Barreras de acceso a la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardíaca en Colombia: una revisión sistemática

Juan Carlos Ayala Fontal

Juan Sebastián Díaz Piay

Unidad Central del Valle del Cauca

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Biomédica

Tuluá, Colombia

2025

Barreras de acceso a la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardíaca en Colombia: una revisión sistemática

Juan Carlos Ayala Fontal
Juan Sebastián Díaz Piay

Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniero Biomédico

Director: Paola Andrea Fontal Vargas, Doctor (PhD) en Enfermería
Codirector: Leonardo Beltrán Angarita, Doctor (PhD) en Ciencias Biomédicas

Unidad Central del Valle del Cauca
Facultad de Ingenierías
Ingeniería Biomédica
Tuluá, Colombia
2025

Citar/How to cite	Ayala, JC, Díaz, JS. (1)
Referencia/Reference Estilo/Style: Vancouver/ICMJE (2018)	(1) Ayala Fontal, JC, Díaz Piay, JS. Barreras de acceso a la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardíaca en Colombia: una revisión sistemática. Tuluá (Valle del Cauca). Unidad Central del Valle del Cauca; 2025.

Biblioteca Néstor Grajales López

Repositorio Institucional - Unidad Central del Valle del Cauca

https://www.uceva.edu.co/biblioteca-nestor-grajales-lopez/

https://repositorio.uceva.edu.co/

Unidad Central del Valle del Cauca

Página principal - https://www.uceva.edu.co/

Revista Magna Scientia Uceva - http://revistas.uceva.edu.co/index.php/magnascientia

Tabla de contenido

Resumen 8
Abstract 9
Introducción 10
1. Planteamiento del problema 13
1.1 Árbol de problemas **15**
1.2 Formulación del problema **15**
2. Justificación 16
3. Objetivos 17
3.1 Objetivo general **17**
3.2 Objetivos específicos **17**
4. Marco referencial 18
4.1 Estado del arte **18**
4.2 Marco teórico **19**
4.2.1 Falla cardíaca avanzada como problema de salud pública 19
4.2.2 Fundamentos clínicos y técnicos de la terapia de resincronización cardíaca 24
4.2.3 Ingeniería biomédica y su papel en la implementación de tecnologías médicas 29
4.3 Marco legal **30**
4.4 Marco conceptual **33**
5. Metodología 34
5.1 Pregunta de investigación - Pregunta PICO **34**
5.2 Definir los criterios de elegibilidad – exclusión/inclusión **35**
5.3 Estrategia de búsqueda de la literatura **36**
5.4 Selección de evidencias y extracción de los datos **37**
5.4.1 Evaluación inicial de títulos y resúmenes 38
5.4.2 Evaluación de textos completos 38
5.4.3 Extracción de datos 38
5.5 Análisis de sesgos **40**
5.5.1 Sistema GRADE-CERQual 40
5.5.2 Herramienta AMSTAR-2 42
5.5.3 Escala Newcastle-Ottawa (NOS) 43
5.6 Síntesis de los resultados **44**
6. Resultados 46
6.1 Estudios científicos a partir de la búsqueda sistemática de literatura sobre TRC **46**
6.2 Evaluación de la calidad metodológica **57**
6.3 Síntesis de factores limitantes y facilitadores **60**
6.4 Estrategias de mejora **65**
7. Discusión 66
7.1 Impacto clínico y eficacia de los dispositivos cardíacos **66**
7.2 Complicaciones y riesgos asociados a dispositivos cardíacos implantables **67**
7.3 Monitoreo remoto de la falla cardiaca con dispositivos implantables **67**
7.4 Tendencias, desafíos y futuro de los dispositivos cardíacos **69**
7.5 Barreras y facilitadores del uso de TRC **69**
7.6 El rol del ingeniero biomédico y los desafíos en la terapia de resincronización cardíaca **70**
Conclusiones 72
Recomendaciones 74

Referencias bibliográficas 76

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación evolutiva de la falla cardíaca 23
Tabla 2. Definiciones de los componentes del enfoque CERQual 41
Tabla 3. Descripciones del nivel de confianza en los resultados de una revisión según el enfoque CERQual 41
Tabla 4. Niveles de confianza de la herramienta AMSTAR-2 42
Tabla 5. Formato de evaluación de estudios por medio de NOS 44
Tabla 6. Resultados de búsqueda obtenidos por cada base de datos 47
Tabla 7. Características generales del estudio 49
Tabla 8. Objetivos, metodología y resultados clave 51
Tabla 9. Dispositivo evaluado y barreras identificadas 53
Tabla 10. Términos clave agrupados por clúster temático según coocurrencia 55
Tabla 11. Valoración de sesgo para los estudios observacionales 58
Tabla 12. Valoración de sesgo para las revisiones 58
Tabla 13. Resumen de los hallazgos cualitativos 62

Lista de figuras

Figura 1. Árbol de problemas sobre la inclusión de la TRC en Colombia 15
Figura 2. Prevalencia de FC en Estados Unidos 21
Figura 3. Causas más frecuentes de FC en todo el mundo.....22
Figura 4. Partes principales de un marcapasos implantable.....25
Figura 5. Sistema de marcapasos bicameral 26
Figura 6. Sistema de marcapasos tricameral 27
Figura 7. Plantilla PRISMA para revisiones sistemáticas.....39
Figura 8. Matriz de búsqueda automatizada 47
Figura 9. Resultados de la selección con validación por pares 48
Figura 10. Mapa de coocurrencia de términos clave en los estudios incluidos 56
Figura 11. Diagrama de flujo PRISMA 57
Figura 12. Gráfico de forest plot sobre barreras 60
Figura 13. Gráfico de forest plot sobre facilitadores.....61
Figura 14. Mapa conceptual de barreras, facilitadores y recomendaciones.....65

Resumen

La Terapia de Resincronización Cardíaca (TRC) ha avanzado notablemente en las últimas décadas para el tratamiento de pacientes con FC. El objetivo fue identificar los factores que influyen en el acceso y la implementación de la TRC en pacientes con FC avanzada. Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura en diez bases de datos especializadas (Web of Science, Taylor & Francis Online, SpringerLink, Scopus, ScienceDirect, SAGE Publications & Journals, Oxford Academic Journals, Gale Power Search, PubMed y SciELO). Mediante la plataforma Rayyan, se validaron y seleccionaron 26 artículos para un análisis profundo. Se logró identificar y categorizar las principales barreras y facilitadores que impactan la implementación y el acceso a las terapias cardíacas con dispositivos en pacientes con FC. Se destaca la eficacia de la TRC, consecuencias económicas y recursos derivados de los choques de desfibriladores y diversas intervenciones. Un hallazgo clave fue el papel central y multifacético del ingeniero biomédico en la implementación y optimización de la TRC, abarcando desde el diseño y desarrollo innovador y biocompatible de los dispositivos hasta su gestión y mejora continua en el entorno clínico.

Palabras clave: falla cardiaca, terapia de resincronización, ingeniería biomédica.

Abstract

Cardiac Resynchronization Therapy (CRT) has advanced markedly in recent decades for the treatment of patients with CF. The objective was to identify the factors influencing access to and implementation of CRT in patients with advanced CF. A comprehensive literature review was conducted in ten specialized databases (Web of Science, Taylor & Francis Online, SpringerLink, Scopus, ScienceDirect, SAGE Publications & Journals, Oxford Academic Journals, Gale Power Search, PubMed, and SciELO). Using the Rayyan platform, 26 articles were validated and selected for in-depth analysis. It was possible to identify and categorize the main barriers and facilitators that impact the implementation of and access to cardiac therapies with devices in patients with CF. The efficacy of CRT, economic consequences and resources derived from defibrillator shocks and various interventions are highlighted. A key finding was the central and multifaceted role of biomedical engineer in the implementation and optimization of CRT, ranging from the innovative and biocompatible design and development of the devices to their management and continuous improvement in the clinical environment.

Keywords: heart failure, resynchronization therapy, biomedical engineering.

Introducción

La terapia de resincronización cardíaca (TRC) se ha consolidado como uno de los avances más importantes en el tratamiento de la falla cardiaca (FC) en las últimas décadas. A mediados de los años noventa, investigadores europeos plantearon una idea innovadora y, a la vez, sencilla: la descoordinación mecánica del corazón, causada por trastornos eléctricos en la conducción auriculoventricular e intraventricular (1) que puede corregirse mediante estimulación eléctrica. Esta intervención ha demostrado mejorar el rendimiento hemodinámico del corazón tanto a corto como a largo plazo.

Durante la última década, la TRC ha confirmado ser una técnica segura y altamente efectiva, logrando los siguientes beneficios en pacientes con FC refractaria, disfunción ventricular izquierda y trastornos de conducción intraventricular (2) lo cual mejora el estado funcional y la calidad de vida, remodelación del ventrículo izquierdo, reducción de hospitalizaciones y mortalidad. Estos resultados han sido respaldados consistentemente por múltiples ensayos clínicos aleatorizados y controlados, que han incluido a más de 4,000 pacientes con características homogéneas y seguimientos superiores a un año.

Además, la evidencia respalda que la TRC ha sido integrada en las guías de práctica clínica de las principales sociedades científicas a nivel mundial. Desde 2005, tanto la Sociedad Europea de Cardiología como la American Heart Association/American College of Cardiology clasifican la TRC como una indicación de clase I. Esto aplica a pacientes con FC refractaria en clase funcional III o IV de la New York Heart Association (NYHA), disfunción ventricular izquierda severa, y signos de disincronía, que usualmente se manifiestan como una prolongación del complejo QRS (3,4).

Paralelamente, el desarrollo tecnológico para la implantación del electrodo ha avanzado notablemente. Este electrodo, que estimula el epicardio de la región lateral del ventrículo izquierdo a través del sistema venoso coronario, ha permitido que los procedimientos de implante de dispositivos de TRC, se realicen de manera rutinaria y con una tasa de éxito cercana al 95%. A pesar de los notables avances en la TRC, aún persisten desafíos significativos que requieren

atención. Pero, uno de los principales problemas es que entre el 20% y el 30% de los pacientes no muestran una mejoría o esta es mínima, según revelan los grandes estudios aleatorizados (5–7).

A pesar de contar con la TRC, la falta de respuesta es un problema complejo y, probablemente, de origen multifactorial. Abordarlo es crucial para asegurar que el tratamiento se ofrezca únicamente a aquellos pacientes con mayores probabilidades de beneficiarse. Además, es fundamental identificar subgrupos de pacientes que, debido a su alto riesgo de muerte arrítmica, necesitan una TRC con desfibrilador implantable y determinar qué pacientes podrían beneficiarse únicamente de la TRC sin desfibrilador. Otro desafío importante es ampliar el conocimiento sobre los beneficios de la TRC con FC para que comprendan el fundamento y las indicaciones de la terapia para optimizar su uso.

En el contexto colombiano, la implementación de la TRC podría estar enfrentando múltiples desafíos que limitan su adopción y efectividad. Sin embargo, actualmente carecemos de una caracterización detallada y sistemática de estas posibles barreras desde una perspectiva científica y técnica (8,9). Por esta razón, es fundamental llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura que permita identificar la evidencia existente, los factores que afectan el acceso, la implementación y el uso de la TRC en diversos escenarios del país. Para comprender mejor la situación actual y proponer soluciones efectivas para optimizar la aplicación de esta terapia vital.

El propósito central de esta investigación es explorar e identificar, mediante una revisión sistemática de estudios publicados en bases de datos científicas indexadas, los obstáculos que han sido reportados en diferentes contextos sobre el tratamiento de TRC en pacientes con FC inferidas directamente de la evidencia empírica recopilada. El objetivo del trabajo fue explorar la evidencia científica disponible para identificar los factores que impactan el acceso y el uso de la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardíaca avanzada para el contexto colombiano, barreras y facilitadores para el uso de este tipo de dispositivos.

Ahora bien, la revisión sistemática se desarrolló bajo una metodología rigurosa que incluyó la formulación de una pregunta de investigación mediante el enfoque PICO, la definición de criterios claros de inclusión y exclusión, y el diseño de una estrategia de búsqueda exhaustiva en

bases de datos científicas reconocidas. Los estudios seleccionados fueron evaluados críticamente para identificar su validez y posibles sesgos, y los datos obtenidos fueron analizados y sintetizados de manera estructurada, para obtener estimaciones más precisas de los hallazgos. Este enfoque permitió generar conocimiento confiable que aporta en la toma de decisiones clínicas, políticas y tecnológicas, contribuyendo a mejorar el acceso y la efectividad de la TRC en Colombia.

Es importante resaltar que, el ingeniero biomédico es una pieza fundamental en la atención de pacientes con falla cardíaca que se benefician de la terapia de resincronización ardíaca. Con el conocimiento técnico y su habilidad para integrar los principios de la ingeniería con la fisiología cardíaca son cruciales. Esto garantiza que la terapia sea segura, efectiva y adaptada a las necesidades individuales de cada paciente, lo que mejora significativamente su calidad de vida y prolonga su supervivencia.

Además, el ingeniero biomédico es un pilar indispensable en todo el ciclo de la TRC, desde la concepción y fabricación de los dispositivos hasta su aplicación clínica, mantenimiento y evolución futura. Su experiencia técnica asegura que los pacientes reciban la atención más avanzada y efectiva posible. El profesional desempeña un rol multifacético y crítico en la atención de pacientes con FC que reciben TRC. La pericia no solo abarca el diseño y mantenimiento de los dispositivos, sino que se extiende a la optimización de la terapia, la monitorización del paciente y la innovación continua. Esto impacta directamente en la calidad de vida y el pronóstico de los pacientes.

1. Planteamiento del problema

La falla cardíaca es una enfermedad crónica y progresiva que afecta a millones de personas a nivel mundial, lo que la convierte en un problema de salud pública de gran envergadura. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que aproximadamente 26 millones de individuos padecen FC globalmente (10). En Colombia, la prevalencia de la FC en personas mayores de 25 años se acerca al 2.3%, con una incidencia anual de 1 caso por cada 1,000 habitantes (11).

Además, esta enfermedad se caracteriza por la incapacidad del corazón para bombear sangre de forma eficiente. Esto provoca una serie de síntomas debilitantes, como dificultad para respirar, fatiga, retención de líquidos y una disminución en la tolerancia al ejercicio (12). A medida que la enfermedad avanza, los pacientes sufren un deterioro significativo en su calidad de vida y un aumento en el riesgo de hospitalización y mortalidad (13).

A pesar de los avances en el manejo farmacológico de la FC, un porcentaje considerable de pacientes no responde adecuadamente a los tratamientos convencionales y progresa a etapas más avanzadas de la enfermedad (14). En este escenario, la TRC ha emergido como una opción terapéutica prometedora para pacientes seleccionados con FC avanzada y bloqueo de rama izquierda del haz de His..

Es importante resaltar que, la TRC se lleva a cabo mediante la implantación de un dispositivo. Este puede ser un marcapasos biventricular o un desfibrilador cardioversor implantable (ICD). La función principal de este dispositivo es sincronizar la contracción de los ventrículos derecho e izquierdo del corazón, lo que mejora significativamente la eficiencia del bombeo cardíaco (15). Diversos estudios clínicos han confirmado los beneficios de la TRC en pacientes con falla cardíaca avanzada; que incluyen una notable mejora en la función ventricular, aumento en la capacidad de ejercicio y la calidad de vida, además de una reducción en las tasas de hospitalización y mortalidad (16–18).

Desde el ámbito de la ingeniería biomédica, el análisis de tecnologías como la TRC va más allá de la eficacia clínica. Implica una comprensión profunda de aspectos cruciales relacionados con los dispositivos, tales como:

- Selección: Elegir el equipo más adecuado para cada paciente y contexto.
- Adaptación: Asegurar que la tecnología se integre correctamente con las necesidades individuales y del entorno.
- Mantenimiento: Garantizar el funcionamiento óptimo y la longevidad de los dispositivos.
- Interoperabilidad: Asegurar que los sistemas puedan comunicarse y funcionar juntos sin problemas.
- Sostenibilidad técnica: Evaluar la viabilidad a largo plazo de la tecnología en términos de soporte y actualizaciones.

Además, es fundamental examinar cómo las condiciones del sistema de salud impactan directamente en la infraestructura tecnológica, la capacitación del personal médico y técnico, y la gestión operativa necesaria para implementar eficazmente este tipo de intervenciones.

En la actualidad, no existe una consolidación sistemática de la evidencia científica que permita identificar de manera estructurada los desafíos técnicos, operacionales e institucionales que afectan la implementación efectiva de la TRC en Colombia y otros contextos similares. Esta falta de claridad obstaculiza el desarrollo de estrategias de mejora basadas en datos y evidencia técnica. Por esta razón, es fundamental realizar una revisión sistemática, que permita revisar, recopilar, analizar y sintetizar los hallazgos reportados en la literatura científica internacional sobre las dificultades y condiciones asociadas al uso de la TRC, adoptando una visión integral que incorpore el enfoque de la Ingeniería Biomédica.

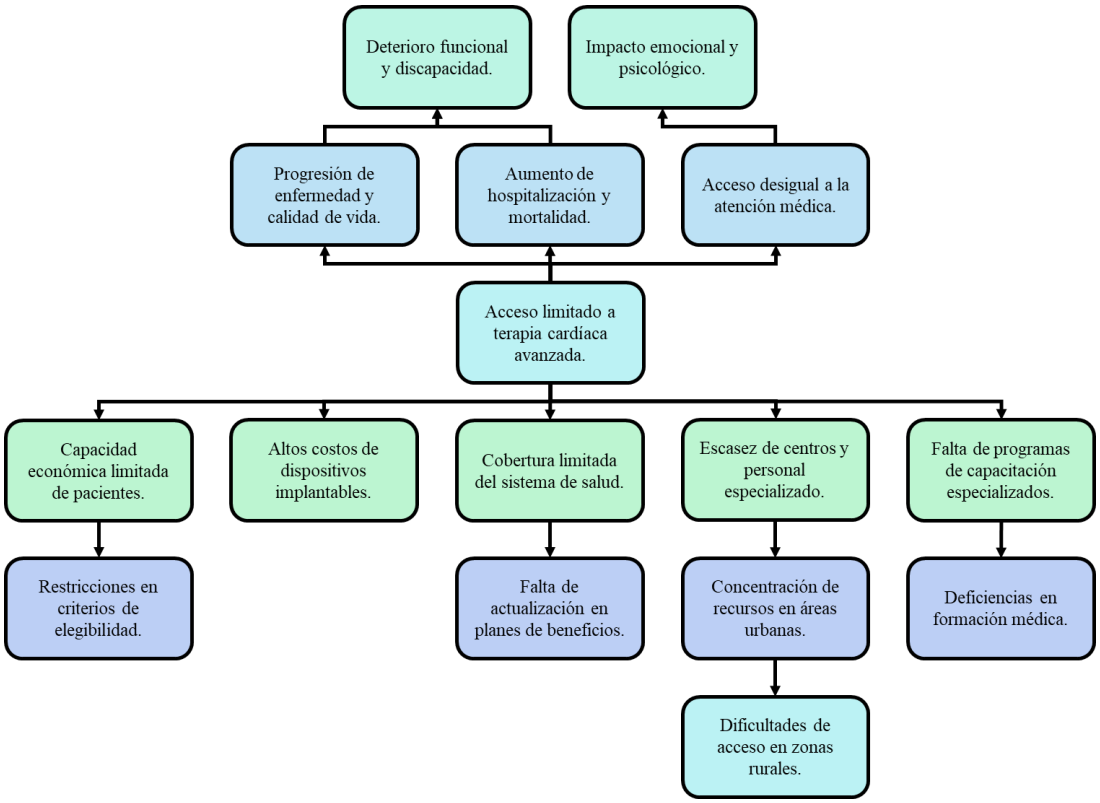
La presente investigación busca ir más allá de una simple comprensión de los factores que condicionan el acceso y la sostenibilidad de la TRC en distintos entornos; para generar información relevante en el diseño de soluciones técnicas, estrategias de evaluación tecnológica y recomendaciones de política pública que contribuyan significativamente al fortalecimiento de la

implementación en el sistema de salud colombiano, asegurando que esta vital tecnología llegue a quienes más la necesitan de manera efectiva y sostenible. En la siguiente figura se presenta el árbol de problemas del fenómeno de investigación seleccionado.

1.1 Árbol de problemas

Figura 1

Árbol de problemas sobre la inclusión de la TRC en Colombia



Nota. Elaboración propia.

1.2 Formulación del problema

De acuerdo con lo presentado, se formula la siguiente pregunta problema:

¿Qué evidencia científica existe en la literatura sobre los factores que condicionan la implementación efectiva de la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardíaca avanzada, desde una perspectiva técnico-tecnológica en contextos comparables al colombiano?

2. Justificación

La falla Ccardíaca representa un desafío epidemiológico crítico que afecta a millones de personas globalmente, incluyendo a Colombia. A pesar de los avances significativos en el manejo farmacológico, una proporción considerable de pacientes ve cómo la enfermedad progresa a etapas más avanzadas, lo que resulta en un deterioro funcional y la calidad de vida se ve comprometida. En este complejo panorama, la TRC emerge como una innovación terapéutica revolucionaria, ofreciendo una esperanza tangible para aquellos pacientes con FC avanzada que no responden a los tratamientos convencionales.

A pesar del potencial de la TRC, la incorporación efectiva en contextos como el colombiano requiere un análisis profundo desde una perspectiva técnica e interdisciplinaria. Aquí, la ingeniería biomédica es fundamental, no solo para la evaluación clínica del dispositivo, sino para entender el funcionamiento, integración, sostenibilidad técnica y adaptabilidad a las realidades locales. Por ello, es crucial que la evidencia científica identifique las condiciones técnicas, institucionales y operativas que influyen en su implementación.

La relevancia de este estudio radicó en su capacidad para aportar información crítica que fortaleció los procesos de toma de decisiones en salud cardiovascular. Desde el plano clínico, los resultados contribuyen a optimizar el uso de la TRC, para que más pacientes se beneficiaran de los efectos positivos. Desde el plano de la ingeniería y de política pública, los hallazgos permiten formular propuestas fundamentadas para mejorar la integración de tecnologías médicas en el sistema de salud, fomentando el uso responsable, eficiente y sostenible.

A nivel académico se genera el conocimiento aplicado sobre las condiciones que rodean la implementación de tecnologías como la TRC, potencializando el rol del ingeniero biomédico. Este profesional se convierte en un agente clave en el diseño de soluciones que promuevan un sistema de salud más equitativo, tecnológicamente sólido y centrado en el paciente.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Explorar la evidencia científica disponible para identificar los factores que impactan el acceso y el uso de la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardíaca avanzada para el contexto colombiano, barreras y facilitadores para el uso de este tipo de dispositivos.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar estudios científicos que analicen factores asociados al acceso o implementación de la TRC en distintos contextos.
- Evaluar la calidad metodológica de la evidencia encontrada mediante los sistemas PRISMA y GRADE.
- Sintetizar los factores limitantes y facilitadores del uso de la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardíaca avanzada descritos en la literatura que respondan a los retos técnicos y contextuales identificados.

4. Marco referencial

4.1 Estado del arte

La TRC ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas, consolidándose como una opción terapéutica vital para pacientes con falla cardíaca avanzada. Los orígenes de la tecnología se sitúan en la década de los ochenta, momento en el que comenzaron los primeros esfuerzos por sincronizar la contracción de los ventrículos cardíacos.

