

Artículo original

Evolución de la investigación cardiológica española y análisis comparativo mundial de temas de especial relevancia

Francisco J. Chorro^{a,b,c,*}, Adolfo Alonso-Arroyo^{d,e} y Rafael Aleixandre-Benavent^{e,f}^aServicio de Cardiología, Hospital Clínico Universitario, Departamento de Medicina, Universitat de València, Valencia, España^bInstituto de Investigación Sanitaria INCLIVA, Valencia, España^cCentro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España^dDepartamento de Historia de la Ciencia y Documentación, Universitat de València, Valencia, España^eUnidad de Investigación e Información Social y Sanitaria (UISYS), Universitat de València, Valencia, España^fINGENIO, CSIC-Universitat Politècnica de València, Valencia, España

Historia del artículo:

Recibido el 9 de mayo de 2020

Aceptado el 15 de septiembre de 2020

On-line el 24 de octubre de 2020

Palabras clave:

Producción científica cardiovascular

Publicaciones

Bibliometría

Redes de colaboración

RESUMEN

Introducción y objetivos: Se utilizan técnicas bibliométricas para analizar la participación de instituciones españolas en la investigación sobre temas relevantes en el ámbito cardiovascular durante las últimas 4 décadas.**Métodos:** Se obtienen indicadores bibliométricos de producción, colaboración e impacto a partir de la base de datos *Science Citation Index Expanded* (SCIE). Se utilizan estrategias de búsqueda en temas relevantes y se identifican las redes de colaboración institucional, que se representan utilizando el algoritmo de Kamada-Kawai.**Resultados:** Las publicaciones cardiovasculares en el mundo se han duplicado entre 2000 y 2018. Actualmente, las de autores españoles representan el 2,33%, con una participación entre el 7 y el 1,84%, según los temas considerados. El desfase respecto a la producción mundial está entre 0 y 7 años. Las tasas de crecimiento anual son mayores en los temas analizados de aparición más reciente. *Revista Española de Cardiología* ha publicado el mayor número de artículos de instituciones españolas. Las revistas que han generado mayor número de citas en los temas elegidos son *Journal of American College of Cardiology*, *Europace* y *European Heart Journal*. El análisis de la colaboración revela una gran interrelación entre instituciones españolas y extranjeras, así como grupos con gran producción que publican de manera autónoma.**Conclusiones:** El análisis desagregado por temas muestra que el crecimiento de la producción científica cardiovascular española es constante, con mayores tasas de incremento en los temas más recientes. Las redes de colaboración muestran un alto grado de interrelación entre instituciones españolas y extranjeras, que abarca centros hospitalarios, universidades, institutos de investigación y sociedades científicas.

© 2020 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Trend in Spanish cardiology research and global comparative analysis of major topics

ABSTRACT

Introduction and objectives: We used bibliometric techniques to analyze the participation of Spanish institutions in research on major cardiovascular topics during the last 4 decades.**Methods:** Bibliometric indicators of production, collaboration and impact were obtained from the Science Citation Index Expanded (SCIE) database. Search strategies were used in major topics and institutional collaboration networks were identified, represented using the Kamada-Kawai algorithm.**Results:** Global cardiovascular publications doubled from 2000 to 2018. In 2018, those by Spanish authors represented 2.33%, with a participation of between 7% and 1.84%, depending on the topics analyzed. The offset with respect to global production was between 0 and 7 years. Annual growth rates were higher in more recent topics. *Revista Española de Cardiología* published the largest number of articles from Spanish institutions. The journals generating the highest number of citations in the chosen topics were the *Journal of the American College of Cardiology*, *Europace*, and the *European Heart Journal*. Analysis of collaboration revealed a close interrelation between Spanish and foreign institutions, as well as groups with high production publishing independently.

Keywords:

Cardiovascular scientific production

Publications

Bibliometrics

Collaboration networks

VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.05.013>, *Rev Esp Cardiol.* xxxx;xx:xx-xx* Autor para correspondencia: Servicio de Cardiología, Hospital Clínico Universitario de Valencia, Avda. Blasco Ibáñez 17, 46010 Valencia, España. Correo electrónico: Francisco.J.Chorro@uv.es (F.J. Chorro).<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.09.013>

0300-8932/© 2020 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Conclusions: The analysis disaggregated by subject showed the sustained growth of Spanish cardiovascular scientific production and more rapid growth in recently appearing topics. Collaboration networks showed a high degree of interrelation between Spanish and foreign institutions, including hospitals, universities, research institutes, and scientific societies.

© 2020 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Abreviaturas

CRT: cardiac resynchronization therapy
 DES: drug eluting stents
 miRNA: micro-RNA
 NOAC: non-vitamin K antagonist oral anticoagulant
 SCIE: Science Citation Index Expanded
 S/V: sacubitril/valsartan
 TAVI: transcatheter aortic valve implantation

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de mortalidad en nuestro entorno y, de ellas, la cardiopatía isquémica es la más frecuente¹. A pesar de la tendencia hacia la disminución de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares observada en las últimas décadas², esta ha perdido intensidad, hecho que se ha relacionado con circunstancias como el aumento de las prevalencias de obesidad y diabetes, la persistencia del hábito tabáquico, los cambios en los hábitos alimentarios, el incremento del sedentarismo y las desigualdades entre países o entre grupos sociales³⁻⁵. La persistencia de una elevada morbimortalidad subraya la necesidad de seguir progresando en el conocimiento de las causas y los procesos fisiopatológicos implicados, así como en la traslación de estos conocimientos a su prevención, diagnóstico y tratamiento⁶.

Las repercusiones de la investigación científica, junto con las mejoras sociales, inciden positivamente en su control⁷, pero es necesario ampliar la información disponible, difundirla y aumentar la implicación de los profesionales en la investigación. Los estudios bibliométricos ayudan a precisar la situación de la actividad científica desarrollada en distintas áreas, tanto en el mundo como en determinados países o colectivos⁸⁻¹⁷. La producción científica cardiovascular de instituciones españolas ha sido objeto de análisis en las últimas décadas⁹⁻¹⁶ y se han constatado avances cuantitativos y cualitativos, aunque se han señalado también las limitaciones y debilidades. La innovación se traduce tanto en el desarrollo de nuevas aproximaciones al estudio y el control de las enfermedades cardiovasculares como en el de nuevos procedimientos, dispositivos y tratamientos que amplían las posibilidades de diagnosticarlas y tratarlas. La propia progresión de la investigación y el interés por su aplicación en la práctica clínica quedan reflejados en la participación creciente de investigadores que contribuyen a aumentar la producción científica relacionada con estos temas y a su difusión, evaluación y aplicación.

