su parte, hace referencia a las propiedades eléctricas intrínsecas de las células, originadas por la distribución desigual de iones y moléculas cargadas a través de sus membranas (Zhang & Levin, 2025). El conocimiento de estos procesos ha permitido el desarrollo de diversas aplicaciones clínicas, que van desde técnicas diagnósticas como el electrocardiograma, hasta intervenciones terapéuticas avanzadas, entre ellas la ablación por radiofrecuencia y el uso de dispositivos implantables, como marcapasos y desfibriladores (Piccini et al., 2022; Ripplinger et al., 2022; Trayanova et al., 2021).

Dada la creciente relevancia del campo, se han desarrollado diversos estudios que analizan su evolución y aplicaciones. Un ejemplo de ello es el trabajo de Zhu et al. (2024), quienes llevaron a cabo un análisis bibliométrico centrado en la fibrilación auricular (FA) y su relación con los canales iónicos, con el objetivo de identificar tendencias de investigación, principales actores y áreas emergentes. La metodología incluyó la recopilación de 3.179 publicaciones desde la base de datos Web of Science, utilizando herramientas como CiteSpace y VOSviewer para examinar países, instituciones, autores, revistas y palabras clave. Los resultados destacaron temáticas como la electrofisiología cardíaca, la expresión génica, la patogénesis de la FA y las estrategias de prevención y tratamiento, con perspectivas de avances en áreas como la fibrilación cardíaca y la ablación con catéter.

Liang et al. (2024) analizaron las tendencias y avances en la investigación sobre la ablación por radiofrecuencia en cardiología durante el período comprendido entre 2004 y 2023. Para ello, emplearon métodos bibliométricos, utilizando específicamente la herramienta CiteSpace, a partir del análisis de 3.423 artículos extraídos de la base de datos Web of Science. El estudio identificó patrones en las publicaciones, colaboraciones internacionales, autores clave y evolución temática. Los principales hallazgos indican que las áreas de mayor interés incluyen el tratamiento de la fibrilación auricular, el flutter auricular y la taquicardia ventricular, con un creciente enfoque en nuevas tecnologías como la crioablación y la ablación con campo de pulsos.

Li y Xie (2025) llevaron a cabo un análisis bibliométrico sobre la aplicación de la ablación por campo pulsado (PFA, por sus siglas en inglés) en el tratamiento de la fibrilación auricular, con el objetivo de identificar tendencias de investigación, redes de colaboración y posibles direcciones futuras en el área. La metodología se basó en la recopilación de 217 publicaciones relevantes, registradas entre 2019 y 2024 en la base de datos Web of Science, y el uso de herramientas como Bibliometrix, VOSviewer y CiteSpace para analizar el volumen de publicaciones, impacto de citas, colaboraciones institucionales y evolución temática. Los resultados revelaron un crecimiento acelerado de la producción científica a partir de 2022, así como la aparición de temas emergentes vinculados a tejidos cardíacos, miocardiopatías y nuevas técnicas de ablación.

No obstante, a pesar de los avances alcanzados, persiste la necesidad de un análisis integral que permita visualizar de manera global la evolución de la producción científica en electrofisiología cardíaca, identificando tendencias, actores clave y áreas temáticas predominantes. La dispersión de la información y la diversidad de enfoques dificultan la construcción de un panorama claro que respalde

la toma de decisiones estratégicas en los ámbitos de la investigación y la práctica clínica. Esta ausencia de una visión consolidada constituye una limitación significativa, ya que restringe la capacidad de orientar futuras investigaciones y políticas científicas hacia los sectores de mayor impacto y necesidad.

En este sentido, el objetivo general de este estudio es realizar un análisis bibliométrico de la producción científica sobre la electrofisiología del corazón humano, enfocándose en la evolución temporal, los principales actores científicos y las áreas temáticas predominantes, con el fin de comprender las tendencias y el desarrollo del conocimiento desde la bioelectricidad celular hasta sus aplicaciones clínicas. Este análisis permitirá sintetizar el conocimiento disperso y ofrecer una visión estructurada del campo, facilitando la identificación de brechas y oportunidades de investigación.

Las preguntas de investigación que guían este estudio son: (1) ¿Cuál es la evolución temporal de las publicaciones científicas relacionadas con la electrofisiología cardíaca y sus aplicaciones clínicas?, (2) ¿Qué revistas, autores y países son los más influyentes en esta línea de investigación?, (3) ¿Cuáles son los términos más frecuentes y las principales áreas temáticas abordadas en la literatura?, (4) ¿Qué redes de colaboración existen entre instituciones y países en este campo?