Además, en 1994 (19), un estudio crucial publicado en PubMed por el autor Cazeau marcó un hito al describir los primeros intentos de implantar dispositivos de estimulación biventricular en pacientes con bloqueo de rama ventricular. Los autores del trabajo reportaron mejoras significativas tanto en la función cardíaca como en la calidad de vida de los pacientes, sentando así las bases para el futuro desarrollo de la TRC.

Ahora bien, la década de los noventa marcó una intensificación en la investigación de la TRC. En 1998 (20), un artículo clave de Leclercq, indexado en Embase, evaluó los efectos hemodinámicos de la estimulación biventricular en pacientes con FC y bloqueo de rama. Los resultados del estudio demostraron que la sincronización de la contracción ventricular mediante estos dispositivos podía mejorar el rendimiento cardíaco, abriendo así nuevas y prometedoras perspectivas para la aplicación clínica.

Posteriormente, la eficacia de la TRC se consolidó gracias a ensayos clínicos multicéntricos de gran envergadura, como el estudio MIRACLE (21) y el estudio COMPANION (22). Publicados en la base de datos Scopus, estos estudios reportaron beneficios significativos en pacientes con FC avanzada, incluyendo una reducción de síntomas, una mejora en la calidad de vida, y una disminución en las tasas de hospitalización y mortalidad.

A medida que la evidencia científica se acumulaba, los dispositivos de TRC evolucionaron y se volvieron cada vez más sofisticados. Un estudio de Cheng y Tereshchenko en 2011 (23), indexado en PubMed, describió el desarrollo de sistemas de estimulación cardíaca que integraban

sensores avanzados y algoritmos de optimización, con el objetivo de lograr una sincronización más precisa y personalizada para cada paciente.

Además, estudios como el de Tomzik en 2015 (24), indexado en Scopus, han investigado el papel de la TRC en combinación con otros tratamientos, como los desfibriladores cardioversores implantables, para mejorar aún más los resultados en pacientes con falla cardíaca grave.

En la última década, la investigación en TRC se ha centrado en optimizar aún más los dispositivos y expandir su alcance. Un artículo de Appert en 2019 (25), publicado en Embase, exploró el uso de la TRC en pacientes con falla cardíaca y ritmo sinusal normal, demostrando beneficios en determinados subgrupos de pacientes.

Paralelamente a los avances tecnológicos, la investigación también se ha enfocado en comprender mejor los mecanismos subyacentes a los efectos beneficiosos de la TRC. Un artículo de Leyva en 2019 (26), publicado en PubMed, exploró los cambios estructurales y funcionales en el corazón después de la implantación de dispositivos de TRC, contribuyendo a una mejor comprensión de los procesos de remodelado cardíaco.

Ahora bien, la evolución de los dispositivos de la TRC ha sido el resultado de décadas de investigación y avances tecnológicos. Desde los primeros intentos por sincronizar la contracción ventricular hasta la integración de sensores y algoritmos avanzados, los dispositivos de TRC se han consolidado como una herramienta fundamental en el manejo de la FC avanzada. Esta tecnología no solo ofrece beneficios significativos para los pacientes, sino que también abre nuevas perspectivas en la atención cardiológica.

4.2 Marco teórico

4.2.1 Falla cardíaca avanzada como problema de salud pública

La FC es el resultado común de varias enfermedades cardiovasculares crónicas, como la presión arterial alta, la enfermedad de las arterias coronarias y los problemas de las válvulas

cardíacas. Tanto el American College of Cardiology Foundation/American Heart Association (ACCF/AHA) como la Heart Failure Society of America (HFSA) definen la FC como un conjunto de síntomas complejos. Estos surgen de cualquier cambio en la estructura o función del corazón que dificulte el llenado de los ventrículos o su capacidad para bombear sangre. Los síntomas principales suelen incluir dificultad para respirar, cansancio y acumulación de líquidos en el cuerpo (27).

Por su parte, la European Society of Cardiology (ESC) enfatiza que la FC se manifiesta a través de síntomas característicos (como dificultad para respirar, hinchazón en los tobillos y fatiga) y signos clínicos observables (como aumento de presión en las venas del cuello, ruidos anormales en los pulmones e hinchazón en las extremidades). Estas manifestaciones, según la ESC, se originan por alteraciones cardíacas de tipo estructural, funcional o mixto. El resultado es una disminución del rendimiento cardíaco o un incremento de las presiones dentro del corazón, tanto en reposo como durante la actividad física (27).

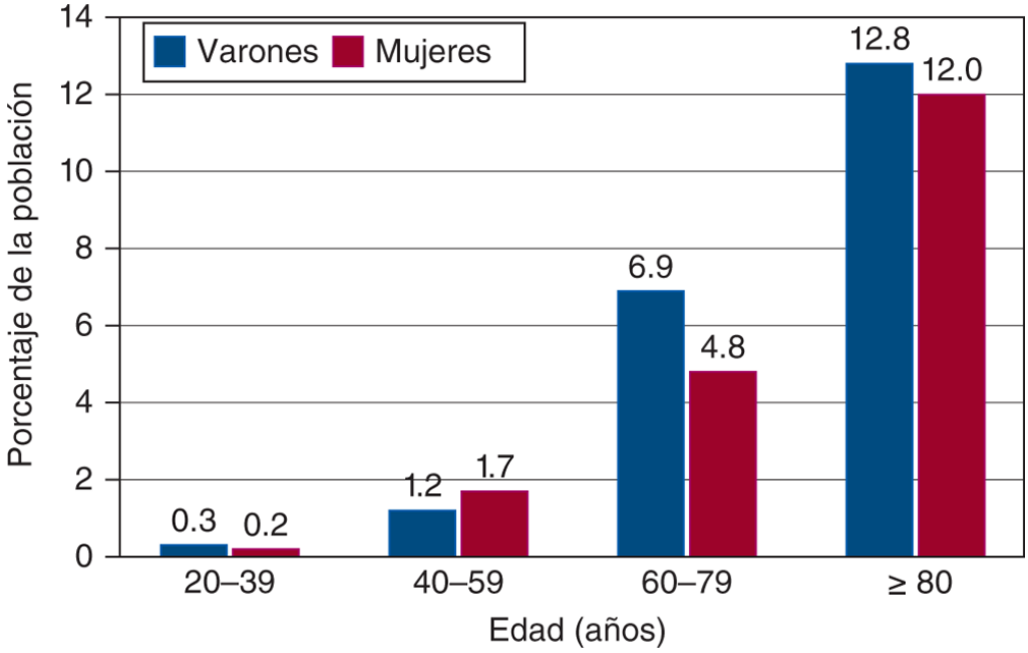
4.2.1.1 Prevalencia de FC en Estados Unidos. La falla cardíaca es una causa importante de enfermedad y muerte en todo el mundo. Solo en Estados Unidos, aproximadamente 6.2 millones de adultos están bajo tratamiento médico por esta condición, y se diagnostican más de 600,000 casos nuevos cada año. A nivel global, la FC afecta a más de 26 millones de personas. Su frecuencia aumenta considerablemente con la edad, presentándose en el 1% al 2% de las personas entre 40 y 59 años, y alcanzando hasta el 12% en adultos mayores de 80 años (ver Figura 2). La probabilidad de desarrollar FC a lo largo de la vida, a partir de los 55 años, es del 33% en hombres y 28% en mujeres. Se estima que la frecuencia de esta patología en Estados Unidos crecerá un 46% entre 2012 y 2030 (27).

Durante las décadas de 1980 a 2000, las admisiones hospitalarias por FC mostraron un crecimiento constante en ambos sexos, llegando a cerca de 1 millón anualmente. Sin embargo, los datos más recientes de la American Heart Association (AHA) revelan una reducción en las hospitalizaciones, disminuyendo de 1,020,000 en 2006 a 809,000 en 2016. Aunque la prevalencia de la FC sigue en aumento, su incidencia podría estar disminuyendo gracias a una mejor identificación y manejo de las enfermedades cardiovasculares y sus condiciones asociadas, sumado

a las medidas preventivas implementadas. No obstante, el crecimiento global de las tasas de obesidad podría revertir estas tendencias positivas en la aparición de la FC. En la siguiente figura se presenta la prevalencia de la FC en EE. UU.

Figura 2

Prevalencia de FC en Estados Unidos



Nota. Prevalencia de insuficiencia cardiaca entre adultos estadounidenses ≥ 20 años por sexo y edad, según la National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), 2013–2016. Fuente: http://bit.ly/46tklqf

4.2.1.2 Principales causas de FC.

A nivel mundial, la FC representa un problema en aumento y se prevé que continúe esta tendencia, a menos que se logre prevenir su aparición mediante el manejo adecuado de la hipertensión arterial (HTA) y la prevención de la enfermedad coronaria, que constituyen las dos causas principales en todas las naciones desarrolladas. En los países europeos, la presencia de enfermedad coronaria es el origen más común de FC, generalmente como resultado del infarto de miocardio. En pacientes menores de 75 años, el deterioro de la función sistólica representa el mecanismo fisiopatológico predominante. Además del manejo de la hipertensión, la hipertrofia del ventrículo izquierdo permanece como un factor de riesgo para el desarrollo de FC (28).

La identificación de factores desencadenantes es crucial porque pueden comprometer severamente la función de un corazón ya deteriorado. Los síntomas iniciales de FC frecuentemente se presentan por causas cardíacas (arritmias, medicamentos inotrópicos negativos como betabloqueadores, antagonistas del calcio o antiarrítmicos) o extracardíacas derivadas de diversas situaciones clínicas. Entre las principales causas extracardíacas se encuentran: estados de alto gasto cardíaco (anemia, embarazo, tirotoxicosis) que superan la capacidad del corazón comprometido; incremento de demandas metabólicas por infecciones o ejercicio excesivo; elevación de presiones arteriales sistémicas (crisis hipertensiva) o pulmonares (embolia pulmonar); sobrecarga volumétrica por exceso de sodio o líquidos oncóticos; sobrecarga catecolamínica por estrés emocional, fármacos o drogas; y el abandono o incumplimiento terapéutico, que representa el factor de deterioro más frecuente y desalentador (28). En la figura 3 se describen las causas más frecuentes de FC.

Figura 3

Causas más frecuentes de FC en todo el mundo

Alteraciones de la contractilidad
- Enfermedad coronaria, miocardiopatías, déficit proteico-vitamínico

Alteraciones de la precarga
- Aumento de la precarga(sobrecarga de volumen)
  - Insuficiencia aórtica, insuficiencia mitral, cortocitcuitos intracardíacos, fistulas arteriovenosas, estados circulatorios hipercinéticos (anemia, tirotoxicosis)
- Disminución de la precarga (restricción al llenado ventricular)
  - Estenosis mitral, estenosis tricúspide, *cor triatriatum*, myxoma auricular, taponamiento cardíaco, pericarditis constrictiva, miocardiopatía restrictiva (amilodiosis, sarcoidiosis, hemocromatosis),

Aumento de la poscarga
- Hipertensión arterial, estenosis aórtica, hipertensión pulmonar, estenosis pulmonar, coartación aórtica

Alteraciones de la frecuencia cardíaca
- Taquicardias y bradicardias graves

Nota. Imagen modificada por los autores. Fuente: http://bit.ly/44p4MPe

La frecuencia de esta patología se incrementa con el envejecimiento, afectando a un 70% de personas mayores de 60 años. Aproximadamente el 60% de los pacientes presenta signos y síntomas de congestión o presiones de llenado elevadas junto con una fracción de eyección

ventricular izquierda reducida (LVEF < 45%). La FC con fracción de eyección preservada (LVEF > 45%) ocurre en más de un tercio de los casos, principalmente en individuos mayores de 70 años. La asociación entre disfunción diastólica y edad es consistente: 15% en menores de 60 años, 35% en el grupo de 60-70 años, y 50% en mayores de 70 años. En pacientes ancianos, el diagnóstico preciso de FC y su etiología resulta más complejo debido a estudios menos exhaustivos y la presencia de múltiples comorbilidades que pueden enmascarar el cuadro clínico (28).

En la población geriátrica, la hipertensión sistólica, hipertrofia cardíaca, pérdida celular y fibrosis constituyen las causas más relevantes de FC, manifestándose predominantemente como alteraciones de la función diastólica. La etiología de la FC también varía según el origen étnico, nivel socioeconómico y ubicación geográfica. Es importante mencionar la enfermedad de Chagas, actualmente inexistente en España, pero endémica en varios países sudamericanos, considerando los posibles movimientos poblacionales desde América Latina hacia España en el futuro (28). A continuación, en la tabla 1 se presenta la clasificación de la FC según la NYHA.

Tabla 1

Clasificación evolutiva de la falla cardíaca

Tipo De Insuficiencia Cardíaca	Definición	Objetivos Terapéuticos
Clase I	Pacientes con riesgo de disfunción ventricular izquierda	Disminución en la progresión de la enfermedad e incremento de la supervivencia
Clase II	Pacientes con síntomas de disfunción ventricular izquierda	Disminución en la progresión de la enfermedad e incremento de la supervivencia
Clase III	Pacientes con síntomas evidentes de fallo cardíaco (disnea, intolerancia al ejercicio)	Disminución en la progresión de la enfermedad, mejoría de los síntomas e incremento de la supervivencia
Clase IV	Pacientes con insuficiencia cardíaca grave potencialmente terminal	Mejoría de los síntomas e incremento de la supervivencia

Nota. El síndrome de FC también puede clasificarse según su pronóstico y estrategias de manejo como un proceso progresivo que presenta diferentes grados de manifestación clínica o fases evolutivas. Fuente: http://bit.ly/44p4MPe

4.2.2 Fundamentos clínicos y técnicos de la terapia de resincronización cardíaca

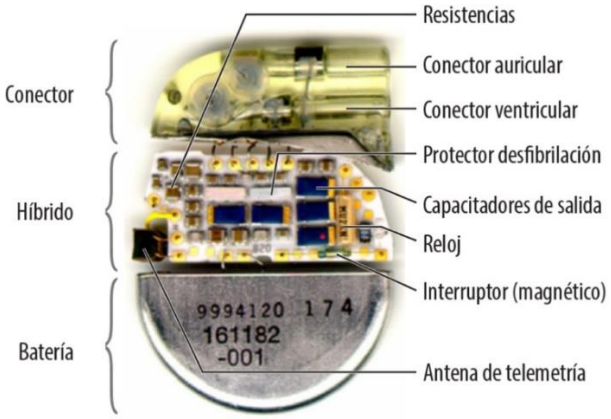
El manejo de las arritmias de frecuencia lenta requiere la colocación de un marcapasos, dispositivos que previenen la muerte súbita causada por bloqueos cardíacos, regulan los ritmos lentos y sus complicaciones asociadas, y aumentan considerablemente la supervivencia. En pacientes que presentan deterioro de la función de bombeo del ventrículo izquierdo y alteraciones en la conducción eléctrica (especialmente bloqueo de rama izquierda), estos dispositivos no solo mejoran los síntomas sino también el pronóstico al utilizar sistemas de tres cámaras que coordinan la contracción del músculo cardíaco. Cuando está indicado para prevenir o tratar la muerte súbita, estos dispositivos se combinan con capacidad de desfibrilación, denominándose desfibriladores automáticos implantables (DAI) (29).

Ahora bien, los marcapasos resincronizadores están diseñados para enviar impulsos eléctricos coordinados a tres puntos clave: la aurícula derecha, el ventrículo derecho y, a través del seno coronario, a una vena en la pared lateral del ventrículo izquierdo. Además, cuando estos dispositivos incorporan función desfibriladora (DAI), se configuran para identificar ritmos cardíacos acelerados con complejos QRS ensanchados (como la taquicardia o fibrilación ventricular). Esto se logra ajustando rangos de frecuencia que permiten distinguir las taquicardias patológicas de aquellas fisiológicas con QRS ancho, evitando así descargas innecesarias (29).

Es importante resaltar que, el tamaño de estos dispositivos ha disminuido progresivamente, reduciendo las complicaciones y mejorando la aceptación del paciente. Están compuestos por tres elementos principales: la batería (cada vez más compacta, actualmente de litio, con duración de 7 años o más según el uso), el circuito híbrido (que contiene los componentes electrónicos para reconocer diferentes ritmos y generar los impulsos o descargas programadas) y el conector (donde se acoplan los cables que transmiten los estímulos al sistema) (29). En la figura 4 se describen las partes principales de un marcapaso.

Figura 4

Partes principales de un marcapasos implantable



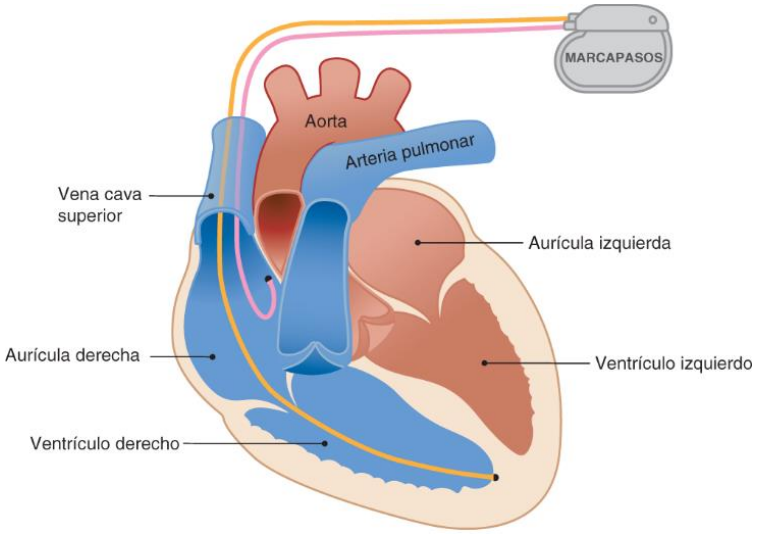
Nota. Los marcapasos pueden implantarse de forma temporal o definitiva. Fuente: http://bit.ly/4lN6C29

4.2.2.1 Tipos de marcapasos. Un marcapasos se compone de tres elementos esenciales: el generador (con batería y microprocesador), electrodos (cables) y circuitos electrónicos. El generador, usualmente implantado bajo la clavícula, es programable y se conecta al corazón mediante electrodos insertados vía venosa en aurícula derecha, ventrículo derecho, o incluso en el ventrículo izquierdo a través del seno coronario. Recientemente, los marcapasos inalámbricos han surgido como una innovación, implantándose directamente en la cavidad cardíaca. Cada conjunto de electrodos y circuitos dirigido a una cámara específica se denomina canal (30).

4.2.2.1.1 Marcapasos bicameral. Un marcapasos unicameral es aquel que posee un electrodo colocado en una única cavidad cardíaca, ya sea en la aurícula derecha o en el ventrículo derecho. Un marcapasos de doble cámara incluye conductores tanto en la aurícula derecha como en el ventrículo derecho. Un marcapasos biventricular incorpora electrodos para estimular ambos ventrículos (derecho e izquierdo). Cuando un marcapasos de doble cámara también incluye un electrodo en el ventrículo izquierdo, este dispositivo se conoce como marcapasos biventricular de doble cámara. A continuación, en la figura 5 se presentan las partes que tiene un marcapaso bicameral.

Figura 5

Sistema de marcapasos bicameral



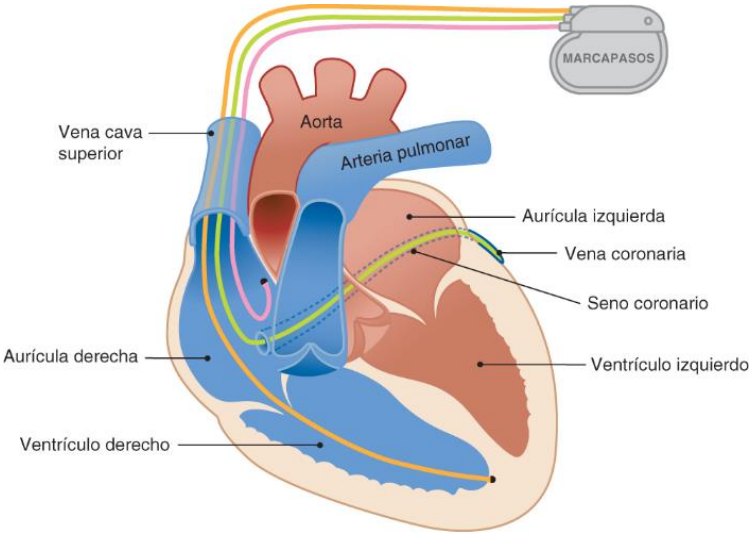
Nota. Por lo general, el cable auricular (rosa) se inserta en la orejuela derecha. El cable ventricular (naranja) por lo general se coloca en la punta o el tabique del ventrículo derecho. Fuente: http://bit.ly/44ASnq9

4.2.2.1.2 Marcapasos tricameral. Similar al bloqueo de rama izquierda del Haz de His, la estimulación del ventrículo derecho causa activación tardía de la pared lateral del ventrículo izquierdo, generando asincronía cardíaca que puede crear o empeorar la disfunción ventricular izquierda existente (30).

Para resolver esto, se añade un electrodo de estimulación en el ventrículo izquierdo que permite la estimulación de ambos ventrículos y la resincronización de la despolarización. Este electrodo se introduce a través del seno coronario y se dirige hacia una vena cardiaca epicárdica posterolateral (ver figura 5), iniciando la despolarización del ventrículo izquierdo por la pared lateral (30).

Figura 6

Sistema de marcapasos tricameral



Nota. Para estimular el ventrículo izquierdo, se introduce un conductor (verde) en el seno coronario y se avanza hasta alcanzar una vena epicárdica posterolateral. Al combinarse con un conductor auricular derecho (rosa) y un conductor ventricular derecho (naranja), el sistema permite la estimulación biventricular de doble cámara empleada en la terapia de resincronización cardíaca. Fuente: http://bit.ly/4kuf1X9

4.2.2.2 Terapia de resincronización cardíaca y resultados esperados. La TRC es una intervención no farmacológica y tecnológicamente avanzada utilizada en pacientes con FC sintomática, particularmente aquellos con fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) reducida (<35%), QRS prolongado (>150 ms) y morfología anormal del complejo QRS, como el bloqueo de rama izquierda (BRI). Su objetivo clínico principal es mejorar la sincronía contráctil del corazón, compensando los efectos de la conducción ventricular disfuncional, lo que se traduce en un incremento de la eficiencia hemodinámica y en una mejor calidad de vida del paciente (31).

En términos fisiológicos, la TRC busca resincronizar la activación eléctrica del ventrículo izquierdo (VI) con el resto del sistema cardíaco, utilizando un dispositivo de estimulación biventricular. Este dispositivo se compone de electrodos que se implantan en el ventrículo derecho, la aurícula derecha y la pared lateral del VI, permitiendo una estimulación simultánea que restaura el patrón normal de contracción (31).