Partiendo de la hipótesis de que las diferencias temporales entre los inicios de las publicaciones científicas sobre un determinado tema, las características de la posterior variación temporal de la producción y su interrelación reflejan el interés suscitado por estas entre los investigadores de un determinado país, así como su grado de difusión e influencia, en el presente trabajo se utilizan técnicas bibliométricas para analizar la participación de instituciones españolas durante las últimas

4 décadas en la investigación sobre temas específicos y relevantes relacionados con las enfermedades cardiovasculares.

MÉTODOS

Para la búsqueda bibliográfica, se ha utilizado la base de datos *Science Citation Index Expanded* (SCIE) de la *Web of Science Core Collection*, propiedad de *Clarivate Analytics*. Durante el mes de julio de 2019 se extrajeron los registros hasta el año 2018 inclusive y la información sobre la tipología documental («*article*», «*review*», «*letter*» y «*editorial*»).

En primer lugar, se ha efectuado una búsqueda general mediante el siguiente procedimiento, ya utilizado en estudios previos^{9,10}:

- Fase 1: se han seleccionado todos los trabajos del área *Cardiac & Cardiovascular System* del *Journal Citation Reports* (JCR) y se han identificado aquellos en que hubiera al menos 1 institución española en la filiación de los autores.
- Fase 2: se ha identificado la producción científica cardiológica publicada en revistas de otras áreas, como medicina general, medicina interna, diagnóstico por imagen, pediatría, nefrología, etc., además de las revistas de carácter multidisciplinario. Para ello, se han identificado todas las denominaciones de unidades, servicios o departamentos cardiológicos y se ha efectuado una búsqueda en el campo filiación institucional (*address* o lugar de trabajo), sin establecer en este caso ninguna limitación en cuanto a la revista fuente de publicación. Además, conjuntamente con los términos, se ha integrado el término «*spain*» y, con el fin de recuperar una filiación española de una unidad cardiológica, se ha combinado con el operador booleano «*SAME*». La estrategia empleada ha sido: AD=(Arrhythmia OR Arritmi* OR Cardio* OR Cardia* OR Corazon OR Coronar* OR Echocardio* OR Ecocardio* OR Heart OR Kardi* OR Marcapaso* OR Hypertens* OR Hipertens* OR Ipertens* OR Arterios*) *SAME* *spain*.
- Fase 3: para recuperar los registros que no estuvieran incluidos en las revistas fuente del área *Cardiac & Cardiovascular Systems* o no estuvieran firmados por autores de una unidad, servicio o departamento cardiológico, se ha realizado una nueva consulta que ha consistido en buscar los registros que tuvieran los términos utilizados en la consulta anterior en el campo título. Se ha desestimado realizar esta búsqueda en el campo «*topic*» porque se producía mucho «ruido» al efectuar las búsquedas en los resúmenes. A su vez, también se ha incluido el término «*spain*» en la filiación institucional (AD = *Spain*).
- Fase 4: una vez recuperados los trabajos cardiológicos, se ha generado una lista de los artículos más citados en las últimas 4 décadas y se han seleccionado 8 temas introducidos por primera vez en el ámbito de las enfermedades cardiovasculares durante dicho periodo de tiempo. Los criterios utilizados para la selección de estos temas son: *a*) que el tema y los términos que lo definen aparezcan en un momento temporal identificable y definido durante las últimas 4 décadas (por ejemplo, «TAVI» comienza a aparecer en la literatura mundial en 2001); *b*) que se encuentre entre los 200 más citados en la década correspondiente a su aparición como indicador del interés suscitado en la

comunidad científica; c) que se abarquen materias diversas en el ámbito de las enfermedades cardiovasculares con el objeto de cubrir aspectos incluidos en áreas como la cardiopatía isquémica, arritmias, insuficiencia cardiaca, valvulopatías, fisiopatología o tratamiento farmacológico. Finalmente, los temas seleccionados han sido: *catheter ablation*, *cardiac resynchronization therapy* (CRT), *drug eluting stent* (DES), *tako-tsubo syndrome*, *transcatheter aortic valve implantation* (TAVI), *non-vitamin K antagonist oral anticoagulant* (NOAC), *microRNA* (miRNA) y *sacubitril/valsartan* (S/V).

Para cada tema se han combinado los resultados mundiales con la estrategia definida y posteriormente se han limitado los análisis a los trabajos en que habían participado investigadores de centros españoles.

Las estrategias de búsqueda aplicadas a cada tema (tabla 1) se obtuvieron a partir del campo Topic (TS), que recupera los términos en alguno de los siguientes campos: título, resumen o palabras clave.

A partir de aquí se ha procedido al análisis de los indicadores bibliométricos de producción, colaboración e impacto, así como a identificar los primeros artículos publicados sobre cada uno de estos temas, tanto en el mundo como en centros españoles. Se ha realizado un proceso de normalización para las diferentes variantes de las denominaciones de autores e instituciones descritas en los trabajos. También se han normalizado las palabras clave de autor, agrupando palabras sinónimas, en singular y plural, y variantes sintácticas y desglosando siglas. Todo ello ha permitido la identificación de las redes de colaboración institucional y redes de copalabras clave (generadas a partir del análisis de la coocurrencia de palabras clave en los trabajos). Para representarlas gráficamente, se ha utilizado el algoritmo de Kamada-Kawai, implementado en el programa de análisis y visualización de redes Pajek¹⁸. En las redes de colaboración, las instituciones se representan como nodos o vértices, cuyo tamaño depende de su producción. Los nodos se unen mediante líneas si el número de colaboraciones es superior a un umbral que se ha establecido en cada figura considerando la densidad de los datos representados, ya que umbrales bajos determinan un gran número de conexiones que dificulta una correcta visualización. La información obtenida sobre los grados de colaboración entre instituciones, independientemente del umbral establecido en la representación gráfica, está disponible en la [tabla 1 del material adicional](#). En la [tabla 2 del material adicional](#) se encuentran los datos utilizados para representar la coocurrencia de palabras. Se han utilizado las palabras clave asignadas por los autores de los artículos para