Esta investigación bibliométrica pretende contribuir al conocimiento vigente al ofrecer una visión actualizada, integral y sistemática de la literatura científica en electrofisiología cardíaca. El estudio proporciona una base sólida para fortalecer sinergias interdisciplinarias, detectar vacíos de conocimiento y orientar el desarrollo de estrategias futuras.

## 2. Metodología

El presente estudio empleó métodos bibliométricos para el análisis de la literatura científica. La bibliometría es una disciplina rigurosa y ampliamente utilizada que se encarga del análisis cuantitativo de grandes volúmenes de datos científicos (Donthu et al., 2021). Su principal enfoque es evaluar la producción científica en un campo específico, proporcionando una visión objetiva y sistemática del desarrollo del conocimiento (Aria & Cuccurullo, 2017).

Para la recuperación de la información se utilizó la base de datos Scopus como fuente principal, debido a su amplia cobertura multidisciplinaria y su robusta capacidad para exportar datos bibliográficos completos, lo que facilita el análisis bibliométrico (Pranckuté, 2021). Además, Scopus ofrece una mayor cobertura de revistas en comparación con otras bases de datos, consolidándose como una de las fuentes bibliográficas más utilizadas en diversas disciplinas científicas (Ejaz et al., 2022; Mishra et al., 2021).

Con el fin de capturar de manera precisa la información, se diseñó una estrategia de búsqueda que combinó los cuatro conceptos clave del estudio: electrofisiología, corazón, bioelectricidad celular y aplicaciones clínicas, con el propósito de asegurar la recuperación de literatura relevante y representativa del campo. La tabla 1 presenta la cadena de búsqueda empleada junto con el número de estudios recuperados.

En total, se recuperaron 409 estudios hasta la fecha de consulta, 23 de junio de 2025, sin restricciones de idioma ni fecha, con el fin de capturar la evolución completa del tema. Para garantizar la calidad científica, se consideraron únicamente documentos de tipo artículo de investigación (ar), revisión (re) y actas de conferencias (cp).

**Tabla 1**

*Cadena de búsqueda y estudios recuperados*

Cadena de búsqueda	Estudios
(TITLE-ABS-KEY(electrophysiology OR electrophysiological) AND TITLE-ABS-KEY("heart" OR "cardiac" OR "cardiovascular") AND TITLE-ABS-KEY(bioelectricity OR bioelectric OR "cellular bioelectricity" OR "cellular electrophysiology") AND TITLE-ABS-KEY("clinical application*" OR "clinical practice" OR "clinical use" OR "clinical treatment" OR "arrhythmia" OR "ablation" OR "pacemaker" OR "defibrillator") ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE,"ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE,"re" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE,"cp" ) )	409

Los metadatos extraídos desde Scopus se procesaron con el paquete Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) en R, apoyado por su interfaz gráfica Biblioshiny para facilitar el análisis. Se aplicaron técnicas bibliométricas como análisis de producción científica, citas, coautoría, coocurrencia de palabras clave y mapeo temático, con el objetivo de identificar tendencias temporales, actores clave y áreas temáticas predominantes en la electrofisiología cardíaca, desde la bioelectricidad celular hasta sus aplicaciones clínicas.

Bibliometrix es una herramienta de código abierto reconocida en la comunidad científica para realizar análisis bibliométricos en múltiples áreas del conocimiento (Abbas et al., 2022; Ampese et al., 2022; Campra et al., 2022; Guleria & Kaur, 2021; Khan et al., 2022; Ullah et al., 2023; Yadav & Banerji, 2023; L. Zhang et al., 2022).