4.2.2.2.1 Evolución tecnológica y mejoras clínicas esperadas. Los avances recientes han permitido aumentar la tasa de pacientes respondedores a la TRC, abordando limitaciones técnicas de generaciones anteriores. Entre las principales innovaciones se destacan:

- **Cables cuadripolares:** permiten múltiples configuraciones de estimulación sin necesidad de reintervenciones quirúrgicas, aumentando la estabilidad del implante y disminuyendo complicaciones como la estimulación del nervio frénico o el desplazamiento del electrodo.
- **Estimulación en múltiples puntos (MPP):** mejora la contractilidad del VI al permitir una activación más fisiológica y coordinada. Estudios han mostrado que MPP puede reducir la amplitud del QRS y aumentar los porcentajes de "superrespondedores" clínicos, es decir, pacientes con normalización casi completa de la función ventricular.
- **Estimulación endocárdica del VI y del haz de His:** estas técnicas emergentes ofrecen nuevas formas de restaurar la conducción eléctrica fisiológica, especialmente en pacientes que no responden a la TRC convencional.
- **Algoritmos dinámicos de optimización (ej. SonR, Adaptive CRT):** permiten ajustar automáticamente los intervalos auriculoventriculares (AV) y ventriculoventriculares (VV), basándose en sensores que evalúan la contractilidad cardíaca en tiempo real. Esto reduce el riesgo de eventos adversos y mejora la tasa de respuesta a largo plazo.

4.2.2.2.2 Impactos esperados con la TRC moderna. La TRC moderna ha evolucionado significativamente gracias a innovaciones tecnológicas que han permitido mejorar la tasa de respuesta clínica en pacientes con FC avanzada. Entre los avances más relevantes se encuentran los electrodos cuadripolares, la estimulación multipunto, la estimulación endocárdica del ventrículo izquierdo y del haz de His, así como algoritmos inteligentes de autoajuste. Estas mejoras han optimizado la sincronía eléctrica y mecánica del corazón, reduciendo la dispersión de la activación ventricular y aumentando la contractilidad miocárdica, lo que se traduce en un mayor número de pacientes "superrespondedores" a la terapia (31)**.**

Como resultado, se esperan beneficios clínicos sustanciales, incluyendo una reducción significativa en las hospitalizaciones por FC, una mejora en la clase funcional según la NYHA, un

aumento en la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI), y una disminución de eventos arrítmicos o requerimientos de intervenciones con desfibrilador. Además, estos dispositivos contribuyen a una mayor supervivencia y mejor calidad de vida a largo plazo. La integración de tecnologías de monitoreo remoto y algoritmos de optimización también fortalece la capacidad de seguimiento continuo, mejorando la personalización del tratamiento y el uso eficiente de recursos en el sistema de salud (31).

4.2.3 Ingeniería biomédica y su papel en la implementación de tecnologías médicas

La Ingeniería Biomédica (IB), una disciplina surgida a mediados del siglo XX (32), es fundamental en hospitales, porque los ingenieros biomédicos son especialistas multidisciplinarios que combinan conocimientos de medicina e ingeniería. El rol abarca desde el desarrollo y mantenimiento de tecnología hasta la estrategia y operación hospitalaria. Son esenciales en campos como la electromedicina, telemedicina, inteligencia artificial e impresión 3D. Además, gestionan la implementación y optimización de procesos y tecnologías médicas avanzadas.

La ingeniería biomédica según Fandiño, 2018 (33), se define como la combinación entre los principios de la ingeniería con ciencias de la vida para mejorar la salud y el bienestar social. La IB se dedica al diseño y construcción de productos de salud, tecnologías de salud, dispositivos médicos, prótesis, dispositivos de diagnóstico y terapia. La IB es una disciplina en desarrollo en comparación con otras disciplinas de la misma rama de ingeniería o ciencias de la salud.

Por su parte, el autor Gismondi, 2010 (34) resalta la importancia de la IB en el desarrollo de los sistemas de salud en Sudamérica, pues con el rápido avance de la tecnología en los dispositivos médicos, se hace necesaria la inclusión de profesionales de las ciencias exactas en los sistemas de salud. Es importante conocer también las tres variaciones de esta ingeniería: la bioingeniería, la ingeniería biomédica y la ingeniería clínica. La bioingeniería, por un lado, está estrechamente relacionada entre las ciencias naturales y las ciencias de la salud con un enfoque en el cuidado de la salud humana y la ingeniería clínica, la cual está centrada en el paciente en los entornos hospitalarios.

4.3 Marco legal

La regulación del sistema de salud y el acceso a tecnologías en Colombia se rigen por un marco normativo específico que busca garantizar el derecho fundamental a la salud y optimizar la incorporación de innovaciones como la TRC.

- **Ley Estatutaria 1751 de 2015 - Derecho Fundamental a la Salud**

Esta ley es fundamental, ya que reconoce la salud como un derecho fundamental autónomo. Esto implica una obligación directa del Estado colombiano para garantizar el acceso a los servicios y tecnologías necesarios para preservar la salud de los ciudadanos, lo que incluye expresamente los tratamientos de alto costo.

- **Ley 1438 de 2011 - Reforma al Sistema General de Seguridad Social en Salud**

Con el objetivo de fortalecer el sistema de salud colombiano, esta ley promueve el acceso equitativo a servicios y tecnologías en salud. Su implementación busca reducir las barreras y asegurar que los ciudadanos, sin importar la condición socioeconómica, y puedan acceder a la atención requerida.

- **Resolución 229 de 2020 - Política de Evaluación de Tecnologías en Salud (ETS)**

La resolución establece los lineamientos y el proceso de evaluación que deben seguir tecnologías de salud, como la TRC, para ser incorporadas formalmente en el sistema de salud colombiano. La evaluación se basa en principios clave como la eficiencia, la costo-efectividad y la pertinencia clínica, asegurando que solo las tecnologías que demuestren un valor real sean incluidas.

- **Decreto 4747 de 2007 - Acceso a Servicios de Salud**

El decreto regula aspectos cruciales sobre el acceso a servicios de salud, tanto los incluidos como los no incluidos en el antiguo Plan Obligatorio de Salud (hoy Plan de Beneficios en Salud - PBS). Directamente, afecta la disponibilidad de tecnologías como la TRC cuando estas no han sido priorizadas o formalmente incluidas en los esquemas de beneficios.

- **Regulación de Dispositivos Médicos Implantables en Colombia**

La regulación de los dispositivos médicos implantables en Colombia, crucial para tecnologías como la TRC, se rige por un marco normativo específico que busca asegurar su seguridad y eficacia.

- **Decreto 4725 de 2005 - Régimen de Dispositivos Médicos**

El decreto regula el proceso de registro, importación, comercialización y uso de dispositivos médicos en el país. Además, define las clases de riesgo para estos productos, donde la TRC se ubica en la clase III, que corresponde a dispositivos de alto riesgo. La normativa exige el cumplimiento de estándares internacionales para todos los dispositivos implantables, garantizando así su calidad y seguridad.

- **Resolución 4002 de 2007 - Requisitos Esenciales de Seguridad y Desempeño**

La resolución establece las condiciones técnicas y requisitos esenciales que deben cumplir los dispositivos médicos. Incluye aspectos fundamentales como la calidad, funcionalidad, estabilidad y la necesidad de documentación técnica exhaustiva. La normativa aplica directamente a los marcapasos y a los dispositivos de TRC, asegurando que cumplan con los más altos estándares de seguridad y desempeño antes de ser utilizados en pacientes.

- **INVIMA - Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos**

El INVIMA es la entidad encargada del registro de salud de dispositivos implantables como los utilizados en la TRC. El cual es vital para garantizar que los productos cumplan con todas las

regulaciones antes de ingresar al mercado. Además, el INVIMA participa activamente en la vigilancia poscomercialización y en la gestión de reportes de tecnovigilancia, monitoreando el desempeño y la seguridad de los dispositivos una vez que están en uso.

- **Regulación y Gestión Institucional de Tecnologías Biomédicas en Colombia**

La gestión y el uso de tecnologías biomédicas, incluyendo aquellas para la TRC, están estrictamente regulados en Colombia para asegurar la calidad y seguridad en la prestación de servicios de salud.

- **Resolución 3100 de 2019 - Condiciones de Habilitación para Prestadores de Servicios de Salud**

La resolución es fundamental para los prestadores de servicios de salud, ya que define los requisitos mínimos de infraestructura, talento humano y equipos biomédicos que deben cumplir. Específicamente, establece la obligación de contar con protocolos rigurosos para el mantenimiento, calibración y control de calidad de las tecnologías implantables, asegurando su funcionamiento óptimo y seguro dentro de las instituciones de salud.

- **Guías de Mantenimiento y Gestión de Tecnología Biomédica (Ministerio de Salud)**

El Ministerio de Salud ha emitido documentos técnicos cruciales para los hospitales que abordan la planificación, operación, seguimiento y control de equipos médicos. Estas guías resaltan el rol clave del ingeniero biomédico en asegurar la funcionalidad y seguridad de tecnologías complejas como la TRC, enfatizando su participación en todo el ciclo de vida del equipo.

- **Resolución 1441 de 2013 - Reactivovigilancia y Tecnovigilancia**

La resolución establece la obligación para las instituciones y profesionales de la salud de reportar eventos adversos y fallas técnicas que puedan surgir durante el uso de dispositivos médicos. El propósito es promover sistemas de mejora continua en la seguridad de los dispositivos

implantados, permitiendo identificar riesgos, implementar acciones correctivas y prevenir futuras incidencias.

4.4 Marco conceptual

Desde diferentes perspectivas, la palabra “Barrera” toma un significado trascendental, que es sinónimo de problemática u obstáculo. En este contexto, la palabra “barrera” toma una connotación simbólica de obstáculo que tienen los pacientes para acceder a la atención médica, cuando poseen necesidades relacionadas a la salud. Estas barreras dificultan el acceso a actividades como promoción, prevención y atención médica en general; así también, contribuyendo a problemáticas nacionales como el acceso y los resultados en salud.

Además, la TRC representa una estrategia terapéutica avanzada para el tratamiento de ciertos pacientes con falla cardíaca avanzada. Esta intervención consiste en la estimulación eléctrica sincronizada de los ventrículos mediante un dispositivo implantable, con el objetivo de mejorar la coordinación del latido cardíaco, aumentar la fracción de eyección y reducir los síntomas clínicos. Desde su creación ha mostrado beneficios significativos en la calidad de vida, reducción de hospitalizaciones y mortalidad en pacientes seleccionados. La indicación está estrechamente relacionada con parámetros clínicos, funcionales y eléctricos del corazón, y debe ser evaluada de forma individualizada. En este contexto, la clasificación funcional de la New York Heart Association (NYHA) cumple un papel fundamental al categorizar el grado de limitación que presenta un paciente con falla cardíaca. Esta clasificación comprende desde la clase I (sin limitación física) hasta la clase IV (síntomas incluso en reposo); orienta tanto el diagnóstico como la toma de decisiones terapéuticas, incluida la elegibilidad para la TRC. Por ejemplo, los pacientes en clases funcionales II y III, con disincronía eléctrica y fracción de eyección reducida, suelen ser los principales candidatos para beneficiarse de esta intervención terapéutica.

5. Metodología

A continuación, se presenta la metodología detallada para esta revisión sistemática, enfocada en las barreras de acceso a la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardiaca avanzada en Colombia. Se definieron seis pasos clave para la obtención de la información, utilizando bases de datos científicas indexadas a las cuales la universidad dio acceso a los estudiantes por medio de su plataforma MyLoft y a través de otros medios electrónicos. La información del seguimiento paso a paso fue obtenida del artículo llamado "Serie de Redacción Científica: Revisiones Sistemáticas" (35):

5.1 Pregunta de investigación - Pregunta PICO

Para definir la pregunta de investigación, fue esencial establecer los objetivos primarios y secundarios del estudio. Una pregunta clara y bien estructurada facilitó la construcción de una estrategia de búsqueda efectiva y reproducible. En este proceso, se evaluó y analizó la literatura existente para identificar las brechas en el campo de interés. La técnica PICO fue una herramienta fundamental que permitió realizar el proceso, ya que permitió desglosar la pregunta en componentes específicos y manejables.

El acrónimo PICO se refirió a:

- P (Population): La población o enfermedad que se abordará.
- I (Intervention): La intervención, tratamiento o exposición de interés.
- C (Comparision): El grupo de comparación o alternativa (si aplica).
- O (Outcome): Los resultados o efectos que se esperan medir o evaluar.

Basándonos en el contexto de la terapia de resincronización cardíaca en Colombia, la pregunta PICO se formula de la siguiente manera:

- **P (Población):** Pacientes con FC avanzada (clase funcional III o IV de la NYHA) en Colombia.

- **I (Intervención):** Estudios que analicen los factores que influyen en el acceso a la terapia de resincronización cardíaca.
- **C (Comparador):** No aplica directamente en este tipo de revisión sistemática, o podría considerarse la comparación entre diferentes barreras reportadas en la literatura.
- **O (Resultado):** Evidencia documentada sobre los factores que condicionan el acceso, adopción o implementación de la TRC, así como las estrategias propuestas en la literatura para mejorar su integración en los sistemas de salud.

A partir de esta formulación estructurada de la pregunta mediante el modelo PICO, fue posible derivar una ecuación de búsqueda inicial que sirvió como base para la localización sistemática de estudios relevantes en bases de datos científicas. Esta ecuación se construyó utilizando términos clave relacionados con cada componente del PICO, combinados mediante conectores lógicos (como AND, OR, NOT) que permitieron afinar la búsqueda. Sin embargo, dado que cada base de datos posee su propia sintaxis, reglas de indexación y operadores específicos, la ecuación fue ajustada individualmente para cada plataforma, garantizando así su compatibilidad, precisión y sensibilidad. Esta adaptación aseguró una recuperación óptima de la literatura pertinente, respetando los criterios definidos por la pregunta de investigación.

5.2 Definir los criterios de elegibilidad – exclusión/inclusión

Una vez definida la pregunta de investigación usando la técnica PICO, que guío la búsqueda en diversas bases de datos, el siguiente paso fue establecer los criterios de elegibilidad para seleccionar los estudios más relevantes. La lista inicial de artículos puede ser muy extensa, abarcando decenas de miles de documentos. Por ello, fue esencial refinar esta información para reducir el número de resultados y enfocarse en aquellos que fueron más pertinentes y que contribuyen significativamente a la investigación. Los criterios de elegibilidad para este proceso son los siguientes:

- **Fecha de publicación:** Estudios publicados entre **2020** y **2025**, con el objetivo de incluir evidencia actualizada y relevante.

- **Tipo de documento:** Artículos de revisión, artículos de investigación, artículos en general, revisiones y reportes, según la disposición específica de cada base de datos utilizada.
- **Acceso institucional:** Selección de estudios con acceso libre, abierto, contenido institucional de membresía o de archivo comprado/gratuito, dependiendo de la disponibilidad en las bases de datos consultadas.
- **Idioma:** Se incluyeron estudios publicados en **inglés** y **español**, ya que son los idiomas predominantes en la literatura científica y en el contexto colombiano.

Con estos criterios, se buscó obtener resultados más consistentes y manejables, lo que facilitó el análisis de cada artículo seleccionado por parte de los autores de la revisión. Este proceso garantizó que la información incluida fuera de alta calidad, relevante y aplicable al contexto de la investigación.

5.3 Estrategia de búsqueda de la literatura

Mediante la búsqueda integral y exhaustiva de la literatura, se constituyó la base de la revisión sistemática, ya que permitió recopilar la evidencia más relevante y minimizar sesgos en la selección de estudios. Para ello, se diseñó una estrategia de búsqueda clara y reproducible, teniendo en cuenta que ninguna base de datos abarcaba toda la literatura médica disponible. Como mínimo, se recomendó incluir bases de datos ampliamente reconocidas, como Embase, Medline, Web of Science, Google Scholar, entre otras (35). A continuación, se presentan algunos pasos referentes al diseño de la estrategia de búsqueda:

1. Para la estrategia de búsqueda, se identificaron términos clave relacionados con la terapia de resincronización cardíaca, dispositivos cardíacos implantables y falla cardíaca. Para cada término, se generaron cinco sinónimos o frases relacionadas y se excluyeron cinco términos no esenciales para el enfoque del estudio. La ecuación de búsqueda se construyó combinando estos términos con operadores booleanos (AND, OR, NOT), y se ajustó específicamente para la sintaxis y características de cada base de datos, asegurando la relevancia y precisión de los resultados.

2. Bases de datos: Se realizó una búsqueda exhaustiva en las siguientes bases de datos electrónicas proporcionadas por la universidad a través de la página MyLoft: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis Online, Oxford Academic Journals, SAGE Publications and Journals, Gale y Plataforma VirtualPro. Adicionalmente, se llevaron a cabo búsquedas en medios no asociados con la universidad, incluyendo Google Académico, Embase, Elsevier, Scielo y libros físicos o virtuales.

3. Gestión de resultados: Para gestionar los artículos repetidos, se utilizó un gestor de citas (Mendeley) para eliminar duplicados. Se seleccionaron los estudios más relevantes de las primeras 200 búsquedas por página en cada base de datos indexada; si una base de datos arrojó menos de 100 artículos, se tomaron los más relevantes de ese grupo. Finalmente, los artículos se evaluaron por título y resumen para determinar su pertinencia, y solo aquellos elegidos como referentes principales se leyeron en su totalidad.

4. Documentación de la búsqueda: La estrategia de búsqueda se documentó de manera detallada, incluyendo los términos utilizados, las bases de datos consultadas y los filtros aplicados. Esto garantizó la transparencia y reproducibilidad del proceso.

Este paso aseguró que la búsqueda de literatura fuera sistemática, exhaustiva y alineada con los objetivos de la investigación. Además, la utilización de gestores de citas y la documentación detallada de la estrategia de búsqueda facilitó la organización y selección de estudios, lo que contribuyó a la validez y confiabilidad de la revisión sistemática.

5.4 Selección de evidencias y extracción de los datos

Una vez completada la búsqueda exhaustiva en las bases de datos, se procedió con la selección de la evidencia y la extracción de datos, un paso crucial que garantizó la calidad y

relevancia de los estudios incluidos en la revisión sistemática. Este proceso se dividió en varias etapas.

5.4.1 Evaluación inicial de títulos y resúmenes

Los títulos y resúmenes de los artículos obtenidos fueron evaluados por al menos dos revisores independientes, basándose en los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Para optimizar este proceso, se utilizó un software especializado —como Rayyan, Covidence o DistillerSR—, el cual permitió organizar, comparar y seleccionar los estudios eficientemente. Los artículos que no cumplieron con los criterios de elegibilidad fueron excluidos en esta etapa.

5.4.2 Evaluación de textos completos

Los estudios que superaron la evaluación inicial de títulos y resúmenes fueron recuperados en su versión completa. Posteriormente, los textos completos fueron evaluados nuevamente por los revisores para verificar su cumplimiento con los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

5.4.3 Extracción de datos

Con los artículos finalmente seleccionados, se procedió a la extracción de datos utilizando un formulario diseñado previamente. Este formulario recopiló información clave como: año y país de publicación, tipo de documento y título, palabras clave, objetivos, metodología, resultados y referencia. Para organizar y gestionar los datos extraídos, se utilizó la herramienta de Microsoft Excel, la cual ofrece versatilidad en el manejo de datos y compatibilidad con diversos formatos de archivo, facilitando su análisis y posterior interpretación.

1. Diagrama de flujo PRISMA:

La declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) fue una guía ampliamente reconocida que se utilizó para el reporte transparente y

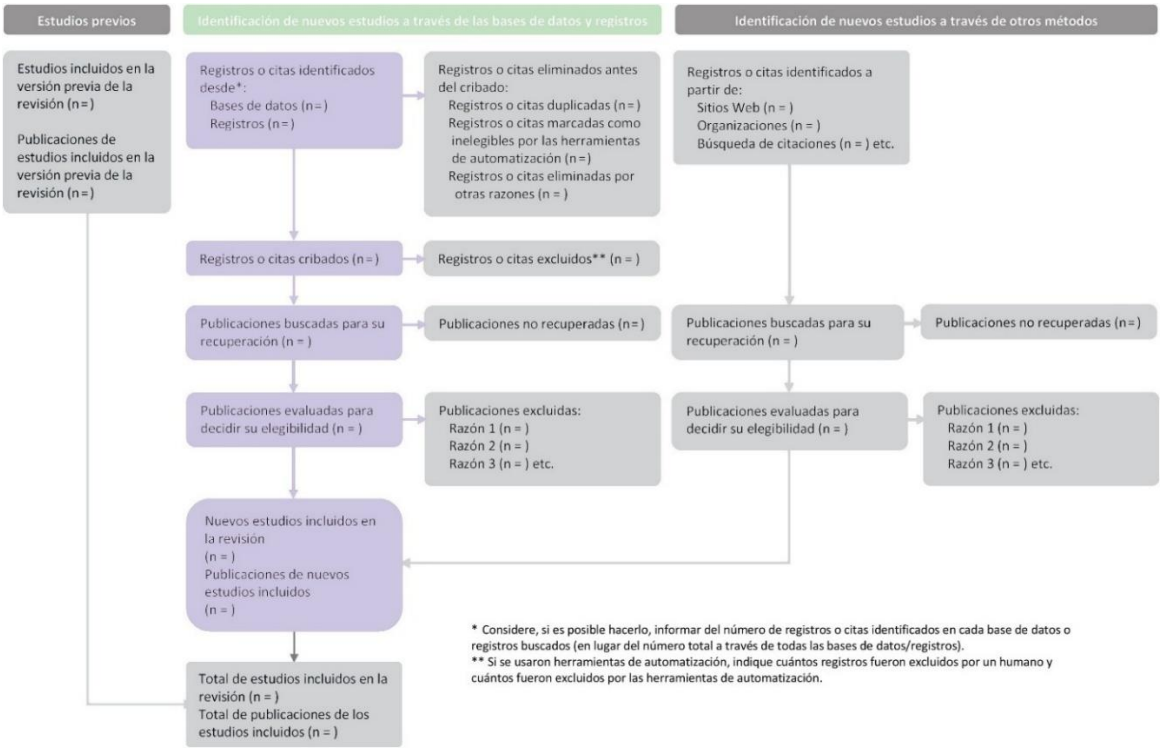
sistemático de revisiones literarias y metaanálisis. Esta metodología proporcionó un marco estructurado que ayudó a garantizar la calidad, la integridad y la replicabilidad de las revisiones sistemáticas (36). Este diagrama mostró:

- El número total de estudios identificados en la búsqueda.
- El número de estudios excluidos tras la evaluación de títulos y resúmenes.
- El número de estudios evaluados a texto completo.
- El número final de estudios incluidos en la revisión sistemática.

En la figura 7 se presenta la plantilla que será utilizada para la síntesis de la información obtenida y la cantidad de artículos finales que serán revisados en su totalidad.

Figura 7

Plantilla PRISMA para revisiones sistemáticas



Nota. Tomado de: *Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. 74(9), 790–799 por Page, M, 2021, Revista Española de Cardiología.*

Se garantizó que la selección de estudios fuera rigurosa, transparente y reproducible, lo que contribuyó a la validez y confiabilidad de los resultados de la revisión sistemática. La utilización de herramientas especializadas y la documentación detallada del proceso facilitó la organización y el análisis de la información.

Para complementar el análisis cualitativo de los estudios incluidos, se empleó VOSviewer (versión 1.6.20). Esta herramienta, especializada en la creación y visualización de mapas bibliométricos, facilitó un análisis de coocurrencia de las palabras clave (keywords) extraídas de los artículos seleccionados en la revisión sistemática. Mediante la importación de los metadatos bibliográficos, VOSviewer genera representaciones gráficas que ilustran la frecuencia y proximidad entre los términos clave. Esto permite agruparlos por similitud temática e identificar clústeres de conceptos recurrentes (37).