Tabla 1

Estrategias de búsqueda utilizadas en cada uno de los temas estudiados

Temas	Estrategia de búsqueda
<i>Catheter ablation</i>	TS=(<i>"catheter ablation"</i> or <i>"transcatheter ablation"</i>)
<i>Cardiac resynchronization therapy</i> (CRT)	TS=(<i>resynchronization</i> or <i>resynchronisation</i> or <i>resynchronization</i> or <i>"biventricular pac"</i> or <i>"biventricular stimulation"</i> or <i>"biatrial pac"</i> or <i>"cardiac dyssynchron"</i>)
<i>Drug eluting stent</i> (DES)	<i>"Elut* stent"</i>
<i>Non-vitamin K antagonist oral anticoagulant</i> (NOAC)	TS=(<i>Apixaban</i> or <i>Dabigatran</i> or <i>Edoxaban</i> or <i>Rivaroxaban</i> or <i>"Direct* oral* anticoagulant"</i> or <i>"Direct Xa inhibitor"</i> or <i>"Factor* Xa inhibitor"</i> or <i>"Non vitamin K antagonist* oral anticoagulant"</i> or <i>"Non vitamin K oral anticoagulant"</i> or <i>"Novel anticoagulant* agent"</i> or <i>"Novel oral anticoagulant"</i> or <i>"New oral anticoagulant"</i> or <i>"Non vitamin K-dependent oral anticoagulant"</i> or <i>"Non VKA oral anticoagulant"</i> or <i>"Non vitamin K antagonist* OAC"</i>)
<i>Sacubitril/valsartan</i> (S/V)	TS=(<i>ARNI</i> or <i>ARNIs</i> or <i>Nepriylisin</i> or <i>Sacubitril</i> or <i>LCZ696</i> or <i>"LCZ 696"</i>)
<i>Tako-tsubo</i>	TS=(<i>Takotsubo</i> or <i>"Tako tsubo"</i> or <i>"Stress cardiomyopa"</i>)
<i>Transcatheter Aortic Valve Implantation</i> (TAVI)	TS=(<i>"Percutaneous aortic prosthesis"</i> OR <i>"Percutaneous aortic valve* replacement"</i> OR <i>"TAVI"</i> OR <i>"TAVR"</i> OR <i>"Transcatheter aortic valve"</i> OR <i>"Trans-catheter aortic valve"</i> OR <i>"Transcatheter heart valve"</i> OR <i>"Trans-catheter heart valve"</i> OR <i>"Transcatheter valve* replacement"</i> OR <i>"Trans-catheter valve* replacement"</i> OR <i>"Transfemoral aortic valve"</i>)
<i>micro-RNA</i> (miRNA)	TS=(<i>microRNA*</i> or <i>"Micro RNA"</i> or <i>miRNA*</i>)

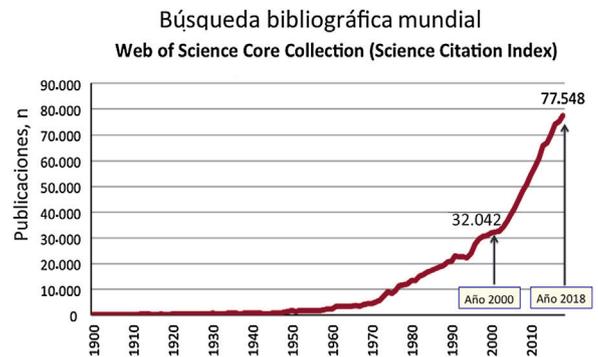


Figura 1. Evolución temporal del número de publicaciones cardiovasculares mundiales identificadas con la estrategia de búsqueda utilizada.

identificar la coexistencia de las mismas palabras en los documentos analizados.

Análisis estadístico

Las comparaciones de los promedios de variables cuantitativas se han efectuado mediante el cálculo de la t de Student (distribución normal) o la determinación del estadístico U de Mann Whitney (diferencias significativas con $p < 0,05$). La relación entre el número de publicaciones y los años transcurridos se ha cuantificado con la transformación logarítmica del modelo exponencial (programa IBM-SPSS statistics-23.0).

RESULTADOS

La [figura 1](#) muestra los artículos seleccionados de todo el mundo a través de SCIE desde 1900 hasta 2018. Las publicaciones mundiales relacionadas con la investigación cardiovascular se han duplicado desde principios del siglo XXI, de 32.042 en el año 2000 a 77.548 en 2018. SCIE incluye 1.572.747 artículos cardiológicos entre 1900 y 2018, de los cuales 36.584 están firmados por instituciones españolas (2,33%). Esta proporción era del 1,3% en 1990, el 2,5% en 2000, el 3,2% en 2010 y el 3,5% en 2018.

Producción científica en los temas seleccionados

La [tabla 2](#) muestra el número de publicaciones identificadas en el mundo con los criterios de búsqueda mencionados y el de las

Tabla 2

Número de publicaciones cardiovasculares en el mundo y con autoría española, porcentajes y número de años transcurridos entre las primeras publicaciones en el mundo y las primeras con autoría española (desfase)

Temas	Mundial	España	% España-Mundial	Desfase mundial-España
<i>Transcatheter Aortic Valve Implantation</i>	7.297	297	4,07%	2001-2008, 7 años
<i>Cardiac Resynchronization Therapy</i>	9.975	361	3,62%	1995-2000, 5 años
<i>Non-vitamin K antagonist oral anticoagulant</i>	4.344	155	3,57%	2005-2009, 4 años
<i>Sacubitril/valsartan</i>	727	51	7,02%	2010, 0 años
<i>Tako-tsubo</i>	3.376	101	2,99%	2000-2004, 4 años
<i>Drug eluting stent</i>	13.777	558	4,05%	1996-2003, 7 años
<i>Catheter ablation</i>	16.522	594	3,60%	1983-1989, 6 años
<i>micro-RNA</i>	7.551	139	1,84%	2005-2009, 4 años

correspondientes a autores españoles en relación con cada tema seleccionado, así como el porcentaje que representa la producción española respecto a la mundial. Se aprecia que en el tema «S/V» la producción en términos absolutos es menor, ya que las publicaciones se iniciaron más recientemente, aunque en este caso los investigadores españoles han participado en un 7%. La producción española relacionada con los otros temas se sitúa entre un 3 y un 4% del total, con la excepción del tema «miRNA», con el 1,84%.

Al analizar el decalaje existente entre el año de publicación de los primeros artículos relacionados con cada uno de los temas, se observa que —con la excepción del tema «S/V», cuyas publicaciones iniciales tanto mundiales como de autores de instituciones españolas coinciden en el tiempo— hay un desfase de 4-7 años desde que se publica en el mundo hasta que lo hacen investigadores de instituciones españolas.

Teniendo presente que el tiempo transcurrido desde la aparición de las primeras publicaciones de autoría española sobre un determinado tema hasta el año 2018 es distinto en cada caso (el máximo es 30 años en «*catheter ablation*» y el mínimo, 9 años en «S/V»), se ha determinado el cociente entre el número de publicaciones y los años transcurridos desde las primeras publicaciones, y el valor máximo es el del tema «DES» (34,9), seguido de los correspondientes a «TAVI» (27) y «*catheter ablation*» (19,8). El menor ha sido 5,7 y corresponde al tema «S/V».

En la **figura 2** se representa la evolución temporal de las publicaciones de autoría española correspondientes a los 8 temas seleccionados. Al cuantificar los promedios de la tasa de crecimiento anual, los valores máximos corresponden a los temas «S/V» (131,8%), «miRNA» (124,8%), «NOAC» (66,1%) y «TAVI» (63,1%), que son los temas de aparición más reciente y cuya

media ($96,4 \pm 36,9$) es mayor que la de los 4 temas de aparición más antigua ($6,2 \pm 7,2$; $p < 0,01$). Un comportamiento similar se observa al comparar la pendiente de las transformadas logarítmicas de los modelos exponenciales obtenidos al relacionar el número de publicaciones con los años transcurridos, cuyo promedio ($0,33 \pm 0,05$) es mayor en los temas más recientes que en los más antiguos ($0,12 \pm 0,02$; $p < 0,0001$).