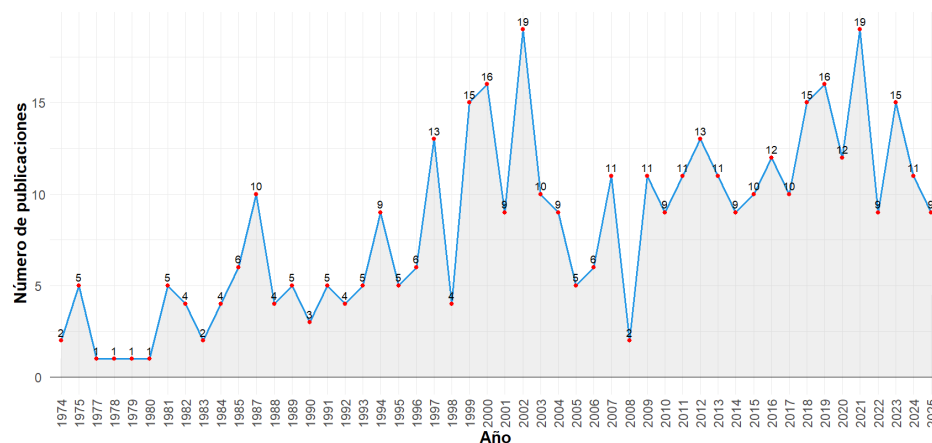
### 3. Resultados

#### Evolución de la producción científica

Durante las cinco décadas analizadas, la producción científica anual en electrofisiología cardíaca mostró un crecimiento gradual (ver figura 1). En 1974, se publicaron solo dos artículos, mientras que en 2002 y 2021 se registraron picos notables con diecinueve trabajos en cada año. En la década de los ochenta, la cantidad de publicaciones se mantuvo modesta, fluctuando entre dos y diez artículos por año. Sin embargo, desde mediados de los noventa se observa una tendencia ascendente que se estabiliza por encima de diez publicaciones anuales. Tras un ligero descenso en 2008, la producción recuperó impulso a partir de 2009. En los años más recientes (2022–2025), el número de trabajos ha oscilado entre nueve y quince por año.

**Figura 1**

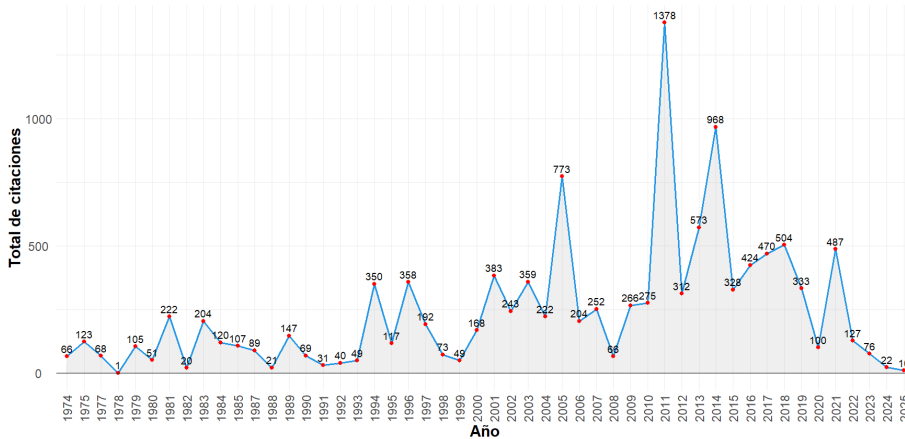
*Producción científica anual*



El análisis de las citas anuales (figura 2) revela un comportamiento oscilante a lo largo del tiempo. En años tempranos como 1975, 1981 y 1983, se superaron las 200 citas, impulsadas por el impacto de trabajos pioneros. El año 1994 representó un primer gran hito con 350 citas, aunque fue a partir de 2005 cuando se observó un salto sustancial en la influencia de la producción científica. El máximo se alcanzó en 2011, con 1,378 citas. Posteriormente, pese a algunos altibajos, el período 2016–2021 mantuvo un impacto sólido, antes de experimentar un descenso notable entre 2022 y 2025.