La selección de estudios fue rigurosa, transparente y reproducible, lo que contribuye a la validez y confiabilidad de los resultados de la revisión sistemática. La utilización de herramientas especializadas y la documentación detallada del proceso facilitaron la organización y el análisis de la información.

5.5 Análisis de sesgos

La calidad metodológica y la confianza en los hallazgos de esta revisión sistemática se evaluó mediante herramientas internacionalmente reconocidas que permiten valorar tanto el rigor del proceso de revisión como la solidez de la evidencia cualitativa extraída de los estudios incluidos.

5.5.1 Sistema GRADE-CERQual

Para evaluar la calidad de la evidencia, se utilizó el sistema GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluations). Este sistema definió la calidad de la evidencia como el grado de confianza en que la estimación de un efecto fue adecuada para respaldar una recomendación. Para cada resultado clave, se realizó una evaluación independiente,

lo que permitió que una misma intervención tuviera diferentes niveles de calidad de evidencia según los resultados analizados (38). Esta herramienta considera cuatro dominios fundamentales representados en la tabla 2:

Tabla 2

Definiciones de los componentes del enfoque CERQual

Componente	Definición
Limitaciones metodológicas	El grado de preocupación que suscita el diseño o la realización de los estudios primarios que aportaron pruebas a una conclusión de revisión individual.
Coherencia	Una evaluación de la claridad y la coherencia entre los datos de los estudios primarios y una conclusión de revisión que sintetiza esos datos. Por «coherente» entendemos bien fundamentado o convincente.
Adecuación de los datos	Una determinación general del grado de riqueza y cantidad de datos que respaldan un resultado de la revisión.
Relevancia	El grado en que el conjunto de pruebas de los estudios primarios que respaldan un resultado de la revisión es aplicable al contexto (perspectiva o población, fenómeno de interés, entorno) especificado en la pregunta de la revisión.

Nota. Adaptado de: *Applying GRADE-CERQual to qualitative evidence synthesis findings: introduction to the series*. *13(1) por Lewin S, Booth A, Glenton C, Munthe-Kaas H, Rashidian A, Wainwright M, et al., 2018, Implementation Science.*

Con base en estos criterios, cada hallazgo será clasificado en uno de los siguientes niveles de confianza mostrados en la tabla 3:

Tabla 3

Descripciones del nivel de confianza en los resultados de una revisión según el enfoque CERQual

Nivel	Definición
Alta confianza	Es muy probable que los resultados de la revisión sean una representación razonable del fenómeno de interés.
Confianza moderada	Es probable que los resultados de la revisión sean una representación razonable del fenómeno de interés.
Baja confianza	Es posible que los resultados de la revisión sean una representación razonable del fenómeno de interés.

Confianza muy baja	No está claro si los resultados de la revisión son una representación razonable del fenómeno de interés.

Nota. Adaptado de: *Applying GRADE-CERQual to qualitative evidence synthesis findings: introduction to the series. 13(1) por Lewin S, Booth A, Glenton C, Munthe-Kaas H, Rashidian A, Wainwright M, et al., 2018, Implementation Science.*

5.5.2 Herramienta AMSTAR-2

Para evaluar la calidad metodológica de las revisiones sistemáticas, se empleó la herramienta AMSTAR 2 (A MeaSurement Tool to Assess Systematic Reviews) (39), Esta herramienta, diseñada para revisiones que incluyen estudios tanto cualitativos como cuantitativos, consta de 16 ítems, de los cuales siete son considerados críticos. La herramienta AMSTAR 2 clasifica la confianza en los resultados de una revisión en cuatro niveles: Alta, Moderada, Baja o Críticamente Baja. Esta clasificación se determina según el número y tipo de debilidades identificadas durante la evaluación. La tabla 4 detalla cómo AMSTAR 2 asigna estos niveles de confianza, basándose en la presencia de debilidades críticas o no críticas.

Tabla 4

Niveles de confianza de la herramienta AMSTAR-2

Confianza	**Justificación**
Alta	Ninguna debilidad crítica y hasta una no crítica: la RS proporciona un resumen exacto y completo de los resultados de los estudios disponibles.
Media	Ninguna debilidad crítica y más de una debilidad no crítica (aunque si son muchas podría justificarse una baja confianza).
Baja	Hasta una debilidad crítica, con o sin puntos débiles no críticos: la RS podría no proporcionar un resumen exacto y completo.
Críticamente baja	Más de una debilidad crítica, con o sin debilidades no críticas: la RS no es confiable.

Nota. Adaptado de: *AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions. Por Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, Moher D, Tugwell P, Welch V, Kristjansson E, Henry DA, 2017.*

5.5.3 Escala Newcastle-Ottawa (NOS)

Para evaluar la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos en esta revisión sistemática, empleamos la escala Newcastle-Ottawa (NOS). Esta herramienta, ampliamente reconocida y validada, es fundamental para la evaluación crítica de estudios observacionales en revisiones sistemáticas y metaanálisis (40). La escala NOS analiza la calidad de los estudios a través de tres dominios clave:

- Selección de participantes: Este dominio evalúa la representatividad de la muestra expuesta, la selección del grupo no expuesto, la forma en que se determinó la exposición y la confirmación de que el desenlace de interés no estaba presente al inicio del estudio.
- Comparabilidad: Aquí se examina si los grupos de estudio son comparables en relación con factores de confusión importantes, considerando tanto el diseño del estudio como el análisis estadístico.
- Evaluación del desenlace: Se analiza la calidad de la medición del desenlace, incluyendo la duración y la adecuación del seguimiento de las cohortes.

La escala Newcastle-Ottawa asigna un sistema de puntuación por estrellas, con un máximo de 9 estrellas por estudio. Estas se distribuyen de la siguiente manera: hasta 4 estrellas para la selección, hasta 2 para la comparabilidad y hasta 3 para la evaluación del desenlace. Los estudios se clasificarán según su puntuación total:

- Alta calidad: 7-9 estrellas
- Calidad moderada: 4-6 estrellas
- Baja calidad: 1-3 estrellas

A continuación, se presentará una tabla con un ejemplo de cómo se realizará el análisis de calidad metodológica aplicando los criterios de la escala Newcastle-Ottawa.

Tabla 5

Formato de evaluación de estudios por medio de NOS

Study	Selection			Comparability	Exposure				Total Quality Score
	In the Case Definition	Representativeness of the Cases	Selection of Controls	Definition of Controls	Comparability of Cases and Controls	Ascertainment of Exposure	Same Method of Ascertainment for Cases and Controls	Non-Respose Rate	
Wei et al., 2018 [42]	*	*	*	*	*	*	*	0	7
Yeung et al.,2017 [52]	*	*	*	*	*	*	*	*	8

Nota. La escala Newcastle-Ottawa (NOS) para evaluar la calidad de los estudios de casos y controles en metanálisis. Adaptado de: *The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. Por Wells G, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, et al., 2021. The Ottawa Hospital Research Institute.*

5.6 Síntesis de los resultados

Para comprender y visualizar mejor las barreras que influyeron en el acceso, adopción o implementación de la Terapia de Reemplazo Renal (TRC), se realizó una síntesis cuantitativa de los resultados. El objetivo fue agrupar, cuantificar y representar gráficamente estas barreras, identificadas en los estudios seleccionados. Para ello, se empleó un análisis de frecuencias relativas, complementado con el cálculo de intervalos de confianza del 95% (IC 95%) para cada categoría de barrera.

Se contabilizó la frecuencia con la que cada tipo de barrera fue mencionada, ya sea de forma explícita o inferida, en los artículos incluidos. A partir de esta frecuencia, se calculó la proporción correspondiente. Esto se hizo dividiendo el número de estudios que reportaron una barrera específica entre el total de artículos analizados, expresando el resultado en porcentaje. Posteriormente, se estimó el intervalo de confianza del 95% (IC 95%) para cada proporción, utilizando la fórmula específica para proporciones en muestras finitas.

$$IC = p \pm Z * \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Donde p representa la proporción de estudios que mencionan la barrera, n el total de estudios incluidos, y Z el valor correspondiente al 95% de confianza (Z = 1.96).

Para la representación gráfica de los resultados, se utilizó el software JASP (Jeffrey's Amazing Statistics Program) (41), Esta plataforma de análisis estadístico de código abierto permitió generar de forma intuitiva gráficos tipo forest plot, ampliamente empleados en metaanálisis. Estos gráficos visualizaron las frecuencias relativas de aparición de cada barrera junto con sus respectivos intervalos de confianza, lo que facilitó la comparación entre las diferentes categorías de barreras.

Esta síntesis cuantitativa nos permitirá identificar las barreras y facilitadores más frecuentemente reportados en la literatura, así como su peso relativo dentro del conjunto de la evidencia. De esta manera, tendremos una base sólida para discutir estrategias enfocadas en superar estos obstáculos en el contexto de la atención de la falla cardíaca avanzada en Colombia.

6. Resultados

Este capítulo presenta un análisis detallado de los resultados derivados de los artículos seleccionados durante la revisión bibliográfica. Con el fin de sintetizar y contextualizar los hallazgos más relevantes, contrastándolos con la información reportada en la literatura científica actual. Lo cual proporciona una comprensión profunda de cómo estos estudios contribuyen al conocimiento existente en el campo, identificar tendencias, discrepancias y áreas que requieren mayor investigación.

A lo largo de esta sección, se presentan los principales hallazgos de cada artículo, examinando la metodología, datos obtenidos y conclusiones a las que llegaron sus autores. Además, se estableció un diálogo crítico entre los resultados, comparándolos con las perspectivas y teorías predominantes en la literatura. Esto permitió no solo resumir la información, sino también generar un conocimiento más robusto y contextualizado, resaltando la relevancia y el impacto de cada contribución en el panorama científico actual.

La figura 8 y las Tablas 7, 8 y 9 presentan los hallazgos clave de la revisión sistemática. Estos incluyen la identificación de los estudios y sus resultados desglosados por base de datos, las características generales de los estudios, el análisis metodológico con sus resultados clave, y finalmente, los tipos de dispositivos investigados y las barreras identificadas.

6.1 Estudios científicos a partir de la búsqueda sistemática de literatura sobre TRC

Figura 8

Matriz de búsqueda automatizada

Introduce hasta diez palabras clave que describan tu tema de investigación.
Recuerda que una palabra clave es uno o más términos que refieran inequívocamente a un concepto.
Si tu palabra clave tiene más de dos términos, ponla entre comillas. Ej. "human rigths".

		Ecuación de búsqueda
1.	"cardiac resynchronization therapy"	(("cardiac resynchronization therapy" OR "CRT") NOT (ICD)) AND ("heart failure" OR "left ventricular dysfunction") AND ("implantable devices" OR "cardiac implants")
2.	"heart failure"	
3.	"implantable devices"	
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

Escribe hasta cinco sinónimos que correspondan a cada una de tus palabras clave.

	"cardiac resynchronization therapy"	"heart failure"	"implantable devices"
S1	"CRT"	"left ventricular dysfunction"	"cardiac implants"
S2			
S3			
S4			
S5			

Escribe hasta cinco palabras que desees excluir.

A1	ICD		
A2			
A3			
A4			
A5			

Nota. Matriz otorgada por el docente Luis Anderson Trejos Vidal de la materia “Procesamiento digital de imágenes biomédicas” durante el octavo semestre de la carrera.

Las bases de datos utilizadas para la búsqueda fueron: Web of Science, Taylor & Francis Online, SpringerLink, Scopus, ScienceDirect, SAGE Publications & Journals, Oxford Academic Journals, Gale Power Search, PubMed y SciELO. Las cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 6

Resultados de búsqueda obtenidos por cada base de datos

Bases de datos indexadas	*Artículos encontrados sin criterios de elegibilidad seleccionados*	*Artículos encontrados con criterios de elegibilidad seleccionados*
Web of Science	71	11
Taylor & Francis Online	19	1
SpringerLink	104	12
Scopus	199	33
ScienceDirect	794	112
SAGE Publications & Journals	7	1
Oxford Academic Journals	680	91
Gale Power Search	254	135

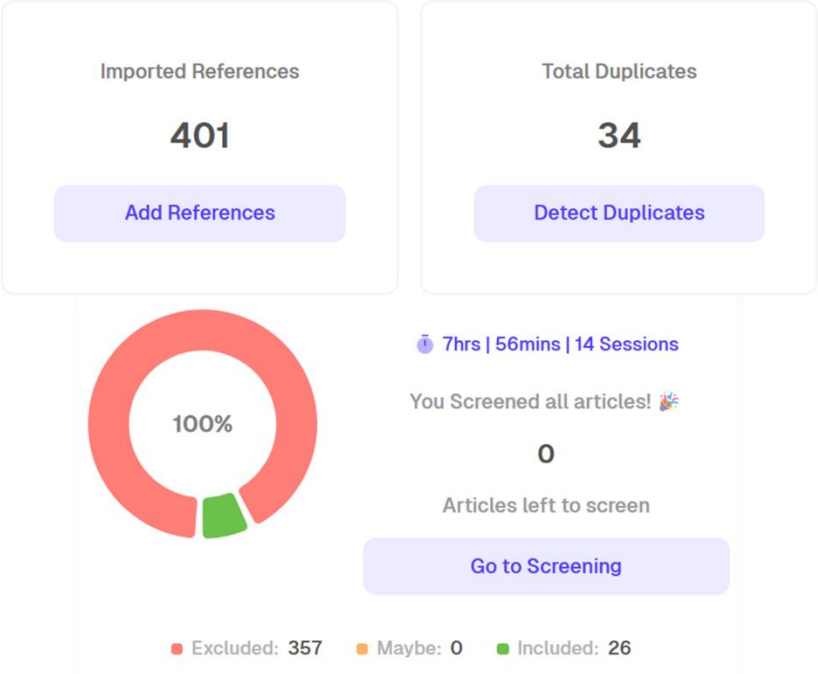
Pubmed	53	5
Scielo	2	0
Total	2183	401

Nota. Elaboración propia.

Una vez completada la selección inicial en la plataforma Rayyan, se validaron y escogieron 26 artículos para un análisis a fondo. El objetivo era identificar las barreras de acceso a la terapia de resincronización cardíaca. Lo cual se puede observar en la figura 9.

Figura 9

Resultados de la selección con validación por pares



Nota. Tras finalizar el proceso de selección en la plataforma Rayyan, se seleccionaron 26 artículos para su revisión a texto completo, con el fin de identificar las barreras de acceso a la TRC. Fuente: Rayyan App.

A continuación, en la tabla 7 se describen las características generales de los 26 estudios seleccionados. Esta lista sintetiza estudios clave sobre dispositivos cardíacos implantables (DCI) y la terapia de resincronización cardíaca, abordando desde su eficacia hasta los desafíos asociados.

Tabla 7

Características generales del estudio

N°	Autores	País(es) y año	Título del artículo	Tipo de estudio	Dispositivo implantable evaluado	Tipo de publicación
1	Llewellyn, J, Barker, E, Bowe, C, Hallas, N, Oghagbon, R, Rao, A	Reino Unido (2023)	Assessing the Cost and Resource Use Impact of Implantable Cardiac Defibrillator Shocks in the UK CareLink Population	Observacional retrospectivo	CDI y CRT-D	Artículo original de investigación
2	Kotalczyk, A, Kalarus, Z, Wrigth, D.J, Boriani, G, Lip, G	Reido Unido, Polonia, Italia (2020)	Cardiac Electronic Devices: Future Directions and Challenges	Revisión narrativa	TRC, CDI, marcapasos, desfibriladores subcutáneos, marcapasos sin cables, monitores implantables	Revisión
3	Chandramohan, D, Singh, P, Garapati, H.N, Konda, R., Chandramohan, D, Jena, N, Bali, A, Simhadri, P.K	Estados Unidos (2024)	Cardiac Implantable Electronic Device Infections in Patients with Renal Insufficiency: A Systematic Review and Meta-Analysis	Revisión sistemática y metaanálisis	CDI, TRC, marcapasos	Artículo científico (revisión sistemática con metaanálisis)
4	Adavidoaei, C.G, Haba, A.M, Costache, I.I, Onofrei, V, Haba, C.M.S, Rezus, C, Ursaru, A, Tesloianu, N.D	Rumania (2022)	Cardiac Implantable Electronic Devices in Different Anatomical Types of Persistent Left Superior Vena Cava: Case Series and Brief Review of the Literature	Serie de casos con revisión narrativa	Marcapasos y CDI	Artículo (reporte de casos + revisión narrativa)
5	Chen, Z, Ma, X, Gao, X, Wu, Y, Xu, N, Chen, F, Song, Y, Li, C, Lu, M, Dai, Y, Gold, M.R, Zhao, S, Chen, K	China y Estados Unidos (2023)	Cardiac magnetic resonance-derived myocardial scar is associated with echocardiographic response and clinical prognosis of left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization therapy	Observacional retrospectivo	TRC	Artículo original de investigación
6	Assa, S, Vernooy, K, Stipdonk, A	Países bajos (2023)	Cardiovascular Implantable Electronic Devices Enabled Remote Heart Failure Monitoring; What We Have Learned and Where to Go Next	Revisión narrativa	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, monitores implantables	Revisión
7	Ollitrault P, Chaumont, C, Font, C, Amelot, M, Brejoux, C, Champ-Rigot, L, Ferchaud, V, Garcia, R, Gomes, S, Lebon, A, Loiselet, P, Martins, R, Metais, D, Pellissier, A, Defaye, P, Miliez, P, Anselme, F	Francia (2023)	Conduction system pacing in France in 2022: A snapshot survey from the Working Group of Pacing and Electrophysiology of the French Society of Cardiology	Observacional (encuesta nacional)	TRC, CDI, marcapasos	Artículo original de investigación
8	Salah, H, Fudim, M, Burkhoff, D	Estados Unidos (2023)	Device Interventions for Heart Failure	Revisión narrativa	TRC, CDI, marcapasos, CCM, BAT, VNS, LVAD, interatrial shunts, PAP monitors, entre otros	Revisión narrativa
9	Veres, B, Kiss, B, Fehervari, P, Engh, M.A, Hegyi, P, Zima, E, Merkely, B, Kosztin, A	Hungría (2025)	Enhancing Heart Failure Management: A Systematic Review and Meta-Analysis of Continuous Remote Telemedical Management vs. In-Person Visit in Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices	Ensayo clínico aleatorizado	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D	Revisión sistemática con metaanálisis
10	Abe, T, Evbayekha, E, Jackson, L, Al-Khatib, S, Lewsey, S, Breathett, K	Estados Unidos (2025)	Evolving Indications, Challenges and Advances in Cardiac Resynchronization Therapy for Heart Failure	Revisión narrativa	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, LBBAP, HBP	Revisión
11	Chick, W, Monkhouse, C, Muthumala, A, Ahsan, S, Papageorgiou, N	Reino Unido (2024)	Implantable Cardiac Devices in Patients with Brady- and Tachy-Arrhythmias: An Update of the Literature	Revisión narrativa	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, S-ICD, marcapasos sin cables	Revisión
12	Ziacchi, M, Molon, G, Giudici, V, Botto, G.L, Viscusi, M, Brasca, F, Santoro, A, Curcio, A, Manzo, M, Mauro, E, Biffi, M, Costa, A, Aquila, A.D, Casale, M.C, Boriani, G	Italia (2023)	Integration of a Smartphone HF-Dedicated App in the Remote Monitoring of Heart Failure Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices: Patient Access, Acceptance, and Adherence to Use	Observacional	TRC, CDI, CRT-D	Artículo original de investigación
13	Simpson, J, Yoder, M, Christian-Miller, N, Wheat, H, Kovacs, B, Cunnane, R, Ghannam, M, Lian, J,J (2025)	Estados Unidos (2025)	Long-Term Complications Related to Cardiac Implantable Electronic Devices	Revisión narrativa	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, S-ICD, marcapasos sin cables, monitores implantables	Revisión
14	Imberti, J.F, Mei, D.A, Fontanesi, R, Gerra, L, Bonini, N, Vitolo, M, Turco, V, Casali, E, Boriani, G	Italia (2023)	Low Occurrence of Infections and Death in a Real-World Cohort of Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices	Observacional prospectivo	Marcapasos, CDI, TRC	Artículo original de investigación
15	Imnadze, G, Awad, K, Kranig, W, Glorgberidze, I	Alemania y Estados Unidos (2020)	Modified Pull-Through Technique for Cardiac Resynchronization Therapy Upgrades in Patients with Occluded Access Veins	Serie de casos	TRC, CDI, marcapasos	Artículo original

16	Leclerq, C, Burri, H, Calò, L, Rinaldi, C.A, Sperzel, J, Thibault, B, Betts, T, Defaye, P, Hain, A, Piot, O, Lee, K, Lin, W, Pollastrelli, A, Grammatico, A, Boriani, G	Francia, Suiza, Italia, Reino Unido, Alemania, Canadá, Estados Unidos (2025)	Multipoint pacing is associated with reduction of heart failure hospitalizations or death in patients who do not respond to cardiac resynchronization therapy: results of the MORE-CRT MPP randomized trial	Ensayo clínico aleatorizado (RCT)	TRC con multipoint pacing (MPP) y biventricular pacing (BIVP)	Artículo original de investigación
17	Toscos, T, Daley, C, Wagner, S, Coupe, A, Ahmed, R, Holden, R.J, Flanagan, M.E, Pfafman, R, Ghahari, R.R, Mirro, M	Estados Unidos (2020)	Patient responses to daily cardiac resynchronization therapy device data: A pilot trial assessing a novel patient-centered digital dashboard in everyday life	Observacional	TRC y CRT-D	Artículo original de investigación
18	Klein, C, Boveda, S, De Groote, P, Galinier, M, Jourdain, P, Mansourati, J, Pathak, A, Roubille, F, Sabatier, R, Guedon-Moreau, L	Francia y Mónaco (2024)	Remote management in patients with heart failure (from new onset to advanced): A practical guide	Revisión narrativa con consenso de expertos	TRC, CDI, CRT-D, monitores hemodinámicos implantables	Revisión
19	Loboda, D, Wilczek, J, Simionescu, K, Biernat, J, Jadczyk, T, Wojakowski, W, Golba, K.S	Polonia y República Checa (2023)	Severe sleep apnea as a predictor of failure to respond to cardiac resynchronization therapy	Observacional prospectivo	TRC y CRT-D	Artículo original de investigación
20	Dewidar, O, Dawit, H, Barbeau, V, Birnie, D, Welch, V, Wells, G.A	Canadá (2022)	Sex Differences in Implantation and Outcomes of Cardiac Resynchronization Therapy in Real-World Settings: A Systematic Review of Cohort Studies	Revisión sistemática de estudios observacionales	TRC, CRT-D, CRT-P	Revisión sistemática con metaanálisis
21	Zamorano, J.L, Vörös, G, Calvi, V, Osca, J, Quesada, A, Vernooy, K, Martinez J.G, Maass, A.H, Nof, E, Tolosana, entre otros	España, Bélgica, Italia, Países Bajos, Reino Unido, Alemania, Austria, Israel (2025)	Sex-specific response to cardiac resynchronization therapy: the BIO|WOMEN trial	Ensayo clínico prospectivo no aleatorizado	TRC (CRT-P y CRT-D)	Artículo original de investigación
22	Tong, F, Sun, Z	China (2023)	Strategies for Safe Implantation and Effective Performance of Single-Chamber and Dual-Chamber Leadless Pacemakers	Revisión narrativa	Marcapasos sin cables, incluyendo VVI, VDD, AAI y sistemas duales	Revisión
23	Diaz, J.C, Duque, M, Aristizabal, J, Marin, J, Niño, C, Bastidas, O, Ruiz, L.M, Matos, C.D, Hoyos, C, Hincapie, D, Velasco, A, Romero, J.E (2023)	Colombia y Estados Unidos (2023)	The Emerging Role of Left Bundle Branch Area Pacing for Cardiac Resynchronisation Therapy	Revisión narrativa	TRC	Revisión
24	Nappi, F, Iervolino, A, Singh, S	Francia, Italia, Reino Unido (2021)	The New Challenge for Heart Endocarditis: From Conventional Prosthesis to New Devices and Platforms for the Treatment of Structural Heart Disease	Revisión narrativa	TRC, CDI, marcapasos, válvulas mecánicas, bioprótesis, TAVI, marcapasos sin cables	Revisión
25	Iliescu, S, Voroneanu, L, Covic, A.M, Scripcariu, D.V, Statescu, C, Covic, A.C	Rumania (2024)	Tricuspid Regurgitation Associated with Implantable Cardiac Devices: A Double-Edged Sword	Revisión narrativa	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, marcapasos sin cables	Revisión
26	Caleffi, D, Ferri, P, Bellifemine, M, Rovesti, S, Valenti, M	Italia (2024)	What is Known About Early Mobilisation After Cardiac Electronic Device Implant? A Scoping Review	Revisión exploratoria	Marcapasos, CDI, TRC, CRT-D	Revisión

Nota. Elaboración propia.