La **tabla 3** muestra las citas y el cociente citas/artículos de cada tema. Las mayores cifras en valores absolutos corresponden a «DES» y «*catheter ablation*» y la menor, a «S/V». Al normalizar estos datos dividiéndolos por el número de publicaciones, los mayores valores corresponden a «miRNA» y «DES» y los menores, a «*tako-tsubo*».

Se ha determinado también el cociente entre citas y años transcurridos desde las primeras publicaciones, y el valor máximo es el del tema «DES» (993), seguido de «TAVI» (556) y «*catheter ablation*» (465). El de menor magnitud (79) corresponde a «*tako-tsubo*».

La **tabla 4** muestra la revista en la que se ha publicado el mayor número de artículos españoles en cada tema, la que ha generado el mayor número de citas de estos artículos y aquella cuyo cociente citas/publicaciones es mayor. En 5 de los temas, *Revista Española de Cardiología* ha publicado el mayor número de artículos, mientras que las revistas que han generado mayor número de citas han sido *Journal of American College of Cardiology*, *Europace* y *European Heart Journal*, aunque las revistas con mayor cociente citas/publicaciones han sido *Nature*, *New England Journal of Medicine* y *The Lancet*. Las citas generadas en *Europace* se deben fundamentalmente a los temas «CRT» y «*catheter ablation*».

Redes temáticas y de colaboración entre instituciones

A partir de los registros de las palabras clave disponibles, se han obtenido las redes de coocurrencia temática. La **tabla 3** muestra el número de registros en los que constan palabras clave, así como su porcentaje respecto al total de registros en cada tema. La **figura 3** muestra las redes de copalabras correspondientes a los temas «DES» y «TAVI». En la primera, además de la relación con las intervenciones percutáneas y las manifestaciones clínicas de la cardiopatía isquémica, se observa la interconexión con trombosis del *stent*, reestenosis, diabetes mellitus, tomografía de coherencia óptica o ecografía intravascular. En la segunda se observa la relación con aspectos como marcapasos, bloqueo de rama izquierda, ecocardiografía tridimensional, ictus, insuficiencia aórtica o mitral, endocarditis o pronóstico. La **figura 4** muestra las redes de palabras clave correspondientes a «NOAC» y «*catheter ablation*». En la primera se observa la relación central con fibrilación auricular, ictus y su prevención, pero también con función renal, control del ritmo o hemorragias. En la segunda,

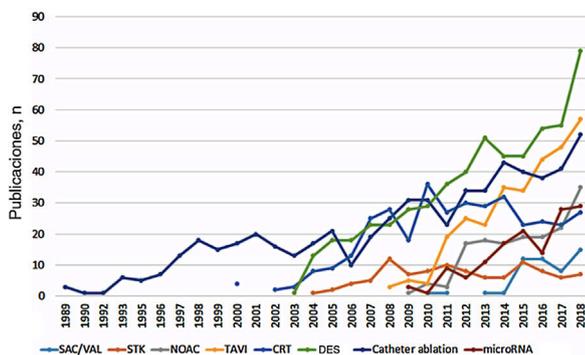


Figura 2. Evolución temporal de los artículos con autores de instituciones españolas correspondientes a los temas estudiados. CRT: *cardiac resynchronization therapy*; DES: *drug eluting stent*; NOAC: *non-vitamin K antagonist oral anticoagulation*; SAC/VAL: *sacubitril/valsartan*; STK: *tako-tsubo syndrome*; TAVI: *transcatheter aortic valve implantation*.

Tabla 3

Número de citas bibliográficas originadas por los artículos con autores de instituciones españolas y número de citas por artículo correspondientes a cada tema estudiado. Se indica el número de artículos en los que constaban las palabras clave y su porcentaje respecto al total

Temas	Citas, n	Citas/registros	Registros con palabras clave, n	Registros con palabras clave, %
<i>Transcatheter aortic valve implantation</i>	6.116	20,6	200	67,34
<i>Cardiac resynchronization therapy</i>	5.717	15,8	267	73,96
<i>Non-vitamin K antagonist oral anticoagulant</i>	3.701	23,9	94	60,65
<i>Sacubitril/valsartan</i>	943	18,5	37	72,55
<i>Tako-tsubo</i>	1.185	11,7	57	56,44
<i>Drug eluting stent</i>	15.888	28,5	392	70,25
<i>Catheter ablation</i>	13.953	23,5	473	79,63
<i>micro-RNA</i>	4.365	31,4	88	63,31

Tabla 4

Revista en la que se ha publicado el mayor número de publicaciones (valores entre paréntesis), la que ha generado el mayor número de citas bibliográficas (valores entre paréntesis) y con mayor cociente número de citas/número de publicaciones (valores entre paréntesis) en relación con cada uno de los temas estudiados

Temas	Revista con mayor número de publicaciones	Revista que ha generado mayor número de citas	Revista con mayor cociente citas/publicación
<i>Transcatheter aortic valve implantation</i>	Revista Española de Cardiología (64)	European Heart Journal (1.127)	European Heart Journal (93,9)
<i>Cardiac resynchronization therapy</i>	Revista Española de Cardiología (105)	Europace (795)	New England Journal of Medicine (244,0)
<i>Non-vitamin K antagonist oral anticoagulant</i>	Revista Española de Cardiología (23)	New England Journal of Medicine (615)	New England Journal of Medicine (615,0)
<i>Sacubitril/valsartan</i>	International Journal of Cardiology (6)	Circulation (277)	The Lancet (266,0)
<i>Tako-tsubo</i>	International Journal of Cardiology (19)	Revista Española de Cardiología (233)	Journal of Biological Chemistry (102,0)
<i>Drug eluting stent</i>	Revista Española de Cardiología (85)	Journal of American College of Cardiology (3.702)	New England Journal of Medicine (381,6)
<i>Catheter ablation</i>	Revista Española de Cardiología (143)	Europace (2.997)	British Journal of Radiology (138,0)
<i>micro-RNA</i>	Plos One (7)	Nature (788)	Nature (788,0)

destaca la fuerte interrelación con fibrilación auricular y también la relación con diferentes tipos de arritmias y con ictus, anti-coagulación, fármacos antiarrítmicos, resonancia magnética o desfibrilador implantable.