**Figura 2**

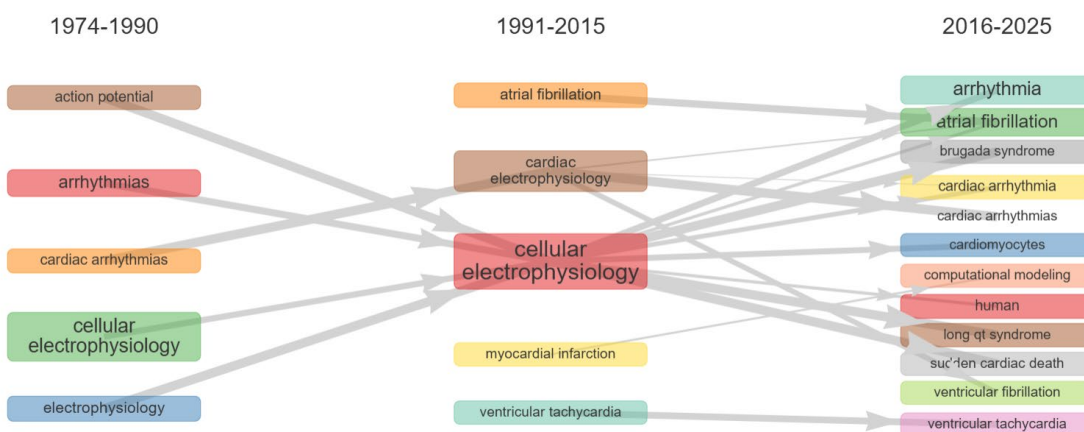
*Citas totales por año*



Por otro lado, la figura 3 ilustra la evolución temática de la literatura en este campo, evidenciando una trayectoria marcada por la profundización y diversificación conceptual. Entre 1974 y 1990, los estudios se centraron principalmente en el “potencial de acción” y las “arritmias”, estableciendo las bases de la “electrofisiología celular”. Desde 1991 hasta 2015, emergieron con fuerza temas como la “fibrilación auricular” y la “electrofisiología cardíaca”, vinculados a términos como “infarto de miocardio” y “taquicardia ventricular”, reflejando la transición de los descubrimientos celulares a sus aplicaciones clínicas. Finalmente, en el periodo 2016–2025, el espectro temático se amplía considerablemente, incorporando conceptos propios de subespecialidades y tecnologías avanzadas, lo que evidencia la convergencia de la electrofisiología con la bioingeniería y la medicina personalizada.

**Figura 3**

*Evolución temática*



## Revistas, autores y países líderes en investigación

En el ámbito de las publicaciones científicas, las revistas líderes en electrofisiología cardíaca reflejan un equilibrio entre foros especializados y medios de alto impacto académico (tabla 2). Por volumen de artículos, las actas de la Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology encabezan la lista con 32 contribuciones. En contraste, Cardiovascular Research (Q1) registra 18 trabajos y acumula 1.157 citas, lo que evidencia su papel central en la difusión de hallazgos de alto impacto. Le siguen revistas como Frontiers in Physiology (Q2) y Computing in Cardiology, con 12 artículos cada una. Títulos consolidados en el ámbito clínico, como American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology y Journal of Cardiovascular Electrophysiology (Q1), también figuran entre las diez primeras, con 390 y 362 citas respectivamente.

**Tabla 2**

*Revistas más importantes en el campo*

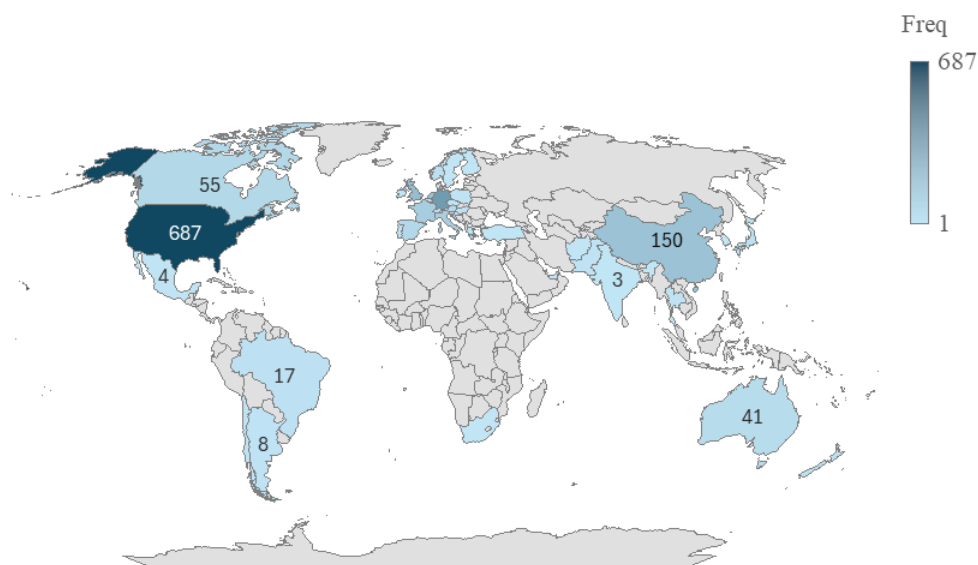
Revista	Nro. de publicaciones	Cuartil	Citaciones	País
Annual International Conference Of The Ieee Engineering In Medicine And Biology - Proceedings	32	-	38	Estado Unidos
Cardiovascular Research	18	Q1	1157	Reino Unido
Computing In Cardiology	12	-	17	Estados Unidos
Frontiers In Physiology	12	Q2	158	Suiza
American Journal Of Physiology - Heart And Circulatory Physiology	10	Q1	390	Estados Unidos
Annals Of Biomedical Engineering	10	Q2	204	Estados Unidos
Europace	9	Q1	220	Reino Unido
Journal Of Cardiovascular Electrophysiology	9	Q1	362	Estados Unidos
Heart Rhythm	8	Q1	260	Países Bajos
Journal Of Molecular And Cellular Cardiology	8	Q1	270	Estados Unidos