Se analizaron 26 artículos científicos identificados a través de la plataforma Rayyan, los cuales ofrecieron información detallada sobre su procedencia y metodología. Los estudios seleccionados provienen de diversas ubicaciones geográficas, distribuidos de la siguiente manera: Estados Unidos: 8 estudios (3, 5, 8, 10, 13, 16, 17, 23), Italia: 5 estudios (12, 14, 16, 24, 26), Reino Unido: 4 estudios (1, 2, 21, 24), Francia: 4 estudios (7, 16, 18, 24), China: 2 estudios (5, 22), Polonia y República Checa: 2 estudios (11, 19), Rumania: 2 estudios (4, 26), Países Bajos: 2 estudios (6, 21), Alemania: 2 estudios (16, 21), Canadá: 2 estudios (16, 20); Otros países (con un estudio cada uno): Hungría (9), Suiza (16), España (21), Bélgica (21), Austria (21), Israel (21), Colombia (23).

Con respecto a las metodologías identificadas en los artículos fueron variadas con estudios cuantitativos, cualitativos y mixtos; Revisión narrativa: 11 estudios (2, 6, 8, 10, 11, 13, 18, 22, 23, 24, 25), Estudio observacional: 7 estudios (1, 5, 7, 12, 14, 17, 19), Ensayo clínico aleatorizado: 3 estudios (9, 16, 21), Revisión sistemática y metaanálisis: 1 estudio (3), Serie de casos: 2 estudios (4, 15), Revisión sistemática: 1 estudio (20), Revisión exploratoria: 1 estudio (26).

En la mayoría de los estudios analizados, se evaluaron diversos dispositivos cardíacos implantables (DCI). Entre ellos, predominaron los dispositivos de asistencia ventricular, junto con cardiodesfibriladores implantables (CDI) y terapias de resincronización cardíaca (TRC), incluyendo CRT-D y CRT-P. También se incluyeron marcapasos de distintos tipos (convencionales, sin cables, y con funciones avanzadas como LBBAP y HBP), desfibriladores subcutáneos (S-ICD) y monitores implantables (hemodinámicos, de presión de la arteria pulmonar). Otros dispositivos menos frecuentes, pero también mencionados fueron los sistemas de estimulación multipunto (MPP y BIVP) para TRC, así como CCM, BAT, VNS, LVAD, shunts interauriculares, válvulas mecánicas, bioprótesis y TAVI.

Tabla 8

Objetivos, metodología y resultados clave

N°	Objetivo del estudio	Metodología	Tamaño muestral	Tipo de análisis	Resultados
1	Estimar los costos y recursos de salud derivados de shocks apropiados e inapropiados en pacientes con desfibriladores cardíacos implantables.	Estimar los costos y recursos de salud derivados de shocks apropiados e inapropiados en pacientes con desfibriladores cardíacos implantables.	112 pacientes que experimentaron 143 episodios únicos de shocks	Estadístico y cuantitativo	Los shocks, aunque pocos, generaron costos significativos y uso de recursos, especialmente los inapropiados, con mayor impacto económico.
2	Revisar tecnologías emergentes en dispositivos electrónicos cardíacos y los desafíos clínicos, técnicos y de seguimiento que enfrentan actualmente.	Revisión narrativa basada en búsqueda bibliográfica en PubMed y ClinicalTrials.gov sobre dispositivos de manejo del ritmo cardíaco.	N/A	Cualitativo	Se identifican avances tecnológicos, beneficios clínicos potenciales y limitaciones actuales en dispositivos implantables, incluyendo monitoreo remoto y accesibilidad.
3	Evaluar tasas de infección y riesgo de mortalidad por dispositivos cardíacos implantables en pacientes con insuficiencia renal.	Búsqueda sistemática en bases de datos, selección por criterios PRISMA, análisis estadístico con modelo de efectos aleatorios.	359,784 pacientes con insuficiencia renal (263,819 con CKD y 89,617 con ESRD)	Estadístico y cuantitativo	CKD y ESRD aumentan riesgo de infección por CIED; ESRD también se asocia con mayor mortalidad post-infección.
4	Describir dificultades técnicas y estrategias de implantación de dispositivos cardíacos en pacientes con vena cava superior izquierda persistente.	Análisis retrospectivo de 4 casos clínicos con PLSVC diagnosticados durante implante de marcapasos o CDI, con revisión bibliográfica complementaria.	4 pacientes (de un total de 6 con PLSVC en una cohorte de 4000 procedimientos)	Cualitativo	La implantación fue posible adaptando técnica y herramientas; se evitaron complicaciones graves como perforación o mala colocación del electrodo.
5	Evaluar si la carga de cicatriz miocárdica por resonancia magnética predice respuesta ecocardiográfica y pronóstico clínico en TRC-LBBAP.	Análisis retrospectivo de 54 pacientes con TRC-LBBAP y resonancia magnética previa, evaluando cicatriz y respuesta ecocardiográfica.	54 pacientes	Estadístico y cuantitativo	Menor carga de cicatriz se asoció con mayor respuesta ecocardiográfica y mejor pronóstico clínico tras TRC mediante LBBAP.
6	Evaluar evidencia, utilidad clínica y desafíos de la monitorización remota de insuficiencia cardíaca mediante dispositivos implantables electrónicos.	Revisión narrativa de estudios observacionales y ensayos clínicos sobre algoritmos de monitoreo remoto en pacientes con insuficiencia cardíaca.	N/A	Cualitativo	Algoritmos multiparamétricos muestran promesa, pero evidencia clínica aún es limitada; se requieren estudios aleatorizados para validar eficacia.
7	Evaluar la adopción, técnicas de implantación y limitaciones percibidas de la estimulación del sistema de conducción en Francia.	Encuesta online a 120 electrofisiólogos franceses sobre experiencia, técnicas, indicaciones y barreras en estimulación del sistema de conducción.	120 encuestados de 101 centros	Estadístico y cuantitativo	LBBAP ampliamente adoptado como técnica preferida; barreras incluyen falta de guías, entrenamiento técnico y duración del procedimiento.
8	Revisar el estado actual, desafíos y oportunidades de las terapias con dispositivos para insuficiencia cardíaca en distintos fenotipos.	Revisión narrativa de literatura científica y ensayos clínicos sobre dispositivos implantables y tecnologías emergentes para insuficiencia cardíaca.	N/A	Cualitativo	Dispositivos ofrecen ventajas sobre fármacos, pero enfrentan barreras clínicas, regulatorias, económicas y de implementación en práctica real.

9	Evaluar si el monitoreo remoto reduce mortalidad, hospitalizaciones y terapias inapropiadas en pacientes con dispositivos cardíacos implantables.	Revisión sistemática y metaanálisis de 16 RCTs comparando monitoreo remoto continuo vs. visitas presenciales en pacientes con IC y CIED.	11,232 pacientes (6288 en RTM, 4944 en visitas presenciales)	Estadístico y cuantitativo	RTM redujo significativamente la mortalidad total y cardiovascular; no hubo diferencias claras en hospitalizaciones ni shocks inapropiados.
10	Analizar avances, desafíos y nuevas indicaciones en TRC, incluyendo técnicas emergentes y barreras de acceso en insuficiencia cardíaca.	Revisión narrativa de literatura científica, ensayos clínicos y guías sobre TRC, CSP y dispositivos implantables en insuficiencia cardíaca.	N/A	Cualitativo	TRC mejora resultados en IC, pero enfrenta desafíos técnicos, clínicos y sociales; CSP ofrece alternativa prometedora con evidencia emergente.
11	Revisar avances, técnicas emergentes y desafíos clínicos en el uso de dispositivos implantables para arritmias y falla cardíaca.	Revisión narrativa de literatura científica, ensayos clínicos y guías sobre dispositivos implantables, técnicas de estimulación y selección de pacientes.	N/A	Cualitativo	Dispositivos implantables mejoran resultados clínicos, pero enfrentan barreras técnicas, regulatorias y sociales; nuevas tecnologías ofrecen soluciones prometedoras.
12	Evaluar acceso, aceptación y adherencia al uso de una app dedicada para monitoreo remoto en pacientes con IC y CIED.	Encuesta aplicada en 10 hospitales italianos y seguimiento de adherencia durante un año en pacientes con dispositivos implantables.	495 pacientes (311 descargaron la app; 138 con seguimiento ≥1 año)	Estadístico y cuantitativo	Alta aceptación inicial; adherencia disminuye con el tiempo; pacientes mayores y sintomáticos muestran mayor compromiso con el uso sostenido.
13	Revisar complicaciones a largo plazo de dispositivos implantables, sus mecanismos, factores de riesgo, diagnóstico y estrategias de manejo clínico.	Revisión narrativa de literatura científica, estudios observacionales y ensayos clínicos sobre complicaciones de dispositivos implantables cardíacos.	N/A	Cualitativo	Complicaciones incluyen fallos de electrodos, arritmias, infecciones, hematomas, regurgitación tricuspídea y efectos psicológicos; requieren vigilancia y manejo especializado.
14	Evaluar incidencia de infecciones y mortalidad en pacientes con dispositivos implantables cardíacos y sus factores predictivos.	Seguimiento prospectivo de 838 pacientes con CIED entre 2016 y 2020, con visitas periódicas y análisis multivariado.	838 pacientes (569 con marcapasos, 269 con CDI/TRC)	Estadístico y cuantitativo	Mortalidad fue alta (25.5%) y asociada a edad, diálisis y fibrilación auricular; infecciones fueron muy poco frecuentes (0.6%).
15	Evaluar la viabilidad de una técnica modificada de tracción para actualizar dispositivos TRC en pacientes con venas ocluidas.	Se aplicó técnica de tracción transfemoral en 6 pacientes con venas ocluidas, seguida de angioplastia y reimplantación de electrodos.	6 pacientes	Cualitativo y descriptivo	Todos los procedimientos fueron exitosos, sin complicaciones mayores; los dispositivos funcionaron correctamente en seguimiento a 12 meses.
16	Evaluar si multipoint pacing reduce hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca o mortalidad en pacientes que no responden a TRC.	Pacientes con TRC fueron aleatorizados a MPP o BIVP tras 6 meses sin respuesta ecocardiográfica; seguimiento de 6 meses.	1421 pacientes (722 MPP, 699 BIVP)	Estadístico y cuantitativo	MPP redujo significativamente hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca o muerte en comparación con BIVP en no respondedores a TRC.
17	Evaluar experiencias de pacientes al interactuar con datos de monitoreo remoto diario mediante un panel digital personalizado.	Estudio piloto mixto con 10 pacientes que usaron un panel digital con datos de TRC durante 6-12 meses.	10 pacientes con dispositivos CRT-D Biotronik	Mixto	Los pacientes valoraron el acceso a sus datos, aumentaron el uso del portal y tomaron acciones apropiadas ante cambios detectados.
18	Proporcionar recomendaciones prácticas sobre el uso del monitoreo remoto en diferentes etapas de la insuficiencia cardíaca.	Revisión crítica de literatura y reuniones de consenso entre expertos en insuficiencia cardíaca y salud digital para formular recomendaciones.	N/A	Cualitativo	El monitoreo remoto puede mejorar calidad de vida, seguimiento clínico y reducir hospitalizaciones si se adapta a cada etapa de la IC.
19	Evaluar el impacto de la apnea del sueño en la remodelación ventricular izquierda inducida por TRC en pacientes con FC isquémica.	Evaluación clínica, ecocardiografía y polisomnografía antes y después de 6 meses de TRC en 37 pacientes con IC isquémica.	37 pacientes	Estadístico y cuantitativo	La apnea del sueño severa se asoció con menor respuesta hemodinámica a TRC y peor remodelación ventricular izquierda.
20	Evaluar diferencias por sexo en tasas de implantación y resultados clínicos de TRC en estudios de cohortes reales.	Revisión sistemática de 97 estudios de cohortes con datos desagregados por sexo, siguiendo protocolo PROSPERO y checklist MOOSE.	1,659,207 pacientes (1,172,654 hombres y 486,553 mujeres)	Estadístico y cuantitativo	Hombres reciben más TRC, pero tienen mayor mortalidad y menor mejora en fracción de eyección comparado con mujeres.
21	Evaluar diferencias de respuesta a TRC entre mujeres y hombres con insuficiencia cardíaca y fracción de eyección reducida.	Estudio prospectivo multicéntrico con seguimiento de 12 meses, comparando cambios en LVEF y parámetros clínicos entre sexos.	474 pacientes (230 mujeres, 244 hombres)	Estadístico y cuantitativo	Mujeres mostraron mayor mejoría en LVEF, calidad de vida, remodelado ventricular y menor riesgo de muerte u hospitalización por IC.
22	Revisar estrategias para mejorar seguridad y eficacia de marcapasos sin cables, incluyendo selección de pacientes, técnica y programación.	Revisión de literatura científica y estudios clínicos sobre complicaciones, rendimiento y avances tecnológicos en marcapasos sin cables.	N/A	Cualitativo	LPMs reducen complicaciones comparado con TPMs, pero requieren estrategias específicas para evitar perforación, dislocación y pérdida de sincronía AV.
23	Revisar evidencia clínica y técnica sobre el uso de LBBAP como alternativa a la TRC convencional en insuficiencia cardíaca.	Revisión de estudios observacionales, ensayos clínicos y guías sobre LBBAP, BiVp y técnicas de estimulación del sistema de conducción.	N/A	Cualitativo	LBBAP mejora la sincronía ventricular, reduce hospitalizaciones por IC y supera limitaciones técnicas de la TRC convencional con BiVp.
24	Analizar mecanismos, microbiología, prevención y desafíos clínicos de la endocarditis infecciosa en dispositivos cardíacos convencionales y nuevos.	Revisión narrativa de literatura científica, estudios clínicos y guías sobre infecciones en dispositivos cardíacos y biomateriales implantables.	N/A	Cualitativo	Las infecciones en dispositivos cardíacos están en aumento; se requieren estrategias preventivas, biomateriales innovadores y equipos multidisciplinarios.
25	Analizar mecanismos, epidemiología, pronóstico y estrategias de manejo de la regurgitación tricuspídea asociada a dispositivos cardíacos implantables.	Revisión narrativa basada en búsqueda bibliográfica en PubMed, Scopus y Embase hasta julio de 2024, con criterios definidos.	N/A	Cualitativo	La TR asociada a CIEDs aumenta mortalidad y hospitalizaciones por IC; se requieren estrategias preventivas y manejo multidisciplinario.
26	Mapear la literatura sobre movilización temprana tras implante de CIED y explorar resultados clínicos y complicaciones asociadas.	Búsqueda en seis bases de datos, selección por criterios definidos, análisis descriptivo de estudios primarios sobre movilización postimplante.	8 estudios incluidos; total de 1017 pacientes (459 en intervención experimental)	Cualitativo	La movilización temprana es segura, no aumenta complicaciones, y puede mejorar dolor, independencia funcional y recuperación postoperatoria.

Nota. Elaboración propia.

Los tamaños muestrales de los estudios revisados variaron significativamente. Se encontraron desde análisis con pocos pacientes, como 4 pacientes con PLSVC o 6 pacientes específicos, hasta cohortes masivas que superaron el millón y medio de pacientes, como el estudio

con 1,659,207 participantes (1,172,654 hombres y 486,553 mujeres) o los 359,784 pacientes con insuficiencia renal. Otros estudios incluyeron: 112 pacientes que experimentaron 143 episodios de shocks; 54 pacientes en un estudio; 120 encuestados de 101 centros distintos; 11,232 pacientes evaluados por telemonitorización (6288 en RTM, 4944 en visitas presenciales); 495 pacientes, de los cuales 311 descargaron una aplicación y 138 tuvieron seguimiento de al menos un año; 838 pacientes con dispositivos cardíacos (569 con marcapasos, 269 con CDI/TRC); 1421 pacientes en un estudio comparativo (722 con MPP y 699 con BIVP); 10 pacientes con dispositivos CRT-D Biotronik; 37 pacientes en otro estudio; 474 pacientes (230 mujeres, 244 hombres). Finalmente, una revisión sistemática que incluyó 8 estudios con un total de 1017 pacientes, de los cuales 459 estaban en el grupo de intervención experimental. Cabe destacar que varios estudios no especificaron claramente su tamaño muestral, lo que se indica como "N/A" (no aplica o no disponible).

Tabla 9

Dispositivo evaluado y barreras identificadas

N°	Tipo de dispositivo	¿TRC explícitamente mencionado?	Barreras de acceso identificadas	Tipo de barreras identificadas
1	CDI y algunos CRT-D (resincronización con desfibrilador)	Sí	Baja implantación en Reino Unido, impacto psicológico post-shock, restricciones legales (prohibición conducir), programación subóptima en centros, falta de tecnologías como SmartShock.	Clínicas, institucionales, personales, regulatorias.
2	TRC, CDI, marcapasos, desfibriladores subcutáneos, marcapasos sin cables, monitores implantables	Sí	Complicaciones técnicas, acceso limitado a tecnologías avanzadas, criterios subóptimos de selección, adherencia variable, restricciones regulatorias, seguimiento digital limitado.	Clínicas, tecnológicas, institucionales, regulatorias, del paciente.
3	CDI, TRC, marcapasos	Sí	Subrepresentación en ensayos, criterios variables de selección, acceso limitado a dispositivos avanzados, mayor riesgo postoperatorio, costos elevados, infraestructura limitada.	Clínicas, tecnológicas, institucionales, económicas, regulatorias.
4	Marcapasos y CDI	Sí	Diagnóstico tardío, dificultad técnica por anatomía anómala, riesgo de colocación incorrecta, imágenes preoperatorias limitadas, necesidad de experiencia avanzada.	Clínicas, técnicas, institucionales.
5	TRC	Sí	Criterios de selección poco claros, variabilidad en morfología QRS, acceso limitado a resonancia magnética, evidencia insuficiente sobre cicatriz miocárdica, dependencia de experiencia técnica.	Clínicas, tecnológicas, institucionales, científicas.
6	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, monitores implantables	Sí	Sensibilidad limitada de algoritmos, protocolos no estandarizados, interpretación variable, acceso desigual a tecnologías avanzadas, dependencia de experiencia clínica, criterios poco claros.	Tecnológicas, clínicas, institucionales, científicas.
7	TRC, CDI, marcapasos	Sí	alta de guías/consenso, formación insuficiente, curva de aprendizaje prolongada, sistemas/material limitado, procedimiento complejo, parámetros subóptimos, riesgos técnicos, datos de seguridad insuficientes, costos elevados.	Clínicas, técnicas, institucionales, regulatorias, económicas.
8	TRC, CDI, marcapasos, CCM, BAT, VNS, LVAD, interatrial shunts, PAP monitors, entre otros	Sí	Falta de integración clínica, criterios de selección poco claros, acceso limitado a tecnologías, costos elevados, curvas de aprendizaje prolongadas, aprobación regulatoria baja, evidencia insuficiente, desigualdad de acceso.	Clínicas, tecnológicas, regulatorias, económicas, institucionales, científicas.
9	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D	Sí	Parámetros empíricos no estandarizados, baja adopción clínica, falta de protocolos para alertas, variabilidad en sistemas, acceso desigual, evidencia limitada, curvas de aprendizaje prolongadas, integración deficiente.	Tecnológicas, clínicas, regulatorias, científicas, institucionales.