La figura 5, la figura 6 y la figura 7 muestran las redes de colaboración entre las instituciones con publicaciones sobre «catheter ablation», «DES», «CRT», «TAVI», «NOAC» y «miRNA». En todos los temas se observan redes muy amplias que muestran una gran interrelación entre instituciones españolas y extranjeras, redes que coexisten con otras en las que participa un menor número de instituciones. En casi todas ellas se observa la colaboración entre instituciones sanitarias y universitarias. También se detecta la participación de institutos de investigación y, en casos concretos, sociedades científicas e instituciones estatales dedicadas a la investigación. Así, es frecuente observar la interrelación entre un determinado centro hospitalario y la universidad a la que está vinculado. En algún caso, como ocurre en «CRT», aparece la Sociedad Española de Cardiología, y en este y otros como «catheter ablation», «DES» y «miRNA», aparecen institutos de investigación (IDIBAPS, INCLIVA), así como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) («miRNA») o el Instituto de Salud Carlos III («miRNA», «S/V»), y en este último aparece un Centro de Investigación Biomédica en Red (CIBER). Al construir las representaciones gráficas, se ha establecido un umbral mínimo de colaboraciones con un mismo centro para cada tema, con la finalidad de facilitar su representación, aunque esto implica que las instituciones con un número de colaboracio-

nes inferior al umbral no han quedado representadas. En la tabla 1 del material adicional está disponible toda la información recogida sobre producción y colaboraciones entre centros e instituciones, incluidos el Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares (CNIC) y los CIBER.

DISCUSIÓN

Los indicadores bibliométricos aportan información sobre la actividad desarrollada en un campo de investigación, en qué direcciones se dirige, el interés suscitado entre los colectivos que trabajan en determinados ámbitos y el grado de interrelación entre centros, países o investigadores^{17,19,20}. En el ámbito de las enfermedades cardiovasculares se han hecho análisis centrados en la actividad desarrollada en el mundo y por países^{20,21}. Así, se ha demostrado el constante incremento de la producción científica durante la primera década del siglo xxi^{21,22}, con diferencias según el nivel socioeconómico^{21,23-25}.

En relación con la producción de autores de instituciones españolas, estudios previos han analizado los periodos 1990-1996¹⁴ y 2003-2007^{9,10}. En el primero se observó un crecimiento ligeramente inferior al correspondiente al área de la biomedicina y tendencias crecientes a colaboraciones internacionales. En el segundo se analizó su posición en el contexto europeo y mundial, que se situó en el sexto lugar en la Unión Europea y el noveno en el mundo (el décimo considerando las revistas del primer cuartil), y

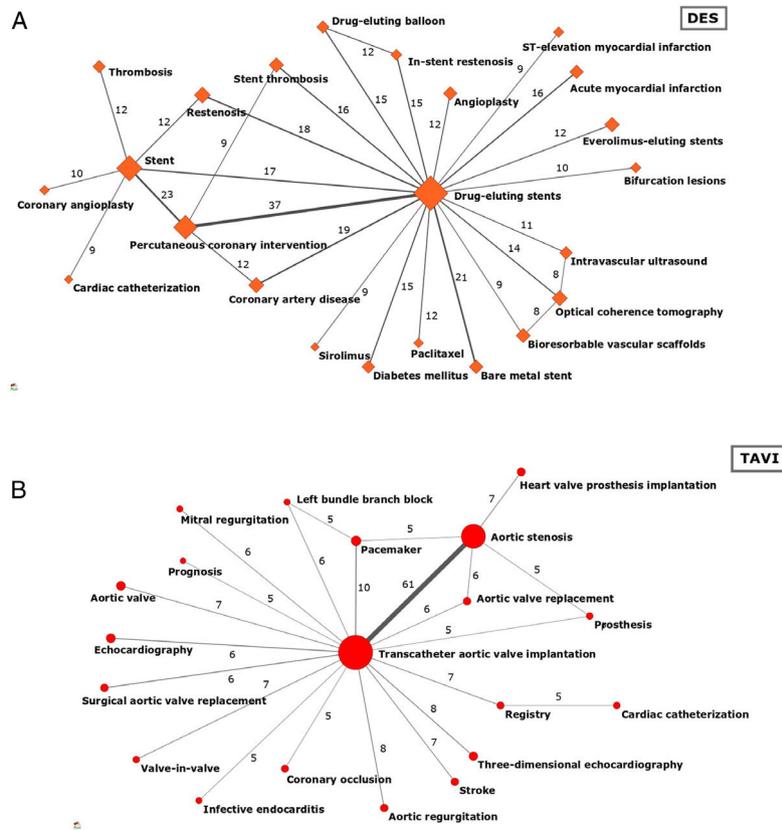


Figura 3. Redes temáticas construidas a partir de las palabras clave de artículos de autores de instituciones españolas. A: tema «DES». B: tema «TAVI». El tamaño de los nodos representa el grado de participación de una palabra clave, mientras que el grosor de las conexiones indica su grado de relación, acompañado del valor (número de veces que coincide una palabra clave de un artículo con las de otro). DES: *drug eluting stents*; TAVI: *transcatheter aortic valve implantation*.

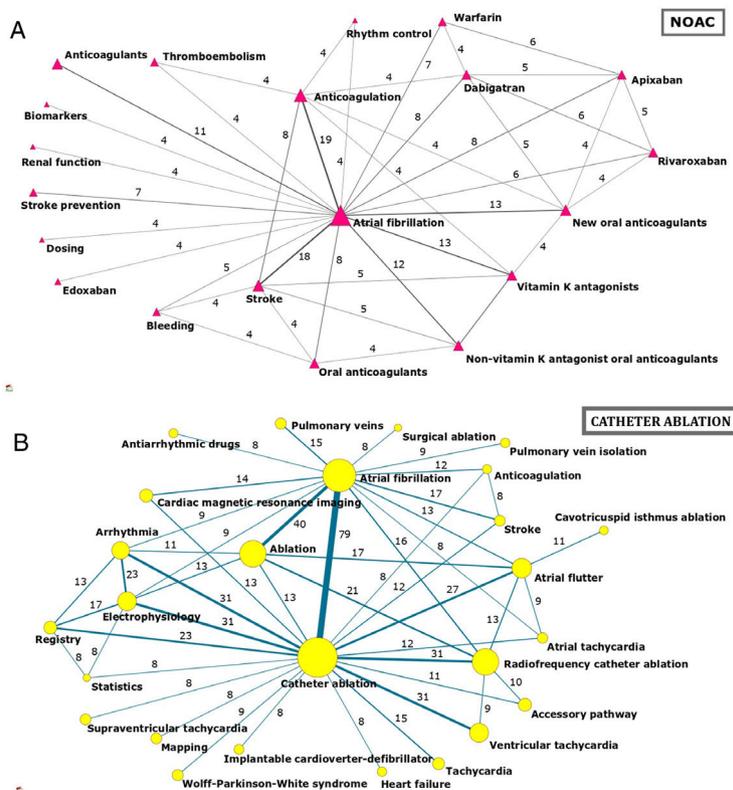


Figura 4. Redes temáticas construidas a partir de las palabras clave de artículos de autores de instituciones españolas. A: tema «NOAC». B: tema «catheter ablation». NOAC: *non-vitamin K antagonist oral anticoagulation*.