En cuanto a los autores, el análisis resumido en la tabla 3 revela un espectro de investigadores clásicos y emergentes que publican sobre el tema. Rosen MR, con inicios en 1974, acumuló 12 publicaciones y 452 citas, representando la base histórica del campo. Más recientemente, destacan Dobrev D y Nattel S, ambos con nueve trabajos y un alto número de citas. Por su parte, Heijman J, con 11 artículos y 376 citas desde 2016, refleja enfoques actuales en electrofisiología. También sobresale Rudy Y, quien, a pesar de contar con seis publicaciones, acumula 1353 citas, lo que evidencia la influencia significativa de ciertos grupos focalizados.

**Tabla 3***Autores destacados*

Autor	Nro. de publicaciones	Citaciones	h index	Año de inicio
Zhang H	13	170	7	2006
Rosen Mr	12	452	7	1974
Heijman J	11	376	8	2016
Dobrev D	9	1013	6	2003
Nattel S	9	868	8	2002
Sheridan Dj	8	249	7	1982
Sossalla S	8	173	6	2013
Clayton Rh	7	79	3	2002
Wilders R	7	165	4	2005
Rudy Y	6	1353	5	2000

El mapa de contribuciones por países (figura 4) destaca a Estados Unidos con una frecuencia total de 687 publicaciones, seguido de Alemania (318) y Reino Unido (177). Es importante aclarar que estos valores no representan el número total de documentos, sino la suma de las participaciones fraccionadas de cada publicación atribuibles a autores de dichos países. Es decir, cuando un artículo cuenta con coautores de diferentes naciones, cada país recibe un crédito proporcional, de modo que la frecuencia refleja la intensidad de la colaboración internacional más que un conteo de estudios únicos. Este método de contabilización fraccionada revela el liderazgo persistente de Estados Unidos, así como la significativa contribución de potencias europeas y países emergentes.

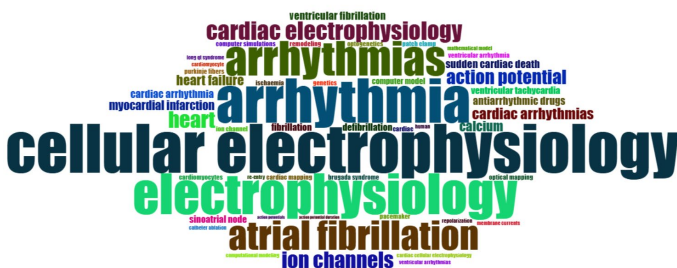
**Figura 4***Frecuencia de producción científica por países*

**Términos frecuentes y tendencias temáticas**

La nube de palabras que se observa en la figura 5, destaca la frecuencia de aparición de los términos en la literatura analizada. “Cellular electrophysiology” encabeza el conteo con 47 menciones, seguido de cerca por “arrhythmia” (42), “electrophysiology” (39) y “arrhythmias” (33). Esto subraya el interés simultáneo tanto en los estudios a nivel celular como en su traducción a los trastornos del ritmo cardíaco. Además, términos como “atrial fibrillation” (28) y “cardiac electrophysiology” (18) reflejan la preponderancia de la fibrilación auricular y de la electrofisiología clínica, mientras que conceptos más especializados evidencian la atención sostenida en los mecanismos iónicos subyacentes a estas patologías.