10	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, LBBAP, HBP	Sí	Subutilización en mujeres/minorías, falta de consenso sobre respuesta, retrasos en derivación, dificultades técnicas, acceso limitado, entrenamiento insuficiente, costos elevados, infraestructura limitada.	Clínicas, técnicas, institucionales, regulatorias, económicas, sociales.
11	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, S-ICD, marcapasos sin cables	Sí	Complicaciones en colocación de electrodos, umbrales altos en HBP, curvas de aprendizaje prolongadas, falta de guías clínicas, acceso limitado, mayor riesgo, subutilización en minorías, costos elevados.	Clínicas, tecnológicas, institucionales, regulatorias, económicas, sociales.
12	TRC, CDI, CRT-D	Sí	Falta de dispositivos/familiaridad tecnológica, incompatibilidad de apps, asistencia técnica insuficiente, sin recordatorios automáticos, baja percepción de utilidad, personal limitado, adherencia decreciente.	Tecnológicas, personales, institucionales, motivacionales.
13	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, S-ICD, marcapasos sin cables, monitores implantables	Sí	Curvas de aprendizaje prolongadas, falta de guías clínicas, acceso limitado a tecnologías, mayor riesgo de complicaciones, subutilización en minorías, costos elevados, integración deficiente, impacto psicológico no abordado.	Clínicas, tecnológicas, institucionales, regulatorias, económicas, sociales, psicológicas.
14	Marcapasos, CDI, TRC	Sí	Riesgo elevado en diálisis/corticosteroides, subrepresentación en ensayos, uso limitado de sobres antibióticos, falta de integración clínica, infraestructura limitada, criterios variables de selección.	Clínicas, tecnológicas, institucionales, regulatorias, sociales.
15	TRC, CDI, marcapasos	Sí	Oclusión venosa central, adhesión cicatricial, limitaciones de técnicas convencionales, falta de herramientas láser, riesgo de redundancia, necesidad de experiencia técnica avanzada.	Clínicas, técnicas, institucionales.
16	TRC con multipoint pacing (MPP) y biventricular pacing (BIVP)	Sí	No respuesta clínica, anatomía venosa desfavorable, cicatriz isquémica, estimulación subóptima, variabilidad eléctrica, criterios no estandarizados, baja derivación, adopción limitada de MPP.	Clínicas, técnicas, institucionales, científicas.
17	TRC y CRT-D	Sí	Falta de comprensión clínica, dificultad interpretativa, expectativas no cumplidas, disminución del interés, sin retroalimentación clínica, acceso limitado, familiaridad tecnológica baja, integración deficiente, personalización insuficiente.	Tecnológicas, personales, clínicas, educativas, institucionales.
18	TRC, CDI, CRT-D, monitores hemodinámicos implantables	Sí	Dificultad para visitas presenciales, baja adherencia, infraestructura tecnológica limitada, falta de guías clínicas, acceso desigual, educación estructurada insuficiente, integración deficiente, criterios variables, evidencia limitada.	Clínicas, tecnológicas, institucionales, regulatorias, sociales, educativas.
19	TRC y CRT-D	Sí	Apnea severa, hipoxia miocárdica nocturna, activación adrenérgica elevada, falta de respuesta hemodinámica a TRC, ausencia de guías clínicas, evidencia insuficiente sobre tratamiento.	Clínicas, fisiopatológicas, científicas.
20	TRC, CRT-D, CRT-P	Sí	Subrepresentación femenina en ensayos, menor derivación, sesgo en decisiones clínicas, diferencias en presentación, percepción médica errónea, consejería inequitativa, preocupaciones estéticas, menor inclusión histórica.	Sociales, clínicas, institucionales, regulatorias, científicas.
21	TRC (CRT-P y CRT-D)	Sí	Subrepresentación femenina en ensayos, falta de recomendaciones específicas por sexo, sesgo clínico en derivación, diferencias en presentación, menor uso pese a mayor beneficio, conciencia médica limitada.	Sociales, regulatorias, científicas, clínicas.
22	Marcapasos sin cables, incluyendo VVI, VDD, AAI y sistemas duales	Sí	Riesgo de perforación/dislocación, complicaciones vasculares, limitaciones en sincronía AV, falta de guías clínicas, dificultad interpretativa, baja adopción, experiencia limitada, acceso restringido, evidencia insuficiente.	Clínicas, técnicas, institucionales, tecnológicas, científicas.
23	TRC	Sí	Alta tasa de fallo BiVp, estimulación frénica, umbrales elevados, disposición subóptima, falta de guías clínicas, curva de aprendizaje, riesgo de perforación, acceso restringido a centros experimentados.	Clínicas, técnicas, institucionales, regulatorias, científicas.
24	TRC, CDI, marcapasos, válvulas mecánicas, bioprótesis, TAVI, marcapasos sin cables	Sí	Colonización bacteriana, falta de guías clínicas, alta tasa de infecciones TAVI, eficacia limitada de recubrimientos, disparidad en acceso, evidencia insuficiente, riesgo elevado, costos altos, extracción difícil.	Clínicas, tecnológicas, regulatorias, económicas, institucionales, científicas.
25	TRC, CDI, marcapasos, CRT-D, marcapasos sin cables	Sí	Interferencia mecánica, remodelado ventricular, fibrosis/endocarditis, extracción difícil, falta de guías clínicas, acceso limitado a técnicas alternativas, riesgo elevado, costos altos, subutilización de TTVR/TEER.	Clínicas, técnicas, institucionales, regulatorias, económicas, científicas.
26	Marcapasos, CDI, TRC, CRT-D	Sí	Falta de consenso sobre tiempo/tipo, temor a desplazamiento, variabilidad en consejos, ausencia de guías clínicas, diferencias metodológicas, evidencia limitada, integración deficiente, estudios insuficientes.	Clínicas, institucionales, regulatorias, científicas, educativas.

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 10, se describen las diversas barreras que obstaculizan la implementación y acceso a las terapias cardíacas con dispositivos. Las categorías más recurrentes incluyen:

- Clínicas: Relacionadas con la condición del paciente, diagnóstico y manejo médico.
- Institucionales: Asociadas a la organización y recursos de los centros de salud.
- Tecnológicas/Técnicas: Vinculadas a los dispositivos, su complejidad o el entrenamiento necesario.
- Regulatorias: Referentes a normativas, aprobaciones y políticas de salud.
- Económicas: Relacionadas con costos de los dispositivos y procedimientos.
- Científicas: Vinculadas a la falta de evidencia robusta o investigación.
- Sociales/Personales/Psicológicas/Motivacionales/Educativas: Asociadas a la percepción del paciente, adherencia, nivel de conocimiento o factores socioeconómicos.

Estas barreras a menudo se presentan de forma combinada, reflejando la complejidad de la integración de estas terapias en la práctica clínica.

Tabla 10

Términos clave agrupados por clúster temático según coocurrencia

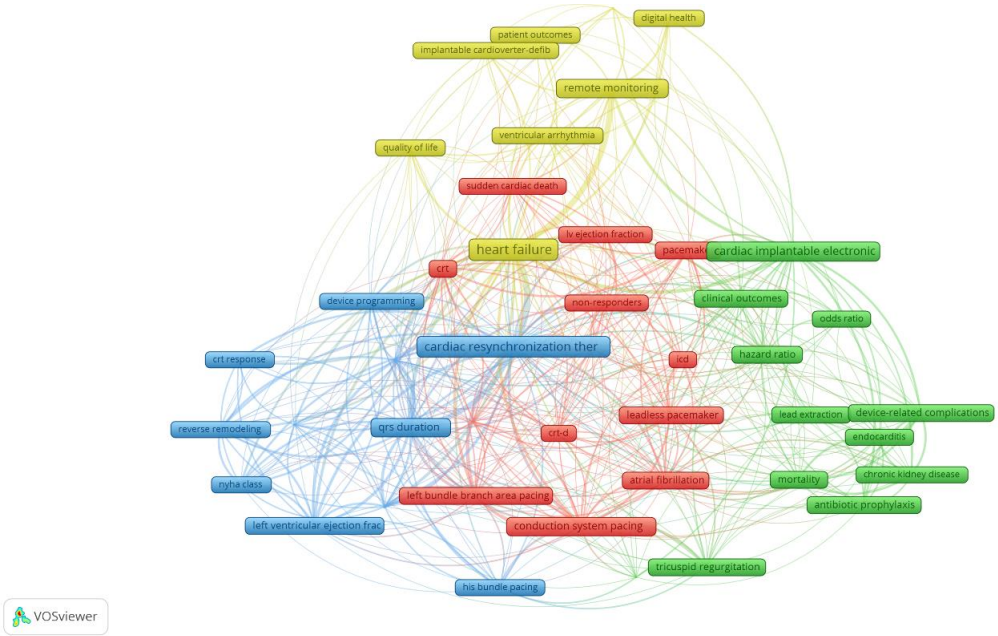
Término	Clúster	Frecuencia	Fuerza total del enlace
Antibiotic prophylaxis	2	4	25
Atrial fibrillation	1	4	49
Biventricular pacing	3	6	59
Cardiac implantable electronic devices	2	9	56
Cardiac resynchronization therapy	3	13	105
Chronic kidney disease	2	3	28
Clinical outcomes	2	4	33
Conduction system pacing	1	7	63
CRT	1	5	45
CRT response	3	3	23
CRT-D	1	3	35
Device programming	3	3	34
Device-related complications	2	4	30
Digital health	4	3	17
Echocardiographic response	1	3	29
Endocartitis	2	3	28
Hazard ratio	2	4	33
Heart failure	4	16	121
His bundle pacing	3	3	33
ICD	1	3	31
Implantable cardioverter-defibrillator	4	3	16
Implantable devices	4	3	13
IV ejection fraction	1	3	20
Lead dislodgement	2	3	20
Lead extraction	2	3	18
Leadless pacemaker	1	4	4
Left bundle branch area pacing	1	5	52

Left bundle branch block	3	4	47
Left ventricular ejection fraction	3	4	45
Mortality	2	4	33
Non-responders	1	3	29
NYHA class	3	3	33
Odds ratio	2	3	21
Pacemaker	1	5	37
Patient education	1	3	17
Patient outcomes	4	3	18
Patient selection	1	4	34
QRS duration	3	7	74
Quality of life	4	3	23
Remote monitoring	4	8	48
Reverse modeling	3	3	33
Sex differences	3	3	31
Sudden cardiac deatch	1	3	27
Tricuspig regurgitation	2	4	32
Ventricular arrhythmia	4	3	26

Nota. Datos obtenidos a través del software VOSviewer. Elaboración propia.

Figura 10

Mapa de coocurrencia de términos clave en los estudios incluidos



Nota. Gráfico generado con la herramienta VOSViewer.

En la figura 10 se presenta el mapa de concurrencia, el cual presenta la visualización de red generada por VOSviewer con la información de manera intuitiva, lo que facilitó el análisis de las relaciones entre los términos. En esta representación, cada término se muestra visualmente a través

de su etiqueta y un recuadro o círculo. El tamaño del círculo (o recuadro) y el de su etiqueta son directamente proporcionales al peso del término. Esto implica que, a mayor peso del término lo que indica una mayor frecuencia de aparición o una relevancia destacada dentro del conjunto de datos analizado, más grande será su representación visual en la red.

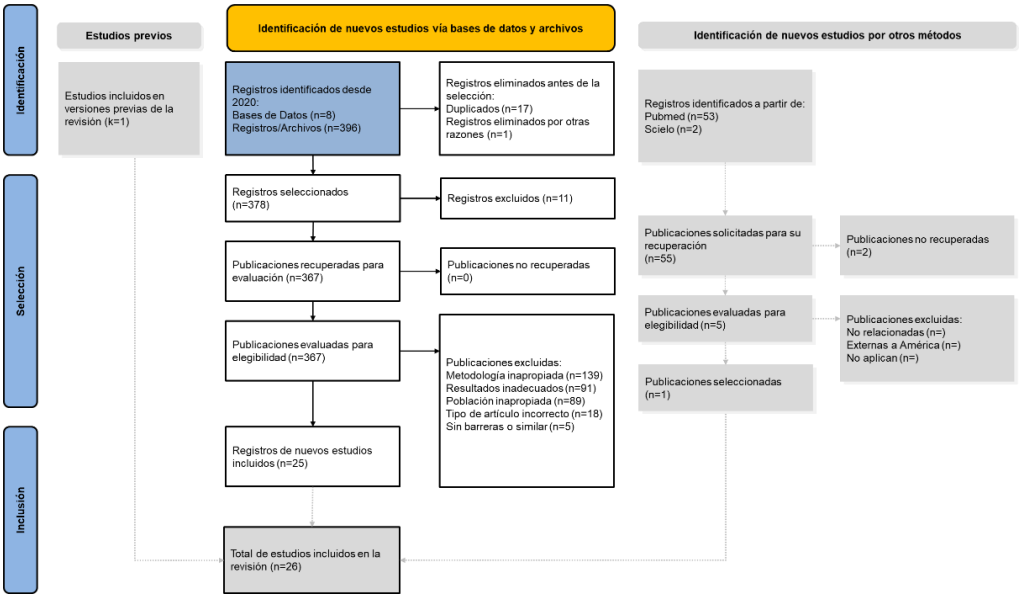
Adicionalmente, los colores desempeñan un papel crucial en la interpretación de la red. Cada color distinto denota un clúster temático al que pertenece el término. De esta forma, los términos que comparten un mismo color se agrupan, lo que sugiere una fuerte relación o conexión entre ellos, formando así conjuntos de conceptos temáticamente afines. Esta agrupación visual permite identificar de manera rápida las principales áreas de investigación o los subtemas emergentes dentro del campo analizado.

Ahora bien, en la figura 11 se presenta la evaluación de la calidad metodológica, mediante el diagrama de flujo de prisma.

6.2 Evaluación de la calidad metodológica

Figura 11

Diagrama de flujo PRISMA



Nota. Los datos del diagrama se lograron obtener con la ayuda de la plataforma para revisiones sistemáticas “Rayyan”. Elaboración propia.

Tabla 11

Valoración de sesgo para los estudios observacionales

Estudio	Selección			Comparabilidad	Exposición				Puntaje total
	Definición del caso	Representatividad de los casos	Selección de controles	Definición de controles	Comparabilidad de casos y controles	Comprobación de exposición	Mismo método de verificación para casos y controles	Tasa de no respuesta	
Llewelyn et al., 2023 (41)	*	*	0	0	0	*	*	*	5
Adavidoaei et al., 2022 (42)	*	*	0	0	0	*	*	*	5
Chen et al., 2023 (43)	*	*	0	0	0	*	*	*	5
Ollitrault et al., 2023 (44)	*	*	0	0	0	*	*	*	5
Ziacchi et al., 2023 (45)	*	*	0	0	0	*	*	*	5
Imberti et al., 2023 (46)	*	*	0	0	0	*	*	*	5
Imnadzi et al., 2020 (47)	*	*	0	0	0	*	*	*	5
Toscos et al., 2020 (48)	*	*	0	0	0	*	*	*	5
Loboda et al., 2023 (49)	*	*	0	0	0	*	*	*	5

Nota. Modificado por los autores.

La puntuación obtenida en la escala NOS (Newcastle-Ottawa Scale) fue moderada (5/9 estrellas) en todos los estudios observacionales evaluados. Esta calificación se atribuye principalmente a la ausencia de grupos control, una característica inherente al diseño transversal o de cohortes únicas de los artículos incluidos. Sin embargo, los estudios presentaron buena definición clínica, adecuada verificación de exposición y seguimiento completo, lo que respalda la validez descriptiva de sus hallazgos dentro del marco analítico propuesto.

Tabla 12

Valoración de sesgo para las revisiones

Estudio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Calidad general
Kotalczyk et al., 2020 (50)	N	N	N	S	N	N	N	SP	N	N	NM	NM	N	N	NM	S	Críticamente baja
Chandramohan et al., 2024 (51)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	Alta
Assa et al., 2023 (52)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Salah et al., 2023 (53)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja

Abe et al., 2025 (54)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Chick et al., 2024 (55)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Simpson et al., 2025 (56)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Klein et al., 2024 (57)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Dewidar et al., 2022 (58)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	Alta
Tong et al., 2023(59)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Diaz et al., 2023 (60)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Nappi et al., 2021 (61)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Iliescu et al., 2024 (62)	N	N	N	SP	N	N	N	S	N	N	NM	NM	N	SP	NM	S	Críticamente baja
Caleffi et al., 2024 (63)	S	N	S	S	S	S	N	S	S	N	NM	NM	S	S	NM	S	Moderada

Nota. S: Sí. N: No. SP: Sí parcial. NM: No metaanálisis. Modificado por los autores.

La evaluación de dieciséis revisiones mediante AMSTAR-2 reveló una marcada heterogeneidad en la calidad metodológica, solo dos revisiones alcanzaron alta calidad al cumplir rigurosamente con los dominios críticos: protocolo previo, evaluación del riesgo de sesgo, duplicación de procesos y análisis de heterogeneidad. Una revisión adicional obtuvo calidad moderada por cumplimiento parcial de criterios esenciales.

La mayoría restante (n=11), compuesta por revisiones narrativas y guías clínicas, presentaron deficiencias metodológicas críticas como ausencia de protocolos, falta de evaluación de sesgo, criterios PICO no explícitos y omisión de listas de exclusión. Pese a su valor contextual y clínico, fueron clasificadas como de calidad críticamente baja, esta heterogeneidad justifica estratificar las revisiones en el proceso de síntesis, priorizando aquellas con mayor solidez estructural y reconociendo las narrativas como complemento contextual, no como fuente primaria de evidencia.

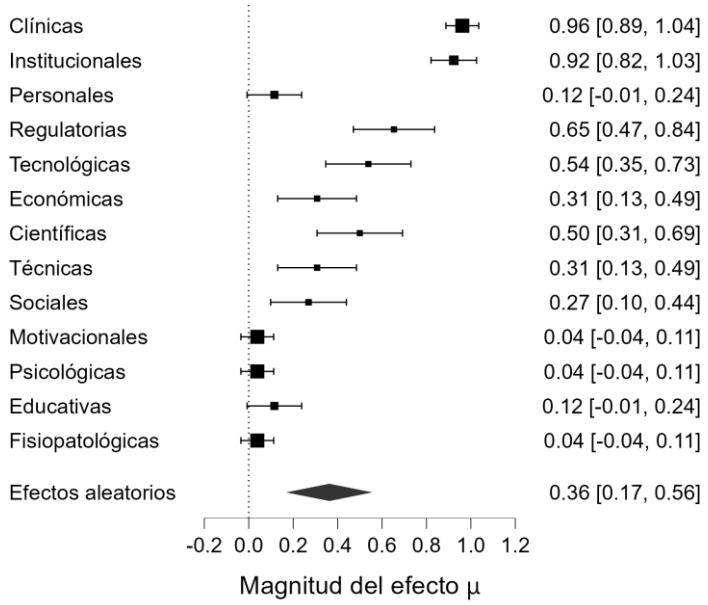
Dado que solo se identificaron tres ensayos clínicos aleatorizados dentro del total de estudios incluidos (n=26), se consideró innecesario realizar un análisis formal de riesgo de sesgo con herramientas específicas como RoB 2. La revisión se centró en estudios observacionales, revisiones sistemáticas y narrativas, los cuales fueron evaluados con instrumentos metodológicamente apropiados para su diseño dependiendo del tipo de artículo.

En las siguientes figuras se observa el forest plot (o gráfico de bosque), el cual es una herramienta visual utilizada en los metaanálisis y revisiones sistemáticas para presentar los resultados de múltiples estudios individuales y el efecto combinado (o "pooled effect").

6.3 Síntesis de factores limitantes y facilitadores

Figura 12

Gráfico de forest plot sobre barreras



Nota. Se realizó un análisis estadístico sobre la relevancia de las barreras encontradas en todos los artículos y se utilizó el modelo de efectos aleatorios debido a la homogeneidad de los artículos. Gráfico generado con la herramienta JASP.

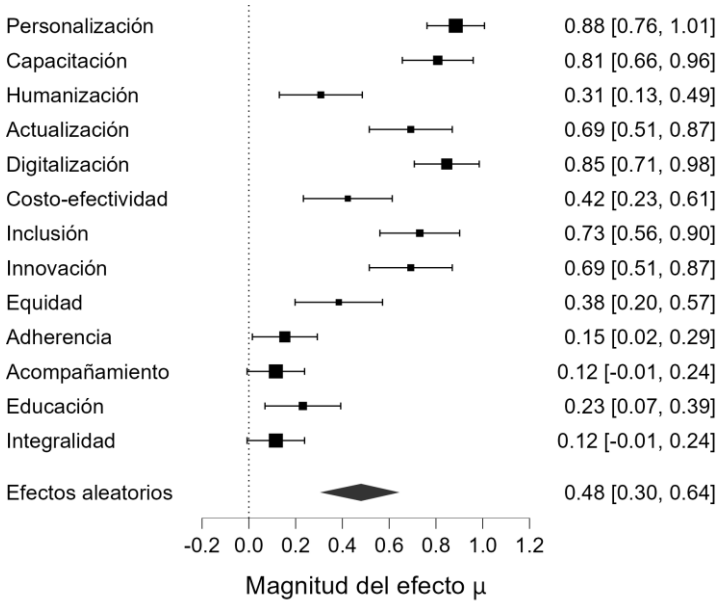
El forest plot sobre barreras en la TRC permitió visualizar de forma compacta cuán consistente es la identificación o el impacto de una barrera específica a través de diferentes estudios, y cuál es la estimación global de su relevancia, junto con la incertidumbre asociada a esa

estimación. Esto es crucial para comprender cuáles son las barreras más significativas y consistentes que deben abordarse para mejorar el acceso y la eficacia de la TRC en pacientes con falla cardíaca.

Asimismo, en la figura 13 se describe el Gráfico de Forest Plot sobre facilitadores en el contexto de la terapia de resincronización cardíaca en pacientes con falla cardíaca, el enfoque es el mismo que para las barreras, pero la interpretación de los resultados cambia. El forest plot es una representación gráfica estándar en revisiones sistemáticas y metaanálisis. Su objetivo principal es mostrar visualmente los resultados de estudios individuales y el efecto combinado (o "pooled effect") de todos los estudios en relación con un determinado resultado o factor.

Figura 13

Gráfico de forest plot sobre facilitadores



Nota. Se realizó un análisis estadístico sobre la relevancia de los facilitadores encontrados en todos los artículos y se utilizó el modelo de efectos aleatorios debido a la homogeneidad de los artículos. Gráfico generado con la herramienta JASP.

En la figura 13 se presenta el forest plot sobre facilitadores permitió visualizar qué factores promueven o mejoran la TRC, la magnitud de su efecto, la consistencia de estos hallazgos entre

diferentes investigaciones y cuál es la estimación general de su impacto, proporcionando una base robusta para identificar áreas de intervención para optimizar esta terapia.

Ahora bien, en la tabla 13 se presenta el análisis de los estudios cualitativos en la revisión sistemática la cual permitió identificar y categorizar las principales barreras y facilitadores que impactaron la implementación y el acceso a las terapias cardíacas con dispositivos.

Tabla 13

Resumen de los hallazgos cualitativos

Resumen de los resultados de la revisión		**Componentes del enfoque GRADE-CERQual**				
Top 7 de barreras identificadas	RFO representada en % (IC 95%)	Limitaciones metodológicas	Coherencia	Adecuación	Relevancia	Confianza general (CERQual)
Las barreras clínicas se relacionan con la complejidad de los pacientes, sus comorbilidades y la falta de respuesta adecuada a ciertos tipos de terapia.	96.2 % (95% IC 88.8–103.5)	Preocupaciones moderadas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta confianza
Las barreras institucionales se reflejan en deficiencias de infraestructura hospitalaria, escasez de personal capacitado y la falta de integración entre especialidades médicas.	92.3 % (95% IC 82.1–102.6)	Preocupaciones moderadas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta confianza
Las barreras regulatorias surgen en ausencia de guías clínicas específicas, criterios de derivación poco claros y demoras en la aprobación de nuevas tecnologías.	65.4 % (95% IC 47.1–83.7)	Preocupaciones moderadas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta confianza
Las barreras tecnológicas se evidencian en problemas de compatibilidad de dispositivos, interoperabilidad deficiente y disponibilidad limitada en ciertos centros.	53.8 % (95% IC 34.7–73.0)	Preocupaciones moderadas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta confianza
Las barreras económicas se derivan del elevado costo de dispositivos y terapias complementarias, además de desigualdades en la cobertura ofrecida por el sistema de salud.	30.8 % (95% IC 13.0–48.5)	Preocupaciones moderadas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta confianza
Las barreras científicas se presentan cuando hay falta de evidencia sólida en grupos específicos, escasez de estudios aleatorizados y ausencia de consenso clínico.	50.0 % (95% IC 30.8–69.2)	Preocupaciones moderadas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta confianza
Las barreras técnicas se observan en dificultades durante el implante, como oclusiones venosas, fijaciones inadecuadas o desafíos en la programación personalizada.	30.8 % (95% IC 13.0–48.5)	Preocupaciones moderadas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta confianza
Top 7 de facilitadores identificados						
Optimización de programación del dispositivo y selección precisa de pacientes.	88.5 % (95% IC 76.2–100.7)	Preocupaciones moderadas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Preocupaciones moderadas	Alta	Confianza moderada

Entrenamiento profesional especializado y protocolos estandarizados para implante y seguimiento.	80.8 % (95% IC 65.6–95.9)	Ninguna o mínimas	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta	Alta	Alta confianza
Actualización de guías clínicas y adaptación de normativas ante evidencia emergente.	69.2 % (95% IC 51.5–87.0)	Preocupaciones moderadas	Alta	Preocupaciones moderadas	Alta	Confianza moderada
Implementación de tecnologías interoperables y algoritmos inteligentes para diagnóstico y tratamiento.	84.6 % (95% IC 70.7–98.5)	Altas	Moderada	Moderada	Alta	Confianza moderada
Uso racional de recursos y adopción de dispositivos costo-efectivos con evidencia clínica sólida.	42.3 % (95% IC 23.3–61.3)	Ninguna o preocupaciones mínimas	Alta	Alta	Alta	Alta confianza
Inclusión de poblaciones subrepresentadas y desarrollo de estudios aleatorizados multicéntricos.	73.1 % (95% IC 56.0–90.1)	Altas	Moderada	Moderada	Alta	Confianza moderada
Uso de herramientas avanzadas (como láser de extracción, navegación 3D) y capacitación en nuevas técnicas.	69.2 % (95% IC 51.5–87.0)	Moderadas	Alta	Moderada	Alta	Confianza moderada

Nota. RFO: Relative frecuency of occurrence. IC: Intervalo de confianza. Elaboración propia.