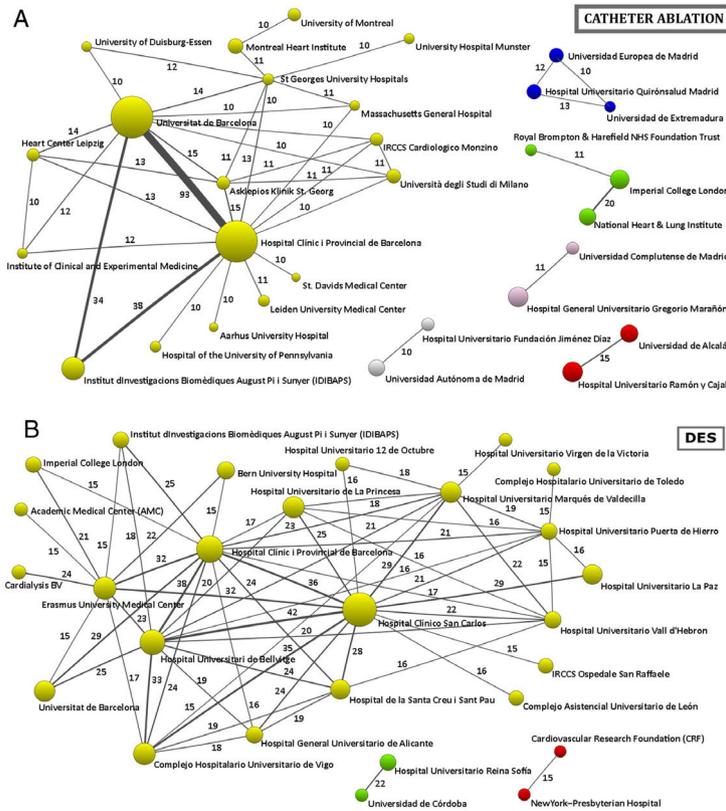


Figura 5. Redes de colaboración entre instituciones construidas a partir de los artículos de autores de instituciones españolas. A: tema «catheter ablation» (umbral mínimo de 10 colaboraciones con un mismo centro). B: tema «DES» (umbral de 15 colaboraciones). El tamaño de los nodos representa la producción de una institución, mientras que el grosor de las conexiones indica el grado de colaboración entre 2 nodos, acompañado del valor (número de veces en las que han publicado conjuntamente). DES: drug eluting stents.

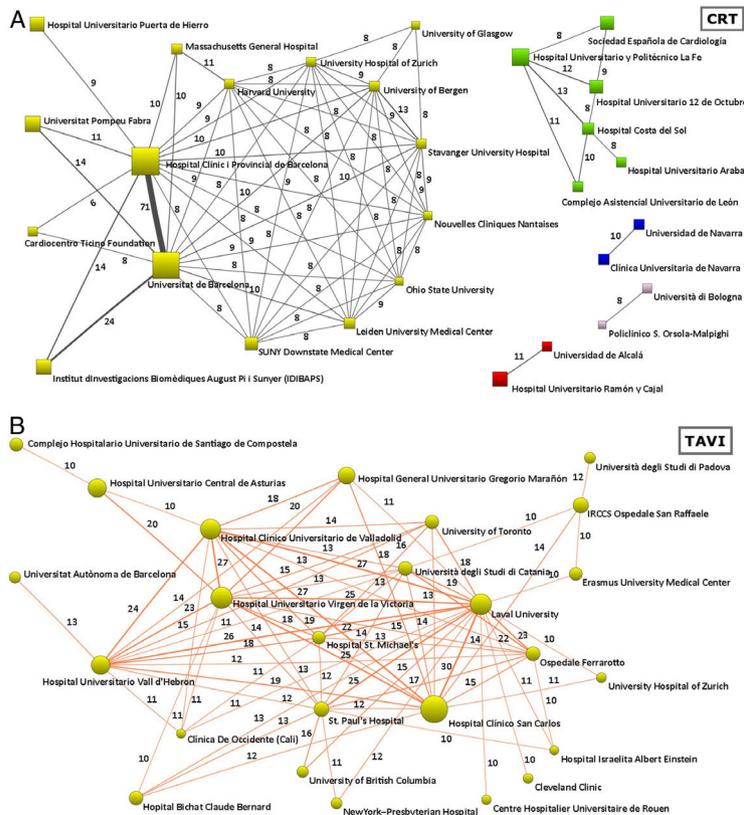


Figura 6. Redes de colaboración entre instituciones. A: tema «CRT» (umbral mínimo de 8 colaboraciones). B: tema «TAVI» (umbral de 10 colaboraciones). CRT: cardiac resynchronization therapy; TAVI: transcatheter aortic valve implantation.

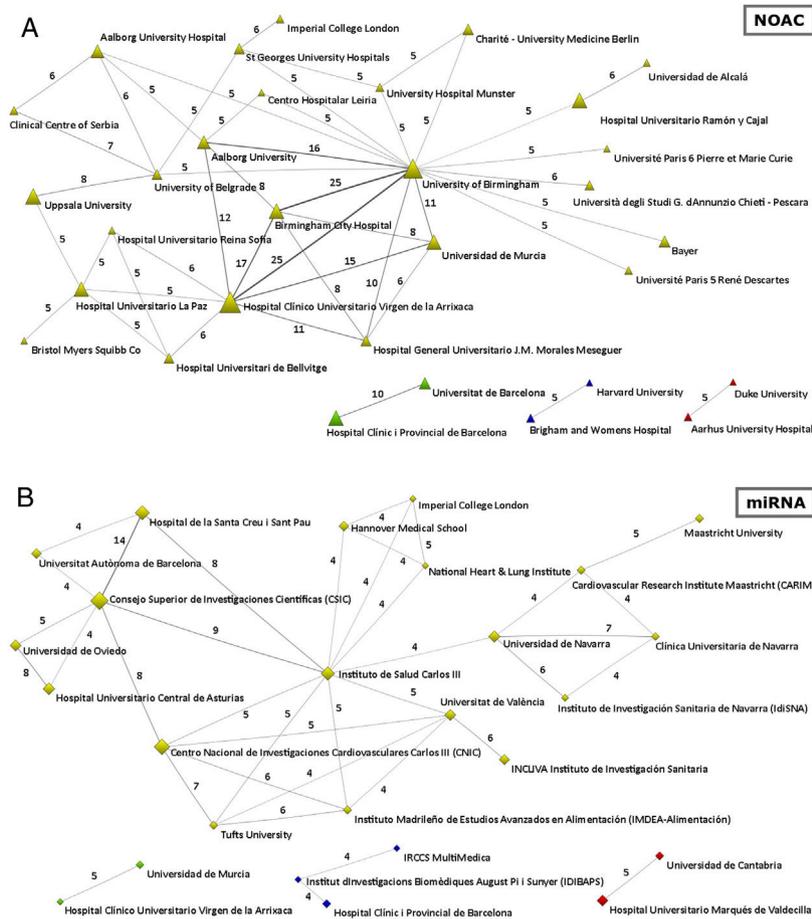


Figura 7. Redes de colaboración entre instituciones. A: tema «NOAC» (umbral mínimo de 5 colaboraciones). B: tema «miRNA» (umbral de 4 colaboraciones). miRNA: *micro-RNA*; NOAC: *non-vitamin K antagonist oral anticoagulation*.