**Figura 5**

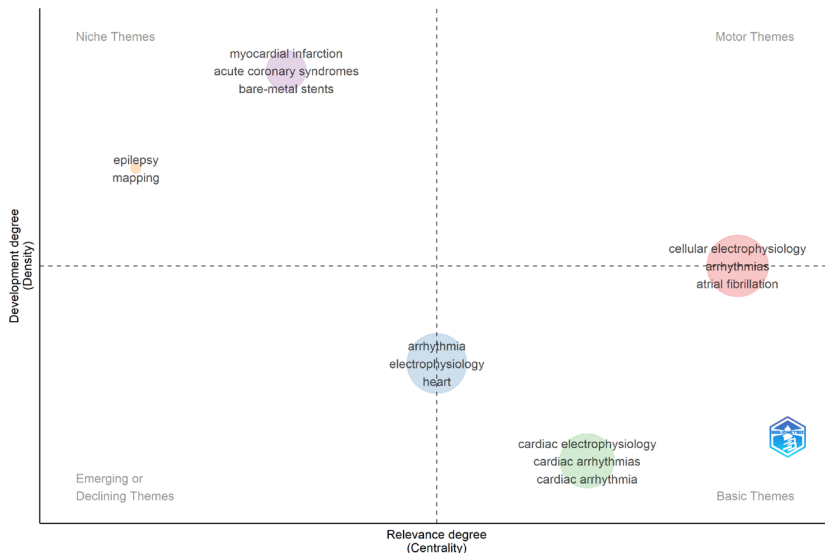
*Nube de palabras*



El mapa. El mapa temático presentado en la figura 6 refuerza esta dualidad al agrupar, dentro de los “motor themes”, términos como “cellular electrophysiology”, “arrhythmias” y “atrial fibrillation”, considerados los ejes más desarrollados y dinamizadores de la disciplina. Esto indica que tanto el estudio de la célula cardíaca como el de la fibrilación auricular constituyen el núcleo activo de la literatura. En los “basic themes” se incluyen “cardiac electrophysiology” y “cardiac arrhythmia”, lo que sugiere que estos conceptos funcionan como plataformas conceptuales sobre las que se construyen nuevas líneas de investigación. Por su parte, los “niche themes” aluden a subáreas altamente especializadas, de menor volumen, pero con elevada especificidad clínica. Finalmente, los temas emergentes o en declive, como “arrhythmia”, “electrophysiology” y “heart”, reflejan una posible transición del foco de interés hacia subtemas más precisos o metodologías innovadoras.

**Figura 6**

*Mapa temático*

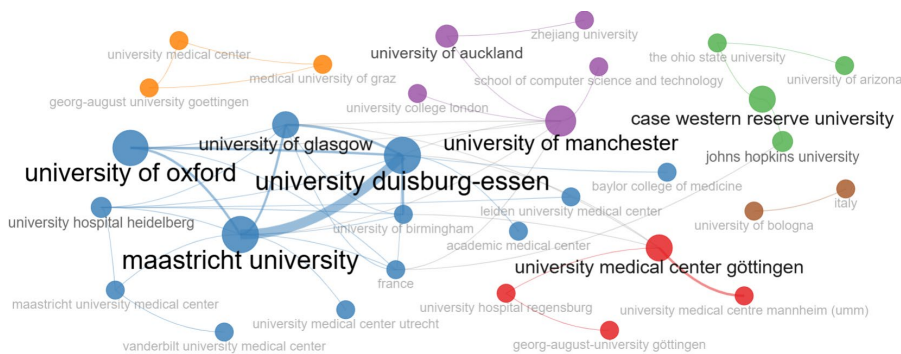


## Redes de colaboración

La red de instituciones mostrada en la figura 7 identifica nodos clave que concentran la mayor parte de la colaboración científica. Las universidades de Oxford, Maastricht, Glasgow y Duisburg-Essen emergen como núcleos centrales, con múltiples enlaces directos entre sí y con otras universidades europeas. Estas instituciones se conectan además con la universidad de Manchester, Auckland y el College London, formando un denso clúster en Europa. Además, emergen agrupaciones de centros médicos (Göttingen, Mannheim, Regensburg) exhibe una colaboración intensa y sostenida. Por su parte, el clúster estadounidense, que incluye a Case Western Reserve, Johns Hopkins, Ohio State y University of Arizona, mantiene vínculos colaborativos activos con sus contrapartes europeas.

### Figura 7

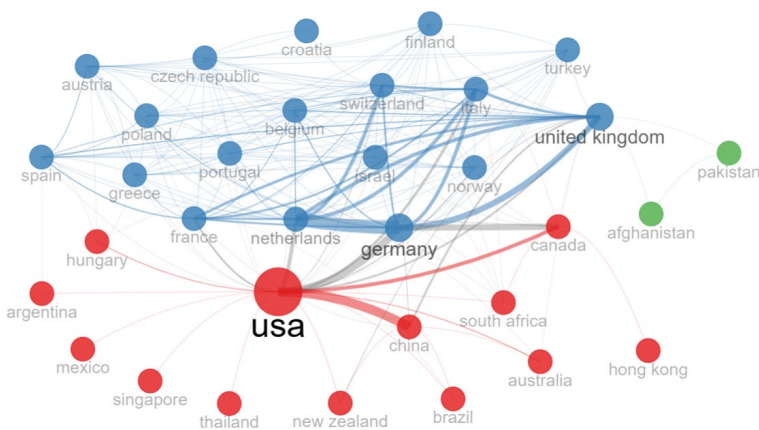
Red de colaboración de instituciones



En la red de países (figura 8), Estados Unidos destaca como el nodo más grande y central, con múltiples conexiones hacia diversas regiones, incluyendo Canadá, China, Australia, Brasil, Sudáfrica, Nueva Zelanda, Singapur, México, Argentina y Tailandia. Europa presenta una malla cohesionada y altamente interconectada, donde países como Reino Unido, Alemania, Países Bajos, Francia, Suiza, Italia, España, Austria, Bélgica, Noruega, Finlandia, Polonia, Grecia, República Checa y Croacia conforman un robusto clúster intraeuropeo. La región Asia-Pacífico muestra conexiones emergentes, frecuentemente mediadas por Estados Unidos o Reino Unido, aunque algunos países mantienen vínculos más limitados, lo que refleja menores niveles de colaboración actuales.