Las siete barreras más comunes para las terapias cardíacas con dispositivos se agruparon en categorías clave: clínicas (por complejidad y comorbilidades del paciente), institucionales (deficiencias de infraestructura y personal), regulatorias (falta de guías claras y demoras en aprobaciones), tecnológicas (problemas de compatibilidad y disponibilidad), económicas (altos costos y desigualdades de cobertura), científicas (escasez de evidencia y consenso) y técnicas (dificultades en el implante y programación).

Para superar las barreras, se identificaron siete facilitadores clave: la optimización de la programación y selección de pacientes; la capacitación y estandarización de protocolos para profesionales; la actualización de normativas según la evidencia emergente; la innovación tecnológica con herramientas interoperables y algoritmos inteligentes; la eficiencia económica mediante el uso racional de recursos y dispositivos costo-efectivos; la inclusión en investigación de poblaciones subrepresentadas; y el uso de herramientas avanzadas con capacitación en nuevas técnicas.

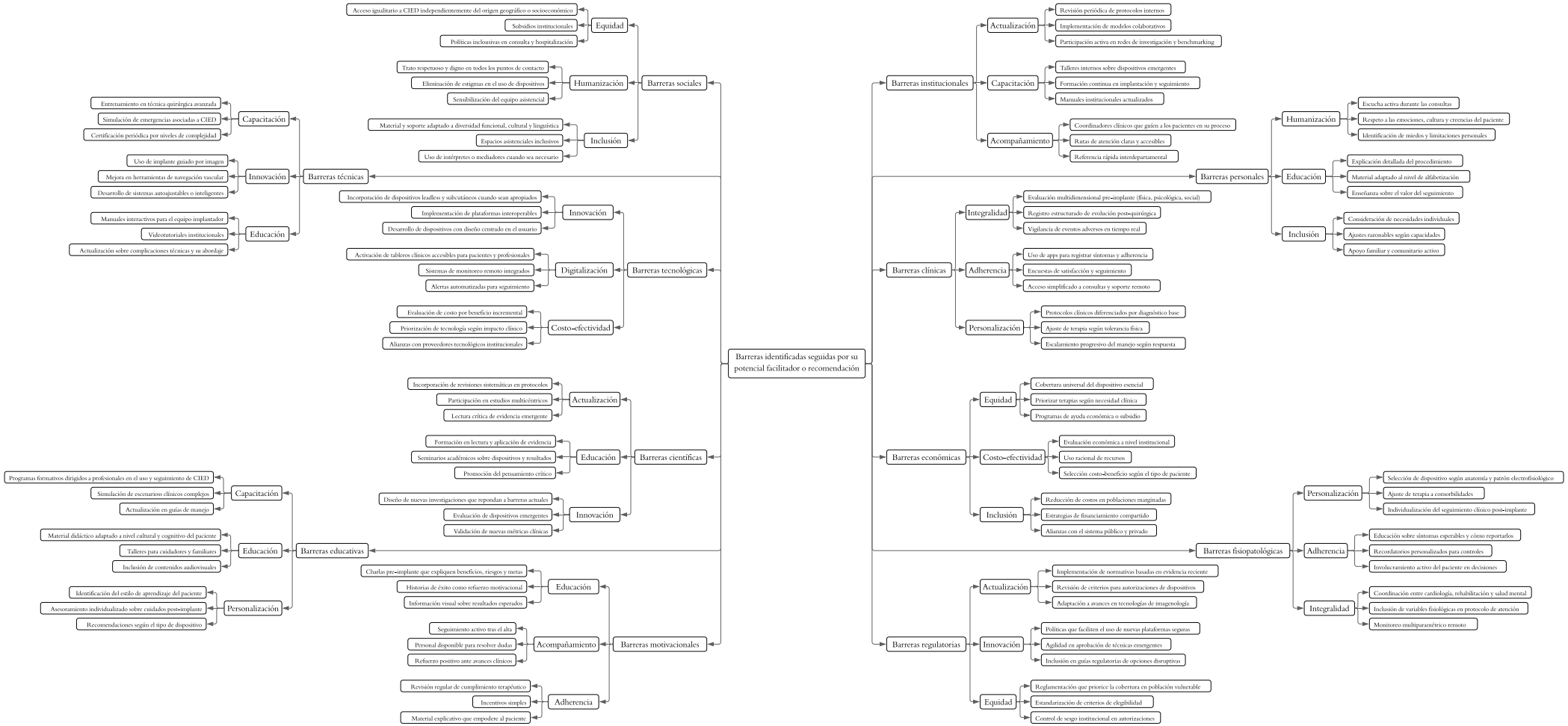
La evaluación de confianza realizada mediante CERQual no implica descartar los facilitadores con niveles moderados o bajos, sino interpretarlos con precaución. Estos hallazgos pueden reflejar áreas emergentes o aspectos aún poco explorados, y su inclusión permite reconocer oportunidades valiosas para futuras investigaciones e implementación clínica.

Con respecto a las estrategias de mejora de barreras, facilitadores y recomendaciones, en la figura 14 se presentan los principales hallazgos mediante el mapa conceptual que integra y relaciona de forma clara los obstáculos identificados con sus facilitadores correspondientes y las propuestas de intervención. Así, se logra una comprensión completa de las conexiones entre las limitaciones existentes, los recursos disponibles y las estrategias propuestas para la mejora.

6.4 Estrategias de mejora

Figura 14

Mapa conceptual de barreras, facilitadores y recomendaciones



Nota. El mapa conceptual integra el análisis de obstáculos identificados con sus correspondientes facilitadores y propuestas de intervención, estableciendo las relaciones entre limitaciones, recursos disponibles y estrategias de mejora. Elaboración propia

7. Discusión

Las terapias cardíacas con dispositivos implantables presentan avances significativos, pero también enfrentan diversos desafíos en el manejo de las afecciones cardíacas, con nuevas técnicas y el monitoreo remoto (MR) mejorando notablemente los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, su implementación no está exenta de riesgos y complicaciones, como fallos de dispositivos, infecciones o shocks inapropiados.

Ahora bien, la adopción generalizada de estas tecnologías se ve obstaculizada por una serie de barreras multidimensionales. Estas incluyen desafíos clínicos y técnicos, limitaciones institucionales y económicas, la necesidad de guías regulatorias estandarizadas y la continua investigación científica. Además, factores sociales, personales y psicológicos influyen en la adherencia y en la variabilidad de la respuesta a la terapia, evidenciando incluso desigualdades en los resultados entre géneros. Superar estas barreras es crucial para maximizar el potencial de estos dispositivos para asegurar un acceso equitativo y eficaz a esta tecnología vital.

7.1 Impacto clínico y eficacia de los dispositivos cardíacos

Los estudios revisados destacaron la eficacia y las implicaciones de los dispositivos cardíacos implantables (DCI). Se analizaron las consecuencias económicas y de recursos asociadas a los choques de desfibriladores, y se revisaron las intervenciones con dispositivos para la FC. Particularmente en la terapia de resincronización cardíaca, se exploró su evolución, desafíos y nuevas indicaciones, incluyendo el papel emergente de la estimulación en el área de la rama izquierda y la estimulación multipunto, la cual había demostrado reducir hospitalizaciones y mortalidad en pacientes no respondedores. Además, se investigaron las diferencias de género en la respuesta a la TRC y el uso de DCI en casos de anatomías cardíacas específicas. Finalmente, se estableció una relación entre la cicatriz miocárdica y la respuesta clínica a la estimulación en el área de la rama izquierda. (Ver tabla 8).

Es importante resaltar que, la terapia de resincronización cardíaca ha evolucionado como un tratamiento eficaz para pacientes con FC, fracción de eyección reducida y QRS prolongado (64).

Los estudios demuestran que los pacientes respondedores a la TRC presentan mayor remodelado reverso, mejor evolución clínica y reducción de hospitalizaciones y mortalidad. Sin embargo, persiste un porcentaje de no respondedores, especialmente en pacientes sin bloqueo de rama izquierda (31). Para mejorar la respuesta, se han desarrollado avances tecnológicos como cables cuadripolares, estimulación multipunto, estimulación endocárdica del ventrículo izquierdo y estimulación del haz de His (31). Además, se enfatiza la importancia de reducir la fibrilación auricular, optimizar las intervenciones y predecir episodios de falla cardíaca (31). La TRC ha demostrado mejorar la calidad de vida y reducir la morbilidad y mortalidad en pacientes seleccionados adecuadamente (65).

7.2 Complicaciones y riesgos asociados a dispositivos cardíacos implantables

Los estudios revisados destacaron diversas complicaciones y riesgos relacionados con los dispositivos cardíacos implantables (DCI). Se evaluó el riesgo de infección en pacientes con disfunción cardiaca y se analizaron las complicaciones a largo plazo inherentes a estos dispositivos, aunque una cohorte en un entorno real reportó una baja ocurrencia de infecciones y mortalidad. Además, se examinó la regurgitación tricúspide como una complicación específica ligada a los DCI, y se identificó la apnea del sueño grave como un factor predictivo del fracaso en la respuesta a la terapia de resincronización cardíaca. Diversos estudios describen el uso de los dispositivos cardíacos implantables (DCI) conllevan riesgos a largo plazo, incluyendo complicaciones y reoperaciones (Ranasinghe et al., 2016). Un estudio retrospectivo en Brasil encontró una tasa de infección del 1,9% en pacientes con DCI, con mayor mortalidad asociada a endocarditis infecciosa y sepsis (66). Otro análisis de 717 pacientes reveló que el 4,8% experimentó fallas de estimulación en las primeras dos semanas post-implantación, mientras que las infecciones tardías se relacionaron con hematomas prolongados y reposicionamiento de electrodos (67). Un estudio francés reciente demostró que los desfibriladores implantables y la terapia de resincronización cardíaca presentan mayor riesgo de infección y endocarditis infecciosa en comparación con los marcapasos, aunque no se encontraron diferencias significativas entre dispositivos de una y dos cámaras (68).

7.3 Monitoreo remoto de la falla cardiaca con dispositivos implantables

Los estudios analizados destacan el creciente papel del monitoreo remoto (RTM) para pacientes con FC y dispositivos cardíacos implantables. Se discutió lo aprendido y las futuras direcciones de esta tecnología. Una revisión sistemática y metaanálisis comparó la gestión telemédica continua con las visitas presenciales, evidenciando los beneficios del RTM. Además, se exploró la integración de aplicaciones móviles dedicadas a la falla cardíaca en el monitoreo remoto, evaluando el acceso, la aceptación y la adherencia del paciente. Finalmente, se proporcionó una guía práctica para el manejo remoto de pacientes con falla cardíaca en todas sus etapas. Estudios confirman La monitorización remota (MR) de dispositivos electrónicos implantables cardíacos (CIED) se ha convertido en un componente crucial del seguimiento de pacientes, ofreciendo numerosos beneficios. (Ver tabla 8).

Se ha demostrado que la monitorización remota (MR) de dispositivos electrónicos cardíacos implantables es segura, confiable y se asocia con una alta satisfacción del paciente. Múltiples estudios han demostrado que la MR es una alternativa eficaz a los seguimientos en el consultorio, reduciendo el número de visitas al hospital sin comprometer la seguridad (65,69). Los pacientes con marcapasos manejados a través de MR reportaron altos niveles de satisfacción, particularmente con respecto a la conveniencia del dispositivo (65). La mayoría de los pacientes encontraron la MR fácil de usar y prefirieron continuar con ella (69). Los profesionales de la salud también expresaron satisfacción con los sistemas de MR (69). Se observaron tasas de satisfacción altas similares en los servicios de telemedicina para pacientes con artritis reumatoide, con una mayor satisfacción asociada con más consultas, residencia rural y niveles educativos más altos (70). Estos hallazgos sugieren que la RM y la telemedicina son bien aceptadas por los pacientes y pueden complementar eficazmente la atención tradicional en el consultorio.

Es cierto que, los dispositivos cardíacos implantables han revolucionado el tratamiento de afecciones cardíacas, con avances como la estimulación del haz de rama izquierda (LBBAP) y la estimulación multifocal programable (MPP) que mejoran la sincronía ventricular y reducen hospitalizaciones. El monitoreo remoto (RTM) también disminuye la mortalidad y mejora la calidad de vida, adaptándose a las fases de la enfermedad. Los dispositivos implantables para la resincronización cardíaca han demostrado mejorar los resultados clínicos en pacientes con FC. La estimulación multipunto (MPP) ha mostrado beneficios sobre la estimulación biventricular

convencional, mejorando la fracción de eyección y la respuesta clínica a los 6 meses (71). La MPP ofrece ventajas hemodinámicas agudas y reduce la disincronía ventricular izquierda. Por otro lado, la estimulación fisiológica del sistema de conducción, como la estimulación del haz de His o la rama izquierda, emergen como una alternativa prometedora a la terapia de resincronización convencional en pacientes con falla cardíaca (72). Estas técnicas buscan mantener la sincronía en la activación electromecánica ventricular, mejorando parámetros hemodinámicos, calidad de vida y clase funcional. Sin embargo, aún quedan interrogantes por resolver sobre los efectos a largo plazo y la selección óptima de pacientes para estas terapias.

7.4 Tendencias, desafíos y futuro de los dispositivos cardíacos

Los estudios revisados destacaron las tendencias emergentes y los desafíos futuros en el campo de los dispositivos electrónicos cardíacos. Se examinó el desarrollo de marcapasos sin cables, enfocándose en estrategias para su implantación segura y efectiva. La estimulación del sistema de conducción fue analizada a través de una encuesta regional en Francia, ofreciendo una perspectiva sobre su adopción (Ver tabla 8).

Además, se abordaron nuevos desafíos en el tratamiento de la endocarditis cardíaca en el contexto de dispositivos modernos y se investigó la importancia de la movilización temprana post-implante. Se identificaron diferencias de sexo en la implantación y los resultados de la terapia de resincronización cardíaca en entornos de la vida real. Finalmente, se describió una técnica quirúrgica modificada ("Pull-Through") para mejorar la TRC en pacientes con venas de acceso ocluidas, reflejando la constante evolución de los procedimientos (Ver tabla 8).

7.5 Barreras y facilitadores del uso de TRC

La adopción de estas tecnologías enfrenta barreras significativas: falta de guías clínicas estandarizadas, necesidad de entrenamiento técnico especializado, y obstáculos clínicos, regulatorios y económicos. Aunque la adherencia inicial del paciente es alta, disminuye con el tiempo, siendo más sostenida en pacientes mayores y sintomáticos. Existen consideraciones de respuesta individual y desigualdades. Factores como la cicatriz miocárdica o la apnea del sueño

pueden influir en la eficacia de la terapia. Se ha notado una subutilización y peores resultados en hombres en comparación con mujeres, quienes muestran mejoras más significativas. Finalmente, los algoritmos multiparamétricos requieren más investigación para validar su eficacia (Ver tablas 8, 9 y 10).

Además, el acceso a la terapia de resincronización cardíaca se ve obstaculizado por múltiples factores interconectados. Las barreras clínicas y técnicas incluyen la elegibilidad del paciente, la complejidad del procedimiento y la disponibilidad de personal capacitado. A nivel tecnológico, la falta de acceso a equipos avanzados y su constante actualización es un problema. Las barreras institucionales abarcan desde la infraestructura hospitalaria deficiente hasta la gestión de listas de espera.

Ahora bien, en el ámbito regulatorio, las políticas de salud, la aprobación de dispositivos y las directrices de reembolso pueden restringir el acceso. Las barreras económicas, como los altos costos del dispositivo y el procedimiento, limitan significativamente la disponibilidad. Además, factores sociales y personales, como la falta de conocimiento del paciente, las barreras geográficas y los aspectos psicológicos, influyen en la adherencia. Finalmente, las barreras científicas y educativas destacan la necesidad de más investigación para optimizar la TRC y la formación continua del personal médico. En síntesis, el acceso a la TRC es un desafío complejo que abarca desde aspectos médicos y técnicos hasta limitaciones económicas, regulatorias y sociopsicológicas.

7.6 El rol del ingeniero biomédico y los desafíos en la terapia de resincronización cardíaca

El ingeniero biomédico desempeña un papel central y multifacético en la implementación y optimización de la terapia de resincronización cardíaca para pacientes con FC, donde participa en el diseño y desarrollo de los dispositivos, asegurando innovación y biocompatibilidad, hasta la gestión y mejora continua en el entorno clínico, incluyendo la asistencia durante los implantes y la optimización de la programación.

No obstante, la aplicación de la TRC no está exenta de desafíos. Persisten riesgos significativos como fallos en los electrodos, arritmias e infecciones, siendo estas últimas de

particular preocupación en pacientes con FC. Adicionalmente, los choques inapropiados de los desfibriladores no solo generan un alto costo económico, sino que también demandan un uso considerable de recursos por parte del personal de salud, quienes deben estar capacitados para responder eficazmente a estas situaciones. La mitigación de estos riesgos y la optimización del rendimiento de los dispositivos son áreas donde la contribución del ingeniero biomédico es indispensable para maximizar los beneficios de la TRC.

Varios estudios destacan que, los ingenieros biomédicos desempeñan un papel crucial en el desarrollo y optimización de dispositivos como marcapasos implantables y desfibriladores, que permiten un monitoreo continuo y preciso de la salud del paciente (66). El papel de los ingenieros biomédicos en el manejo de pacientes con FC con dispositivos de asistencia ventricular (VAD) y terapia de resincronización cardíaca es multifacético. La TRC ha demostrado efectividad en el tratamiento de la miocardiopatía inducida por marcapasos, mejorando los resultados clínicos en pacientes con FC (72). Los ingenieros biomédicos contribuyen a estos aspectos al garantizar el funcionamiento adecuado del dispositivo, ayudar en la educación del paciente y colaborar con los equipos de atención médica para optimizar los resultados del tratamiento.

Conclusiones

- Los 26 artículos seleccionados proporcionaron una visión clara de sus características generales. La mayoría de estos estudios tuvieron origen en Estados Unidos, Italia, el Reino Unido y Francia. En cuanto a la metodología, se observó una combinación de enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos. Un hallazgo recurrente fue el uso y análisis de diversos dispositivos cardíacos. Los tamaños muestrales fueron notablemente variados, abarcando desde cohortes muy pequeñas (entre 4 y 6 pacientes) hasta estudios masivos con más de 1.6 millones de participantes. También se identificaron tamaños intermedios, que comprendían desde decenas hasta miles de pacientes, reflejando una amplia gama de poblaciones y enfoques metodológicos. Finalmente, el análisis de estos artículos fue fundamental para comprender tanto el uso de dispositivos como las barreras asociadas, información detallada en las Tablas 8, 9 y 10.

- Se empleó un mapa de concurrencia (Fig. 10), generado por Vosviewer, para analizar la red semántica de los datos, incluyendo las 7 barreras y 7 facilitadores identificados. Este análisis reveló una compleja conexión lingüística entre los códigos. Adicionalmente, la Fig. 13 presentó un Gráfico de Forest Plot sobre facilitadores en TRC para pacientes con FC, mostrando marcada heterogeneidad en la calidad metodológica (Tabla 13). La Fig. 14 sintetizó los factores, barreras y facilitadores en el tratamiento de la falla cardíaca, concluyendo con un análisis cualitativo de estos elementos y estrategias de mejora.

- Se puede concluir que las terapias cardíacas con dispositivos implantables son esenciales para pacientes cardíacos, mejorando la vida y reduciendo la mortalidad. Sin embargo, el éxito requiere superar complicaciones y barreras como la falta de estandarización, capacitación, desigualdades de acceso y sesgos de género. Es crucial invertir en prevención, biomateriales, equipos multidisciplinarios y educación para asegurar que sus beneficios lleguen equitativamente a todos.

- El acceso a la terapia de resincronización cardíaca es un desafío complejo que trasciende lo estrictamente médico. Su optimización exige un abordaje integral que considere y actúe sobre

múltiples dimensiones: clínicas, tecnológicas, institucionales, regulatorias, económicas, sociales y educativas.

- Es importante resaltar que, las barreras económicas y regulatorias son cruciales para comprender las limitaciones en el acceso e implementación de terapias cardíacas avanzadas. Superar estos obstáculos exige un esfuerzo conjunto para gestionar costos, agilizar aprobaciones y estandarización, y fortalecer la evidencia científica. Solo así estas innovadoras terapias podrán beneficiar a más pacientes.

- La implementación y el acceso pleno a las terapias cardíacas avanzadas están afectadas por barreras multifactoriales. Estas incluyen desafíos clínicos, institucionales, tecnológicos, regulatorios, económicos y científicos, sumados a cruciales obstáculos sociales y psicológicos relacionados con el impacto emocional, la estética y las desigualdades. Para asegurar un acceso equitativo y una mejor calidad de vida, es indispensable un esfuerzo coordinado entre profesionales de la salud, legisladores, la industria y los pacientes.

- Los ingenieros biomédicos son esenciales para el avance médico, desarrollando y optimizando dispositivos implantables como marcapasos y desfibriladores que permiten el monitoreo continuo y preciso del paciente, mejorando significativamente el manejo de enfermedades cardíacas. Este trabajo es crucial en el contexto de la terapia de resincronización cardíaca para la falla cardíaca, una terapia que, aunque prometedora, requiere una colaboración interdisciplinaria robusta entre la ingeniería biomédica, la medicina clínica y las políticas de salud. Solo así se puede reducir las barreras existentes y asegurar que la innovación se traduzca en acceso equitativo y resultados superiores para todos los pacientes.

Recomendaciones

Para que la terapia de resincronización cardíaca alcance su máximo potencial y beneficie a la mayor cantidad de pacientes, es crucial un enfoque multifacético. Se recomienda fomentar la innovación tecnológica y la capacitación continua del personal médico para asegurar un manejo óptimo. Asimismo, es imperativo estandarizar protocolos clínicos y diseñar políticas de salud que eliminen las barreras económicas, regulatorias y geográficas. Finalmente, es fundamental promover la equidad y empoderar al paciente mediante información clara, apoyo psicológico y abordando los sesgos existentes en la atención médica, garantizando así un acceso equitativo y sostenido a esta terapia vital.

Para optimizar la terapia de resincronización cardíaca, es fundamental integrar al ingeniero biomédico en todas las fases del proceso. Su rol es clave en la innovación tecnológica (desarrollo de dispositivos avanzados, monitoreo remoto y telemedicina), el soporte técnico (implante, seguimiento y estandarización de procedimientos), la formación del personal clínico, y la gestión de datos para generar evidencia científica y personalizar la terapia. Con el papel del ingeniero biomédico en estos aspectos, potencializar la innovación, mejorar la calidad de la atención y facilitar el acceso más equitativo y eficiente a la TRC, traduciendo los avances tecnológicos en beneficios tangibles para los pacientes.