Tabla 5

Gasto destinado a I+D o a la salud, expresado como porcentaje del producto interior bruto (PIB), e investigadores dedicados a I+D en diversos países tanto del entorno europeo como en el mundo

País	Gastos en I+D, % del PIB	Investigadores dedicados a I+D por millón de personas	Gasto público en salud, % del PIB
Alemania	3,09 (2018)	5.003 (2017)	9,91 (2019)
España	1,24 (2018)	2.855 (2017)	6,37 (2019)
Francia	2,20 (2018)	4.450 (2017)	9,37 (2019)
Grecia	1,18 (2018)	3.329 (2017)	4,62 (2019)
Irlanda	1,15 (2018)	4.115 (2017)	5,08 (2019)
Italia	1,40 (2018)	2.245 (2017)	6,42 (2019)
Países Bajos	2,16 (2018)	5.011 (2017)	8,24 (2019)
Polonia	1,21 (2018)	2.543 (2017)	4,55 (2019)
Portugal	1,37 (2018)	4.308 (2017)	5,86 (2019)
Reino Unido	1,72 (2018)	4.341 (2017)	7,98 (2019)
Suecia	3,34 (2018)	7.597 (2017)	9,27 (2019)
Suiza	3,37 (2017)	5.272 (2017)	7,83 (2019)
Unión Europea*	2,18 (2018)	3.731 (2017)	—
Canadá	1,57 (2018)	4.264 (2016)	7,60 (2019)
China	2,19 (2018)	1.225 (2017)	2,86 (2017)
Estados Unidos	2,84 (2018)	4.245 (2016)	14,38 (2019)
Japón	3,26 (2018)	5.304 (2017)	9,32 (2019)

Los valores entre paréntesis corresponden al año en que se han obtenido los datos. Fuentes: Web del Banco Mundial²⁷ y Datos macro. expansión²⁸.

* Conjunto de países que configuran la Unión Europea.

se concluyó que era necesario apoyar y promover la investigación para mantener niveles de producción científica adecuados.

En un estudio posterior¹¹ se analizó el impacto de las becas y ayudas a la investigación otorgadas por la Sociedad Española de Cardiología durante el periodo 2000–2006. Se observó que el promedio de artículos relacionados con las ayudas fue 1,12. Recientemente se ha efectuado un análisis similar correspondiente al periodo 2007–2012, en el que se han registrado 122 publicaciones derivadas de 88 proyectos²⁶. También se han hecho análisis sobre la proporción de artículos científicos derivados de las comunicaciones aceptadas en los congresos de la Sociedad Española de Cardiología en 2002, 2005 y 2008¹², y se ha observado que el 38,33% dio lugar a posteriores publicaciones, el mayor número en *Revista Española de Cardiología* (37,41%), seguida de *European Heart Journal* (5,44%).

El presente trabajo muestra el constante incremento de la producción científica mundial en el área cardiovascular, que también se observa al considerar la de instituciones españolas, cuya proporción respecto a la mundial también crece en las últimas décadas. La selección de temas específicos ha permitido analizar aspectos relacionados con su irrupción y la participación en su desarrollo de autores de instituciones españolas. Con la excepción del tema «S/V», se ha observado que, en los temas estudiados, existe un retraso de entre 4 y 7 años en la incorporación de autores españoles a la producción científica mundial relacionada, aunque la tasa de crecimiento anual de publicaciones es mayor en los temas de aparición más reciente.

El Observatorio de la Comisión Europea sobre Investigación e Innovación (2017 *RIO Country Report*) situaba a España en una posición moderada en innovación y señalaba actuaciones que incidirían positivamente, como la introducción de mejoras en la situación laboral de los investigadores, en la financiación y la gestión del sistema de investigación y la implicación de las empresas. El porcentaje del producto interior bruto (PIB) destinado a I + D en España es inferior al promedio de la Unión Europea y, en este entorno, el número de investigadores por millón de personas también se encuentra en la parte inferior (tabla 5).

El promedio de publicaciones anuales ha sido mayor en los temas «DES», «TAVI» y «catheter ablation», y la revista que ha contribuido en mayor medida es *Revista Española de Cardiología*. Al considerar las citas originadas por artículos de autores españoles, el mayor número ha correspondido también a «DES» y «catheter ablation», aunque temas menos productivos como «miRNA» han dado lugar a publicaciones con gran número de citas por artículo. Las revistas de las que ha procedido el mayor número son las de mayor factor de impacto, como *Journal of American College of Cardiology* o *European Heart Journal*.

El análisis de las redes temáticas ha mostrado que los temas seleccionados presentan relación directa con aspectos como las complicaciones o la utilidad de otros procedimientos diagnósticos complementarios, así como con la evaluación de resultados. El análisis de las colaboraciones entre instituciones ha permitido observar un alto grado de interrelación, que no se limita a centros españoles y que en algunos temas es muy extensa y abarca múltiples instituciones de otros países. Este análisis también ha permitido constatar la interrelación entre hospitales, universidades, institutos de investigación y otras instituciones como las sociedades científicas. En el caso de los CIBER, su participación todavía es pequeña, hecho que se relaciona con su relativamente nueva creación.

Limitaciones

El estudio se ha realizado con los artículos incluidos en la base de datos SCIE de *Web of Science*, por lo que solo se han tenido en

cuenta las revistas indexadas en esta base de datos y otras, como Scopus, podrían haberse considerado. Sin embargo, SCIE es una de las bases de datos más utilizadas, ya que incluye las citas y el factor de impacto de las revistas, indicador que no es posible obtener en otras fuentes.

El análisis de temas concretos a partir de fechas definidas no sustituye el análisis más genérico, pero ofrece información adicional. En la selección de los temas se han mantenido las premisas que se mencionan en la metodología. Esta aproximación no pretende cubrir todos los ámbitos de la enfermedad cardiovascular y presenta las siguientes limitaciones: a) la metodología empleada aporta información parcial sobre la producción científica, al estar centrada fundamentalmente en temas de nueva aparición, y enfatiza los resultados obtenidos en temas técnicos y de nuevos fármacos en detrimento de otros temas clásicos o aspectos más fisiopatológicos de la enfermedad cardiovascular; b) por estos motivos, esta información debe considerarse parcial y generadora de hipótesis y utilizarse como información complementaria a otros estudios disponibles que aportan una información más global de la producción científica, y c) en este estudio no se han realizado ajustes de la producción biomédica en el área cardiovascular por el PIB de nuestro país o el porcentaje dedicado a investigación y a sanidad.