### Figura 8

Red de colaboración entre países



## 4. Conclusiones

La evolución temporal de la producción científica en electrofisiología cardíaca revela un crecimiento sostenido desde los primeros estudios clásicos hasta la consolidación de líneas clínicas e interdisciplinarias. Tras una fase inicial de bajo volumen, el campo adquirió impulso en los noventa y profundizó su madurez en la última década, reflejando tanto el avance de la investigación como la rápida adopción de nuevas terapias y tecnologías en la práctica cardiológica.

En cuanto a los medios de difusión y sus protagonistas, las revistas de alto impacto combinan revisiones fisiológicas con hallazgos clínicos relevantes, mientras que autores pioneros y emergentes han establecido pautas metodológicas y teóricas fundamentales. Del mismo modo, aunque Estados Unidos mantiene un liderazgo claro, la contribución de instituciones europeas ha enriquecido el diálogo científico global, con aportes cada vez más equilibrados provenientes de distintos continentes.

El análisis de términos y áreas temáticas pone de manifiesto la vigencia de los estudios sobre electrofisiología celular y arritmias como ejes motores de la disciplina, mientras que tópicos como la fibrilación auricular y el modelado computacional constituyen nodos temáticos de creciente relevancia. Asimismo, subáreas especializadas vinculadas a síndromes específicos o intervenciones precisas subrayan la diversificación y profundización de la investigación, guiando nuevas rutas de exploración y aplicación clínica.

### Limitaciones y trabajos futuros

Una de las principales limitaciones de este estudio radica en el uso exclusivo de la base de datos Scopus para la recuperación del corpus bibliográfico. Si bien esta base es reconocida por su amplia cobertura y calidad de indexación, el análisis podría haber omitido trabajos relevantes disponibles en otras fuentes especializadas como Web of Science, PubMed o IEEE Xplore, lo que limita la exhaustividad del panorama científico examinado. Además, los análisis bibliométricos, por su naturaleza cuantitativa, no permiten evaluar con profundidad el contenido teórico ni la calidad metodológica de los estudios incluidos.

Para investigaciones futuras, se sugiere ampliar la cobertura documental incorporando múltiples bases de datos y considerando otras formas de producción científica, como literatura gris, tesis doctorales y patentes, que puedan enriquecer la perspectiva sobre la evolución del conocimiento en electrofisiología cardíaca. También sería valioso desarrollar un análisis temático más detallado de las tendencias emergentes a través de técnicas de minería de texto, lo que permitiría identificar conceptos innovadores o enfoques interdisciplinarios aún en etapa de consolidación.

Por otro lado, integrar métodos cualitativos, como el análisis de contenido de artículos clave o entrevistas con expertos del campo, podría complementar la dimensión cuantitativa del estudio y ofrecer una visión más profunda sobre los avances científicos, tecnológicos y clínicos. Finalmente, el seguimiento longitudinal de indicadores de colaboración internacional y de impacto social o clínico de las investigaciones contribuiría a orientar estrategias de cooperación más efectivas y a establecer prioridades en la agenda científica del área.

