

Bibliometría e indicadores de actividad científica (V). Indicadores de colaboración (1)

R. Aleixandre-Benavent^{1,2}, J. González de Dios³, L. Castelló Cogollos^{1,4}, C. Navarro Molina^{1,5},
A. Alonso-Arroyo^{1,5}, A. Vidal-Infer^{1,5}, R. Lucas-Domínguez^{1,5}, A. Sixto-Costoya^{1,5}

¹Unidad de Información e Investigación Social y Sanitaria-UISYS (CSIC-Universitat de València). Valencia. ²Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento-Ingenio (CSIC-Universitat Politècnica de València). UISYS (CSIC-Universitat de València). Valencia. ³Servicio de Pediatría. Hospital General Universitario de Alicante. Departamento de Pediatría. Universidad «Miguel Hernández». Alicante. ⁴Departamento de Sociología y Antropología Social. Universitat de València. ⁵Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación. Universitat de València.

Resumen

La colaboración científica es el proceso social por el que dos o más investigadores trabajan de forma conjunta compartiendo sus recursos intelectuales y materiales para producir nuevo conocimiento científico. En este trabajo se realiza un recorrido histórico desde los inicios de la colaboración científica, considerando los factores que intervienen en este proceso, el peligro de que la presión para aumentar el currículum contribuya a la fragmentación de la investigación biomédica y el papel que ejercen los «colegios invisibles». También se enumeran y describen los indicadores de colaboración científica de primera generación, entre ellos el número y la tasa de documentos en coautoría, el índice de coautoría, o índice de colaboración, y los indicadores de colaboración institucional.

Palabras clave

Bibliometría, indicadores bibliométricos, colaboración científica, tasa de documentos en coautoría, índice de coautoría, índice de colaboración, colaboración institucional

Abstract

Title: Bibliometrics and indicators of scientific activity (V). Collaboration indicators (1)

Scientific collaboration is the social process by which two or more researchers work together sharing their intellectual and material resources to produce new scientific knowledge. In this paper, a historical overview is made from the beginning of scientific collaboration, considering the factors involved in this process, the danger that the pressure to increase the curriculum contributes to the fragmentation of biomedical research and the role of "invisible colleges". The first-generation of scientific collaboration indicators are also listed and described, including the number and rate of co-authored papers, the co-author index or collaboration index, and the indicators of institutional collaboration.

Keywords

Bibliometrics, bibliometric indicators, scientific collaboration, rate of co-authored papers, coauthor index, collaboration index, indicators of institutional collaboration

La colaboración científica

Los inicios de la colaboración científica

La colaboración científica puede definirse como un proceso social por el que dos o más investigadores trabajan de forma conjunta compartiendo sus recursos intelectuales y materiales para producir nuevo conocimiento científico¹. La colaboración en las publicaciones científicas ha sido objeto de numerosos estudios, entre los que destacan los iniciales de Clarke², Price y Beaver³ y Beaver y Rosen^{4,6}. Beaver y Rosen señalaron en sus estudios históricos sobre la evolución de la colaboración científica que ésta se dio como respuesta a la profesionalización de la ciencia. Su origen se situaría en el siglo XVII, en los nuevos modos de comunicación que se crearon gracias a la revolución científica: los artículos científicos. A lo largo del siglo XVIII y las primeras décadas del siglo XIX, las comunidades de inves-

tigadores de algunos países occidentales instituyeron las sociedades científicas, que propiciaron la creación de nuevas revistas. A principios del siglo XX, los gobiernos de los países más desarrollados comenzaron a destinar amplios presupuestos económicos a la actividad científica, creando numerosos institutos de investigación, laboratorios industriales y fundaciones privadas. Esto se vio reflejado en un cambio en la colaboración científica, que aumentó de forma espectacular con respecto a épocas anteriores^{4,6}. Según Price⁷, «a principios de siglo XX más del 80% de todos los trabajos tenían un solo autor y casi todo el resto dos, correspondiendo la mayor parte a los firmados por un profesor y su discípulo. A partir de esta fecha, el porcentaje de trabajos con varios autores ha progresado constantemente, y los trabajos de tres autores aumentan más deprisa que los de dos autores, los de cuatro más deprisa que los de tres, y así sucesivamente».

Factores que intervienen en la colaboración científica

El grado de apoyo financiero está directamente relacionado con la colaboración^{4,8-11}. Por ello, en áreas como las ciencias de la vida (biología y medicina), la física y la química, que suelen estar favorecidas por un mayor soporte económico, la tasa de colaboración es más alta que en otras disciplinas, como las ciencias políticas, la psicología, las matemáticas o la astronomía, en las que los trabajos en equipo son menos frecuentes^{4-6,12}.

Otra característica de la colaboración es su relación positiva con la productividad: los científicos que más trabajos publican son también los que más colaboran. Todos estos factores les proporcionan un mayor reconocimiento y, por consiguiente, un mayor acceso a los recursos sociales e intelectuales de la comunidad científica^{8,13-17}. Cuando los científicos adquieren una alta posición, controlan la dirección científica, planifican proyectos y delegan tareas en científicos de posición más baja, lo que les permite colaborar en diversos estudios. De esta manera tienen más facilidades para la coautoría, al tiempo que su productividad aumenta. Los autores que no forman parte de la élite científica también se benefician de su asociación con los científicos de prestigio, al obtener mayor difusión, reconocimiento y movilidad⁸.