Para que los futuros ingenieros biomédicos de la UCEVA lideren la innovación y resuelvan los desafíos complejos en el sector de la salud, es fundamental continuar e intensificar la realización de investigaciones formativas. Esto no solo implica fomentar la participación estudiantil en proyectos existentes, sino también crear un ecosistema de investigación robusto que incluya:

Integración curricular profunda: Incorporar la investigación desde los primeros semestres, mediante cursos dedicados a metodología de la investigación, ética científica y análisis de datos.

Proyectos interdisciplinarios: Promover activamente la colaboración entre estudiantes y profesores de ingeniería biomédica con otras disciplinas (medicina, enfermería, psicología) y con instituciones de salud. Esto reflejará la naturaleza multifacética de los desafíos clínicos.

Acceso a laboratorios y tecnologías: Asegurar que los estudiantes tengan acceso a equipos y software de vanguardia, permitiéndoles experimentar con el diseño de dispositivos, el análisis de bioseñales, la bioinstrumentación y el modelado computacional.

Participación en eventos científicos: Incentivar la presentación de resultados en congresos, seminarios y publicaciones científicas, lo que fortalecerá sus habilidades de comunicación y les conectará con la comunidad científica.

Mejorar los vínculos con la industria y el sector salud: Desarrollar alianzas estratégicas con empresas de tecnología médica y hospitales para que los estudiantes aborden problemas reales, desarrollando soluciones innovadoras con impacto directo en el paciente.

Al fortalecer estas competencias investigativas, los ingenieros biomédicos de la UCEVA no solo estarán mejor preparados para su vida profesional, sino que también contribuirán activamente al avance de las terapias cardíacas y otras áreas cruciales de la medicina.

Referencias bibliográficas

1. Lamas Gervasio. Physiological Consequences of Normal Atrioventricular Conduction: Applicability to Modern Cardiac Pacing. J Card Surg [Internet]. el 1 de marzo de 1989 [citado el 18 de mayo de 2024];4(1):89–98. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1540-8191.1989.tb00261.x
2. Leyva F, Nisam S, Auricchio A. 20 Years of Cardiac Resynchronization Therapy. J Am Coll Cardiol [Internet]. el 9 de septiembre de 2014 [citado el 18 de mayo de 2024];64(10):1047–58. Disponible en: https://www.jacc.org/doi/10.1016/j.jacc.2014.06.1178
3. Jiménez Navarro MF, Martínez JD, Delgado Jiménez JF, Crespo Leiro MG. La insuficiencia cardíaca en el año 2005. Rev Esp Cardiol. el 1 de enero de 2006;59(SUPPL.1):55–65.
4. Suaide Suva CE, Pereira Barretto AC. Echocardiographic assessment of cardiac resynchronization therapy. Arq Bras Cardiol [Internet]. 2005 [citado el 18 de mayo de 2024];84(6):503–7. Disponible en: https://www.scielo.br/j/abc/a/j7TrJYD6FSNQJVF4JTLvcCG/?lang=en
5. Bertaglia E, Migliore F, Baritussio A, De Simone A, Reggiani A, Pecora D, et al. Stricter criteria for left bundle branch block diagnosis do not improve response to CRT. Pacing and Clinical Electrophysiology [Internet]. el 1 de julio de 2017 [citado el 18 de mayo de 2024];40(7):850–6. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pace.13104
6. Vernooy K, Van Deursen CJM, Strik M, Prinzen FW. Strategies to improve cardiac resynchronization therapy. Nature Reviews Cardiology 2014 11:8 [Internet]. el 20 de mayo de 2014 [citado el 18 de mayo de 2024];11(8):481–93. Disponible en: https://www.nature.com/articles/nrcardio.2014.67
7. Ziaeian B, Zhang Y, Albert NM, Curtis AB, Gheorghiade M, Heywood JT, et al. Clinical Effectiveness of CRT and ICD Therapy in Heart Failure Patients by Racial/Ethnic Classification: Insights From the IMPROVE HF Registry. J Am Coll Cardiol [Internet]. el 26 de agosto de 2014 [citado el 18 de mayo de 2024];64(8):797–807. Disponible en: https://www.jacc.org/doi/10.1016/j.jacc.2014.05.060

8. Gandara-Ricardo JA, Muñoz Ortiz E, Aguilar Molina OE, Garcia Rueda K, Giraldo Ramirez S, Salamanca JF, et al. Tratamiento actual de la falla cardiaca con fracción de expulsión reducida. Acta Médica Colombiana. el 26 de abril de 2021;46(4).
9. Gómez-Mesa JE, Márquez MF, Figueiredo M, Berni A, Jerez A, Núñez E, et al. Interamerican Society of Cardiology (CIFACAH-ELECTROSIAC)/Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS): multidisciplinary review on the appropriate use of cardiac resynchronization therapy in heart failure. Arch Cardiol Mex. el 1 de octubre de 2023;93:39–53.
10. Gil Mengual CC. Estudio mediante simulación del comportamiento electromecánico ventricular en insuficiencia cardíaca. Universidad Politécnica de Valencia [Internet]. 2021; Disponible en: https://riunet.upv.es/handle/10251/171876
11. Salinas Millingalli JS. Proceso de atención de enfermería en adulto mayor con insuficiencia cardiaca congestiva. Universidad Técnica de Babahoyo [Internet]. 2021; Disponible en: http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10436
12. Givertz MM, Mehra MR. Insuficiencia cardiaca: fisiopatología y diagnóstico. En: Harrison Principios de Medicina Interna [Internet]. 21a ed. McGraw-Hill Education; 2022. Disponible en: https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=267828713&bookid=3118&Resultclick=2#1201360488
13. Kiefer T, Granger CB, Jackson KP. Insuficiencia cardiaca. En: Diagnóstico clínico y tratamiento 2023 [Internet]. McGraw-Hill Education; 2023. Disponible en: https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=279065070&bookid=3323&Resultclick=2#1206411846
14. Eschenhangen T. Tratamiento de la insuficiencia cardiaca. En: Goodman & Gilman: Las bases farmacológicas de la terapéutica [Internet]. 14a ed. McGraw-Hill Education; 2022. Disponible en: https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=268954661&bookid=3218&Resultclick=2
15. Berrazueta JR. Electrocardiografía. En: Fisiología humana [Internet]. 5a ed. McGraw-Hill Education; 2020. Disponible en:

https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2987&sectionid=252839751#265249143

16. Córdova Leaños M. Terapia de resincronización cardíaca: revisión general y procedimiento Jurdham de estimulación endocárdica ventricular izquierda. Universidad Abierta Interamericana [Internet]. 2023; Disponible en: https://repositorio.uai.edu.ar/handle/123456789/1573
17. López-Azor JC, de la Torre N, Carmena MDGC, Pérez PC, Munera C, Clement IM, et al. Clinical Utility of HeartLogic, a Multiparametric Telemonitoring System, in Heart Failure. Card Fail Rev. 2022;8.
18. Zamorano JL, González Leal A. Avances en insuficiencia cardiaca. Science Direct. 2024;
19. Cazeau S, Ritter P, Bakdach S, Lazarus A, Limousin M, Henao L, et al. Four Chamber Pacing in Dilated Cardiomyopathy. Pacing and Clinical Electrophysiology [Internet]. el 1 de noviembre de 1994 [citado el 15 de abril de 2024];17(11):1974–9. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1540-8159.1994.tb03783.x
20. Leclercq C, Cazeau S, Le Breton H, Ritter P, Mabo P, Gras D, et al. Acute hemodynamic effects of biventricular DDD pacing in patients with end-stage heart failure. J Am Coll Cardiol [Internet]. diciembre de 1998 [citado el 15 de abril de 2024];32(7):1825–31. Disponible en: https://www.jacc.org/doi/10.1016/S0735-1097(98)00492-6
21. Saxon LA. The MIRACLE trial: An electrophysiologist's perspective. J Card Fail [Internet]. el 1 de agosto de 2002 [citado el 15 de abril de 2024];8(4):202–3. Disponible en: http://onlinejcf.com/article/S1071916402000155/fulltext
22. Auricchio A, Abraham WT. Cardiac Resynchronization Therapy: Current State of the Art. Circulation [Internet]. el 27 de enero de 2004 [citado el 15 de abril de 2024];109(3):300–7. Disponible en: https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/01.CIR.0000115583.20268.E1
23. Cheng A, Tereshchenko LG. Evolutionary innovations in cardiac pacing. J Electrocardiol. el 1 de noviembre de 2011;44(6):611–5.
24. Tomzik J, Koltermann KC, Zabel M, Willich SN, Reinhold T. Quality of Life in Patients with an Implantable Cardioverter Defibrillator: A Systematic Review. Front Cardiovasc Med. el 3 de noviembre de 2015;2:167525.

25. Appert L, Menet A, Altes A, Ennezat PV, Bardet-Bouchery H, Binda C, et al. Clinical Significance of Electromechanical Dyssynchrony and QRS Narrowing in Patients with Heart Failure Receiving Cardiac Resynchronization Therapy. Canadian Journal of Cardiology. el 1 de enero de 2019;35(1):27–34.

26. Leyva F, Zegard A, Okafor O, De Bono J, McNulty D, Ahmed A, et al. Survival after cardiac resynchronization therapy: results from 50 084 implantations. EP Europace [Internet]. el 1 de mayo de 2019 [citado el 15 de abril de 2024];21(5):754–62. Disponible en: https://dx.doi.org/10.1093/europace/euy267

27. Givertz M, Mehra M. Insuficiencia cardiaca: fisiopatología y diagnóstico. En: Principios de medicina interna [Internet]. 21a ed. McGraw-Hill Education; 2022 [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3118&sectionid=267828713

28. Vivancos R, Rodríguez J. Etiología y pronóstico de la insuficiencia cardíaca. ElSevier Medicina Integral [Internet]. mayo de 2002 [citado el 8 de julio de 2025];39(10):444–53. Disponible en: https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-etiologia-pronostico-insuficiencia-cardiaca-13033252

29. Berrazueta J. Electrocardiografía. En: Fernández J, Cachofeiro V, Cardinali D, Delpón E, Díaz E, Escriche E, et al., editores. Fisiología humana [Internet]. 5a ed. McGraw-Hill Education; 2020 [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2987&sectionid=252839751

30. Zimmerman F. Electrocardiografía de marcapasos. En: ECG Plan de estudios básico [Internet]. 1a ed. McGraw Hill; 2023 [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3355&sectionid=281786812

31. Auricchio A, Heggermont WA. Avances tecnológicos para mejorar la respuesta ventricular en la resincronización cardiaca: lo que el clínico debe conocer. Rev Esp Cardiol [Internet]. el 1 de junio de 2018 [citado el 8 de julio de 2025];71(6):477–84. Disponible en: https://www.revespcardiol.org/es-avances-tecnologicos-para-mejorar-la-res-articulo-S0300893218300137

32. Cubillo C. La Ingeniería Biomédica en los hospitales del siglo XXI. Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria - AEIH [Internet]. 2024 [citado el 16 de julio de 2025]; Disponible

en: https://aeih.org/biblioteca-virtual/2024-02-la-ingenieria-biomedica-en-los-hospitales-del-siglo-xxi/

33. Fandiño CC. La ingeniería biomédica: aplicación e impacto de la tecnología en salud. Corporación Unificada Nacional de Educación Superior [Internet]. el 2 de febrero de 2017 [citado el 16 de julio de 2025];(11):23–36. Disponible en: https://revistas.cun.edu.co/index.php/hashtag/article/view/530
34. Gismondi G. Ingeniería biomédica. Ciencia y Cultura [Internet]. 2010 [citado el 16 de julio de 2025];(24):99–118. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=425839837007
35. Quispe AM, Hinojosa-Ticona Y, Miranda HA, Sedano CA. Scientific writing series: Systematic review. Revista del Cuerpo Medico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo. el 31 de marzo de 2021;14(1):94–9.
36. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Rev Esp Cardiol. 2021;74(9):790–9.
37. van Eck NJ, Waltman L. Centre for Science and Technology Studies, Leiden University. 2020 [citado el 12 de julio de 2025]. VOSviewer - Visualizing scientific landscapes. Disponible en: https://www.vosviewer.com/
38. Lewin S, Booth A, Glenton C, Munthe-Kaas H, Rashidian A, Wainwright M, et al. Applying GRADE-CERQual to qualitative evidence synthesis findings: introduction to the series. Implementation Science [Internet]. 2018 [citado el 12 de julio de 2025];13(1). Disponible en: http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/
39. Shea B, Reeves B, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR-2: herramienta de evaluación crítica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones de salud. Research Methods & Reporting [Internet]. el 21 de septiembre de 2017 [citado el 12 de julio de 2025];21(1). Disponible en: https://www.bmj.com/content/358/bmj.j4008
40. Wells G, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, et al. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. The Ottawa Hospital Research Institute [Internet]. 2021 [citado el 14 de julio de 2025]; Disponible en: https://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp

41. Llewellyn J, Barker E, Bowe C, Hallas N, Oghagbon R, Rao A. Assessing the Cost and Resource Use Impact of Implantable Cardiac Defibrillator Shocks in the UK CareLink Population. ClinicoEconomics and Outcomes Research. 2023;15:425–32.

42. Adavidoaei CG, Haba AM, Costache II, Onofrei V, Haba CMS, Rezus C, et al. Cardiac Implantable Electronic Devices in Different Anatomical Types of Persistent Left Superior Vena Cava: Case Series and Brief Review of the Literature. Diagnostics. julio de 2022;12(11).

43. Chen Z, Ma X, Gao Y, Wu S, Xu N, Chen F, et al. Cardiac magnetic resonance-derived myocardial scar is associated with echocardiographic response and clinical prognosis of left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization therapy. Europace [Internet]. el 1 de noviembre de 2023 [citado el 11 de julio de 2025];25(11). Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37926926/

44. Ollitrault P, Chaumont C, Font J, Amelot M, Brejoux C, Champ-Rigot L, et al. Conduction system pacing in France in 2022: A snapshot survey from the Working Group of Pacing and Electrophysiology of the French Society of Cardiology. Arch Cardiovasc Dis [Internet]. el 1 de mayo de 2023 [citado el 11 de julio de 2025];116(5):265–71. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875213623000827

45. Ziacchi M, Molon G, Giudici V, Botto GL, Viscusi M, Brasca F, et al. Integration of a Smartphone HF-Dedicated App in the Remote Monitoring of Heart Failure Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices: Patient Access, Acceptance, and Adherence to Use. J Clin Med [Internet]. el 25 de agosto de 2023 [citado el 11 de julio de 2025];12(17):5528. Disponible en: https://www.mdpi.com/2077-0383/12/17/5528/htm

46. Imberti JF, Mei DA, Fontanesi R, Gerra L, Bonini N, Vitolo M, et al. Low Occurrence of Infections and Death in a Real-World Cohort of Patients with Cardiac Implantable Electronic Devices. J Clin Med. julio de 2023;12(7).

47. Imnadze G, Awad K, Kranig W, Giorgberidze I. Modified pull-through technique for cardiac resynchronization therapy upgrades in patients with occluded access veins. Tex Heart Inst J. el 1 de febrero de 2020;47(1):23–6.

48. Toscos T, Daley C, Wagner S, Coupe A, Ahmed R, Holden RJ, et al. Patient responses to daily cardiac resynchronization therapy device data: A pilot trial assessing a novel patient-centered digital dashboard in everyday life. Cardiovasc Digit Health J [Internet]. el 1 de

septiembre de 2020 [citado el 11 de julio de 2025];1(2):97–106. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666693620300359

49. Łoboda D, Wilczek J, Simionescu K, Biernat J, Jadczyk T, Wojakowski W, et al. Severe sleep apnea as a predictor of failure to respond to cardiac resynchronization therapy. Heart & Lung [Internet]. el 1 de mayo de 2023 [citado el 11 de julio de 2025];59:102–8. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147956323000183
50. Kotalczyk A, Kalarus Z, Wright DJ, Boriani G, Lip GYH. Cardiac electronic devices: Future directions and challenges. Medical Devices: Evidence and Research [Internet]. 2020 [citado el 11 de julio de 2025];13:325–38. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33061681/
51. Chandramohan D, Singh P, Garapati HN, Konda R, Chandramohan D, Jena N, et al. Cardiac Implantable Electronic Device Infections in Patients with Renal Insufficiency: A Systematic Review and Meta-Analysis. Diseases [Internet]. el 1 de octubre de 2024 [citado el 11 de julio de 2025];12(10):247. Disponible en: https://www.mdpi.com/2079-9721/12/10/247/htm
52. Assa S, Vernooy K, van Stipdonk AMW. Cardiovascular Implantable Electronic Devices Enabled Remote Heart Failure Monitoring; What We Have Learned and Where to Go Next. J Cardiovasc Dev Dis [Internet]. el 1 de abril de 2023 [citado el 11 de julio de 2025];10(4):152. Disponible en: https://www.mdpi.com/2308-3425/10/4/152/htm
53. Salah HM, Fudim M, Burkhoff D. Device Interventions for Heart Failure. JACC Heart Fail [Internet]. el 1 de agosto de 2023 [citado el 11 de julio de 2025];11(8):1039–54. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177923003876
54. ABE TA, EVBAYEKHA EO, JACKSON LR, AL-KHATIB SM, LEWSEY SC, BREATHETT K. Evolving Indications, Challenges and Advances in Cardiac Resynchronization Therapy for Heart Failure. J Card Fail [Internet]. el 16 de abril de 2025 [citado el 11 de julio de 2025]; Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071916425001617
55. Chick W, Monkhouse C, Muthumala A, Ahsan S, Papageorgiou N. Implantable Cardiac Devices in Patients with Brady- and Tachy-Arrhythmias: An Update of the Literature. Rev Cardiovasc Med. el 1 de mayo de 2024;25(5).

56. Simpson J, Yoder M, Christian-Miller N, Wheat H, Kovacs B, Cunnane R, et al. Long-Term Complications Related to Cardiac Implantable Electronic Devices. J Clin Med [Internet]. el 18 de marzo de 2025 [citado el 11 de julio de 2025];14(6):2058. Disponible en: https://www.mdpi.com/2077-0383/14/6/2058/htm

57. Klein C, Boveda S, De Groote P, Galinier M, Jourdain P, Mansourati J, et al. Remote management in patients with heart failure (from new onset to advanced): A practical guide. Arch Cardiovasc Dis [Internet]. el 1 de febrero de 2024 [citado el 11 de julio de 2025];117(2):160–6. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875213623005235

58. Dewidar O, Dawit H, Barbeau V, Birnie D, Welch V, Wells GA. Sex Differences in Implantation and Outcomes of Cardiac Resynchronization Therapy in Real-World Settings: A Systematic Review of Cohort Studies. CJC Open [Internet]. el 1 de enero de 2022 [citado el 11 de julio de 2025];4(1):75–84. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589790X21002365

59. Tong F, Sun Z. Strategies for Safe Implantation and Effective Performance of Single-Chamber and Dual-Chamber Leadless Pacemakers. J Clin Med. julio de 2023;12(7).

60. Diaz JC, Duque M, Aristizabal J, Marin J, Niño C, Bastidas O, et al. The Emerging Role of Left Bundle Branch Area Pacing for Cardiac Resynchronisation Therapy. Arrhythm Electrophysiol Rev. 2023;12.

61. Nappi F, Iervolino A, Singh SSA. The New Challenge for Heart Endocarditis: From Conventional Prosthesis to New Devices and Platforms for the Treatment of Structural Heart Disease. Biomed Res Int. 2021;2021.

62. Iliescu Ștefan, Voroneanu L, Covic AM, Scripcariu DV, Stătescu C, Covic AC. Tricuspid Regurgitation Associated with Implantable Cardiac Devices: A Double-Edged Sword. J Clin Med [Internet]. el 19 de septiembre de 2024 [citado el 11 de julio de 2025];13(18):5543. Disponible en: https://www.mdpi.com/2077-0383/13/18/5543/htm

63. Caleffi D, Ferri P, Bellifemine M, Rovesti S, Valenti M. What is Known About Early Mobilisation After Cardiac Electronic Device Implant? A Scoping Review. Medical Devices: Evidence and Research. 2024;17:513–24.

64. Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, Krueger S, Kass DA, De Marco T, et al. A fração de ejeção reduzida e a terapia de ressincronização cardíaca. Brazilian Journal of Health Review

[Internet]. el 3 de noviembre de 2023 [citado el 23 de julio de 2025];6(6):26837–50. Disponible en: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/64470

65. Zeitler EP, Piccini JP. Remote Monitoring of Cardiac Implantable Electronic Devices (CIED). Trends Cardiovasc Med [Internet]. el 1 de agosto de 2016 [citado el 23 de julio de 2025];26(6):568. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4958580/

66. Maciel A de S, da Silva RMFL. Perfil Clínico e Evolução de Pacientes com Infecção Relacionada a Dispositivos Cardíacos Eletrônicos Implantáveis. Arq Bras Cardiol [Internet]. el 2 de abril de 2021 [citado el 23 de julio de 2025];116(6):1080–8. Disponible en: https://www.scielo.br/j/abc/a/pt3XfQfC3zmKG7KQCPNfNkn/

67. Femenía FJ, Arce M, Peñafort F, Arrieta M, Gutiérrez D. Complicaciones del implante de marcapaso definitivo. ¿Un evento operador dependiente? Análisis de 743 pacientes consecutivos. Arch Cardiol Mex [Internet]. 2001 [citado el 23 de julio de 2025];80(2):95–9. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402010000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

68. Sanghavi R, Ravikumar N, Sarodaya V, Haq M, Sherif M, Harky A. Outcomes in cardiac implantable electronic device-related infective endocarditis: A systematic review of current literature. Future Cardiol [Internet]. 2022 [citado el 23 de julio de 2025];18(11):891–9. Disponible en: /doi/pdf/10.2217/fca-2021-0155?download=true

69. Oliveira M, Silva Cunha P, da Silva N. Remote monitoring for follow-up of patients with implantable cardiac devices. Revista Portuguesa de Cardiologia (English Edition). marzo de 2013;32(3):185–90.

70. Cortés C. J, Rodríguez S. GM, Velandia P. AM, Cajas S. LJ, Barón RA, Cajas D. Satisfacción del servicio de telemedicina en pacientes con artritis reumatoide. Revista Colombiana de Reumatología [Internet]. el 1 de julio de 2023 [citado el 23 de julio de 2025];30(3):207–13. Disponible en: https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-reumatologia-374-articulo-satisfaccion-del-servicio-telemedicina-pacientes-S0121812321001584

71. Toquero Ramos J, Sánchez García M, Ruíz Bautista L, Castro Urda V, Alyoun Alonso S, Fernández Lozano I. Estimulación multipunto mediante captura anódica del ventrículo izquierdo a través de un electrodo cuadripolar: evaluación hemodinámica no invasiva. Revista Colombiana de Cardiología [Internet]. el 1 de mayo de 2016 [citado el 23 de julio

de 2025];23(3):172–80. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332016000300004&lng=en&nrm=iso&tlng=es

72. España MCL, Flórez JJM, Restrepo JA, Sandoval AB. Terapia de resincronización cardiaca en paciente con miocardiopatía inducida por marcapasos. Acta Médica Colombiana [Internet]. el 9 de noviembre de 2019 [citado el 23 de julio de 2025];44(4). Disponible en: https://www.actamedicacolombiana.com/ojs/index.php/actamed/article/view/1300/1582