## Referencias

- Abbas, A., Jusoh, A., Mas'od, A., Alsharif, A., & Ali, J. (2022). Bibliometrix analysis of information sharing in social media. *Cogent Business & Management*, 9(1), 2016556. <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.2016556>
- Ampese, L. C., Sganzerla, W. G., Ziero, H., Mudhoo, A., Martins, G., & Forster-Carneiro, T. (2022). Research progress, trends, and updates on anaerobic digestion technology: A bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 331, 130004. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130004>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Bucelli, M., Zingaro, A., Africa, P., Fumagalli, I., Dede', L., & Quarteroni, A. (2023). A mathematical model that integrates cardiac electrophysiology, mechanics, and fluid dynamics: Application to the human left heart. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 39(3), e3678. <https://doi.org/10.1002/cnm.3678>
- Campra, M., Riva, P., Oricchio, G., & Brescia, V. (2022). Bibliometrix analysis of medical tourism. *Health Services Management Research*, 35(3), 172-188. <https://doi.org/10.1177/09514848211011738>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Ejaz, H., Zeeshan, H., Ahmad, F., Bukhari, S., Anwar, N., Alanazi, A., Sadiq, A., Junaid, K., Atif, M., Abosalif, K., Iqbal, A., Hamza, M., & Younas, S. (2022). Bibliometric Analysis of Publications on the Omicron Variant from 2020 to 2022 in the Scopus Database Using R and VOSviewer. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12407. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912407>
- Guleria, D., & Kaur, G. (2021). Bibliometric analysis of ecopreneurship using VOSviewer and RStudio Bibliometrix, 1989–2019. *Library Hi Tech*, 39(4), 1001-1024. <https://doi.org/10.1108/LHT-09-2020-0218>
- Khan, A., Goodell, J., Hassan, M., & Paltrinieri, A. (2022). A bibliometric review of finance bibliometric papers. *Finance Research Letters*, 47, 102520. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102520>
- Li, L., & Xie, B. (2025). Pulsed field ablation for atrial fibrillation: A comprehensive bibliometric analysis of research trends and emerging Frontiers. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 12. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2025.1513942>
- Liang, M., Zhang, J., Li, G., & Wang, P. (2024). Global research progress on radiofrequency ablation in cardiology: A bibliometric analysis (2004–2023). *Medicine*, 103(23), e38498. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000038498>
- Mishra, M., Sudarsan, D., Santos, C., Mishra, S., Kar, D., Baral, K., & Pattnaik, N. (2021). An overview of research on natural resources and indigenous communities: A bibliometric analysis based on Scopus database (1979–2020). *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(2), 59. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08793-2>
- Piccini, J., Russo, A., Sharma, P., Kron, J., Tzou, W., Sauer, W., Park, D., Birgersdotter-Green, U., Frankel, D., Healey, J., Hummel, J., Koruth, J., Linz, D., Mittal, S., Nair, D., Nattel, S., Noseworthy, P., Steinberg, B., Trayanova, N., ... Wang, P. (2022). Advances in Cardiac Electrophysiology. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, 15(12), e009911. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.121.009911>

- Plank, G., Loewe, A., Neic, A., Augustin, C., Huang, Y.-L., Gsell, M., Karabelas, E., Nothstein, M., Prassl, A., Sánchez, J., Seemann, G., & Vigmond, E. (2021). The openCARP simulation environment for cardiac electrophysiology. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 208, 106223. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106223>
- Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
- Ripplinger, C., Glukhov, A., Kay, M., Boukens, B., Chiamvimonvat, N., Delisle, B., Fabritz, L., Hund, T., Knollmann, B., Li, N., Murray, K., Poelzing, S., Quinn, T., Remme, C., Rentschler, S., Rose, R., & Posnack, N. (2022). Guidelines for assessment of cardiac electrophysiology and arrhythmias in small animals. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 323(6), H1137-H1166. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00439.2022>
- Trayanova, N., Popescu, D., & Shade, J. (2021). Machine Learning in Arrhythmia and Electrophysiology. *Circulation Research*, 128(4), 544-566. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.317872>
- Ullah, R., Asghar, I., & Griffiths, M. (2023). An Integrated Methodology for Bibliometric Analysis: A Case Study of Internet of Things in Healthcare Applications. *Sensors*, 23(1), 67. <https://doi.org/10.3390/s23010067>
- Yadav, M., & Banerji, P. (2023). A bibliometric analysis of digital financial literacy. *American Journal of Business*, 38(3), 91-111. <https://doi.org/10.1108/AJB-11-2022-0186>
- Zhang, G., & Levin, M. (2025). Bioelectricity is a universal multifaced signaling cue in living organisms. *Molecular Biology of the Cell*, 36(2), 1-8. <https://doi.org/10.1091/mbc.E23-08-0312>
- Zhang, L., Ling, J., & Lin, M. (2022). Artificial intelligence in renewable energy: A comprehensive bibliometric analysis. *Energy Reports*, 8, 14072-14088. <https://doi.org/10.1016/j.egyrs.2022.10.347>
- Zhu, X., Lv, M., Cheng, T., Zhou, Y., Yuan, G., Chu, Y., Luan, Y., Song, Q., & Hu, Y. (2024). Bibliometric analysis of atrial fibrillation and ion channels. *Heart Rhythm*, 21(7), 1161-1169. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2024.01.032>

---

## 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

Edwin Gilberto Choca Alcoser: Conceptualización, metodología, software, 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, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Lessly Yessenya Choca Higuera: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.