CONCLUSIONES

El análisis desagregado por temas muestra que el crecimiento de la producción científica cardiovascular española es constante, con mayores tasas de crecimiento anual en los temas analizados de aparición más reciente. Las redes de colaboración muestran un alto grado de interrelación entre instituciones españolas y extranjeras que abarca centros hospitalarios, universidades, institutos de investigación y sociedades científicas.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

¿QUÉ SE SABE DEL TEMA?

- Los análisis previos de la producción científica cardiovascular realizada por instituciones españolas han mostrado incrementos de la producción global y tendencias crecientes a la colaboración internacional. Son escasos los estudios centrados en la investigación sobre temas específicos y relevantes en el ámbito cardiovascular.

¿QUÉ APORTA DE NUEVO?

- El análisis desagregado por temas muestra que el crecimiento de la producción científica cardiovascular española también es constante y con mayores tasas de crecimiento anual en los temas analizados de aparición más reciente. Las redes de colaboración muestran un alto grado de interrelación entre instituciones españolas y extranjeras, que abarca centros hospitalarios, universidades, institutos de investigación y sociedades científicas.

ANEXO. MATERIAL ADICIONAL

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.09.013>

BIBLIOGRAFÍA

- Santos JV, Souza J, Valente J, et al. The state of health in the European Union (EU-28) in 2017: an analysis of the burden of diseases and injuries. *Eur J Public Health*. 2020;30:573–578.
- Lopez AD, Adair T. Is the long-term decline in cardiovascular-disease mortality in high-income countries over? Evidence from national vital statistics. *Int J Epidemiol*. 2019;48:1815–1823.
- Timmis A, Townsend N, Gale CP, et al. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019. *Eur Heart J*. 2020;41:12–85.
- Di Girolamo C, Nusselder WJ, Bopp M, et al. Progress in reducing inequalities in cardiovascular disease mortality in Europe. *Heart*. 2020;106:40–49.
- Townsend N, Wilson L, Bhatnagar P, Wickramasinghe K, Rayner M, Nichols M. Cardiovascular disease in Europe: epidemiological update 2016. *Eur Heart J*. 2016;37:3232–3245.
- Sánchez MA, Martín JJA, Fillat AC, et al. Cardiologists and the cardiology of the future. Vision and proposals of the Spanish Society of Cardiology for the cardiology of the 21st century. *Rev Esp Cardiol*. 2019;72:649–657.
- Permanyer-Miralda G, Hinrichs-Krapels S, Adam P. The social impact of cardiology research: beyond management. *Rev Esp Cardiol*. 2016;69:639–643.
- García-Fernández MA. Evolution of cardiac imaging according to the number of scientific articles in medical journals: a long and fruitful journey. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67:920–924.
- Aleixandre-Benavent R, Alonso-Arroyo A, Chorro-Gascó FJ, et al. Cardiovascular scientific production in Spain and in the European and global context (2003–2007). *Rev Esp Cardiol*. 2009;62:1404–1417.
- Aleixandre R, Alonso A, Chorro FJ, et al. *Producción científica cardiovascular en España*. Madrid: Sociedad Española de Cardiología; 2009.
- Aleixandre Benavent R, Alonso Arroyo A, Anguita Sánchez M, et al. Evolution and scientific impact of research grants from the Spanish Society of Cardiology and Spanish Heart Foundation (2000–2006). *Rev Esp Cardiol*. 2011;64:904–915.
- Alonso-Arroyo A, Aleixandre-Benavent R, Vidal-Infer A, et al. Subsequent full publication of abstracts presented in the annual meetings of the Spanish Society of Cardiology. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67:15–21.
- Bordons M, Zulueta MA. Interdisciplinarity of Spanish cardiovascular research teams. *Rev Esp Cardiol*. 2002;55:900–912.
- Zulueta MA, Bordons M. Spanish scientific production in the cardiovascular area through Science Citation Index (1990–1996). *Rev Esp Cardiol*. 1999;52:751–764.
- Valderrama-Zurián JC, González-Alcaide G, Valderrama-Zurián FJ, Aleixandre-Benavent R, Miguel-Dasit A. Coauthorship networks and institutional collaboration in Revista Española de Cardiología publications. *Rev Esp Cardiol*. 2007;60:117–130.
- Gálvez C. Mapping the conceptual structure of cardiovascular research: An analysis based on Revista Española de Cardiología. *Rev Esp Cardiol*. 2018;71:219–221.
- Batagelj V, Mrvar A. *Pajek version 5.08 Program for large network analysis [Internet]*. Ljubljana: University of Ljubljana; 2019. Disponible en: <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>
- Gal D, Thijs B, Glänzel W, Sipido KR. Hot topics and trends in cardiovascular research. *Eur Heart J*. 2019;40:2363–2374.
- Guler AT, Waaijer CJ, Palmblad M. Scientific workflows for bibliometrics. *Scientometrics*. 2016;107:385–398.
- Biglu MH, Ghavami M, Biglu S. Cardiovascular diseases in the mirror of science. *J Cardiovasc Thorac Res*. 2016;8:158–163.
- Huffman MD, Baldrige A, Bloomfield GS, et al. Global cardiovascular research output, citations, and collaborations: a time-trend, bibliometric analysis (1999–2008). *PLoS One*. 2013; 2013;8:e83440.
- Bouletti C, Danchin N, lung B, Daubert C. Cardiovascular research in France: Evolution of scientific activities and production over the last decade. *Arch Cardiovasc Dis*. 2019;112:241–252.
- Bloomfield GS, Baldrige A, Agarwal A, et al. Disparities in cardiovascular research output and citations from 52 African countries: a time-trend, bibliometric analysis (1999–2008). *J Am Heart Assoc*. 2015;4:e001606.
- Al-Kindi S, Al-Juhaishi T, Haddad F, Taheri S, Abi Khalil C. Cardiovascular disease research activity in the Middle East: a bibliometric analysis. *Ther Adv Cardiovasc Dis*. 2015;9:70–76.
- Shuaib W, Khan MS, Shahid H, Valdes EA, Alweis R. Bibliometric analysis of the top 100 cited cardiovascular articles. *Am J Cardiol*. 2015;115:972–981.
- Rodríguez-Padial L, Fernández Lozano I, Hidalgo Urbano R, et al. Trends and bibliometric impact of research grants of the Spanish Society of Cardiology/ Spanish Heart Foundation (2007–2012). *Rev Esp Cardiol*. 2019;72:1012–1019.
- Banco Mundial. Datos. Gasto en investigación y desarrollo e investigadores dedicados a I + D. 2020. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/%20NY.GDP.MKTP.CD>. Consultado 3 Ago 2020.
- Base de datos Expansión Datos Macro. Cuentas Nacionales. Gasto público en salud. Madrid; 2019. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/estado/gasto/salud>. Consultado 3 Ago 2020.