En medicina¹⁸, el número elevado de autores firmantes de los trabajos se debe a la multidisciplinariedad y a la naturaleza técnica y compleja de la investigación biomédica, que requiere el trabajo en equipo, y esta labor se reconoce por medio de la inclusión, como autores, de todos los miembros del equipo, dando como resultado un aumento del número de autores por trabajo. También desempeñan un papel muy importante las políticas institucionales sobre el uso de la autoría como moneda de cambio o como «premio» por promesas¹⁹⁻²¹.

Otro factor que favorece la autoría múltiple, sobre todo en el caso de las universidades, es la necesidad de tener muchas publicaciones para poder acceder a la promoción académica²². El aumento de la competencia para la consecución de ayudas a la investigación favorece la inclusión en las publicaciones de jefes de departamento y otros investigadores de prestigio reconocido²³.

También se ha encontrado un mayor índice de aceptación para su publicación en los trabajos con mayor número de firmas²⁴. Por otra parte, los trabajos muy citados publicados en las revistas *Nature*, *Science* y *Cell* están firmados por más autores, con presencia de más instituciones, y tenían más fuentes de financiación que los menos citados²⁵.

Distorsiones en la colaboración: la fragmentación de la investigación

La presión para aumentar el currículum puede contribuir a la fragmentación de la investigación biomédica, descomponiendo el trabajo de investigación en varias «unidades de publicación» que se pueden enviar a varias revistas, incluso permutando los nombres de los primeros firmantes para que todos aparezcan

TABLA 1**Factores que influyen en la colaboración científica**

- Tendencia hacia la internacionalización de la ciencia
- Naturaleza de los problemas que se investigan
- Aumento de la especialización de los investigadores
- Financiación
- Presión por publicar
- Acceso a los medios de comunicación electrónicos
- Proximidad geográfica
- Conocimiento de idiomas
- Tipo de artículo (los artículos originales están firmados por más autores que los de revisión; las cartas tienen un número limitado de autores; los artículos editoriales suelen estar firmados por un único autor)
- Naturaleza de las revistas: las que publican trabajos teóricos y de revisión suelen tener menos firmantes

alguna vez como primeros autores. Esta práctica ha creado la llamada «mínima unidad publicable», que consiste en fragmentar un trabajo en pequeñas unidades para conseguir varias publicaciones. Se han detectado repeticiones de los mismos datos en varios trabajos²⁶, así como un aumento de las publicaciones sobre los mismos temas y una disminución del tamaño de los artículos como consecuencia de la fragmentación²⁷. Según algunos estudios, en la última década las autorías injustificadas han alcanzado importantes proporciones^{28,29}.

También es común que en estudios multicéntricos se incorporen como autores a los médicos que presenten un número suficiente de pacientes evaluados. Por ejemplo, los resultados del ensayo clínico titulado «Therapeutic hypothermia after in-hospital cardiac arrest in children», publicado en *New England Journal of Medicine* en 2017, los firmaron 508 autores (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28118559>).

Estos factores han contribuido a que en los últimos años hayan surgido iniciativas destinadas a evitar las hiperautorías, entre ellas, limitar o establecer un número máximo de autores firmantes³⁰, determinar el orden de firma³¹, describir de forma precisa la contribución de cada firmante en los trabajos³² y designar a un responsable de la publicación más allá del autor para la correspondencia²⁹. En la tabla 1 se presenta un resumen de los factores que influyen en la colaboración científica.

Los «colegios invisibles»

Si la colaboración entre autores puede considerarse como la forma más típica de interacción entre científicos, la falta de colaboración en las publicaciones no implica, necesariamente, falta de interacción. Desde que Crane describió los «colegios invisibles»³³ como los grupos de élite científica que interactúan entre sí y publican de manera conjunta para el progreso de la ciencia, aunque estén separados geográficamente, este tipo de interacción, que no siempre se traduce en coautoría, es muy importante en la comunicación científica. Aunque estén distanciados físicamente, el hecho de conocerse mutuamente aporta

a los miembros de los colegios invisibles la facultad de poder intercambiar información y participar en proyectos comunes, o dar a conocer resultados de otras investigaciones por cauces no formales³⁴.

En la actualidad esta interacción se ha visto incrementada por los llamados *electronic invisible colleges*, gracias al desarrollo de la tecnología de la información y, en especial, las redes sociales académicas. Aunque no se ha estudiado en profundidad, este desarrollo puede tener profundos efectos sobre la autoría, la colaboración y la interdisciplinariedad de la ciencia.

Indicadores de colaboración científica de primera generación

La colaboración científica se analiza a partir de distintos indicadores, basados en el número de autores, instituciones y países presentes en los artículos publicados.

Número y tasa de documentos en coautoría

El número de documentos en coautoría expresa el número de trabajos firmados por más de un autor, mientras que la tasa de documentos en coautoría expresa el porcentaje de artículos firmados por más de un autor respecto al total de documentos.

En un estudio que analizaba la producción científica pediátrica española durante el periodo comprendido entre 2006 y 2010³⁵, se encontró una tasa de documentos en coautoría del 91%, lo que indica que este porcentaje de trabajos se había realizado en colaboración, y aumentaba al 95% si se consideraban únicamente los artículos originales. En los artículos de revisión el porcentaje fue más bajo (79%), así como en las cartas y los editoriales. Por otra parte, el porcentaje de artículos firmados por un único autor había disminuido a lo largo del citado quinquenio, pasando del 13% en 2006 al 8% en 2010. En el estudio que analizaba la producción científica cardiológica española durante dicho periodo³⁶, la tasa fue un poco más alta.

Índice de coautoría

El indicador más común utilizado para medir la colaboración es el índice de coautoría, también llamado índice firmas/trabajo, o índice de colaboración, que expresa el promedio de firmantes que han intervenido en los trabajos. Aunque este índice varía según las áreas temáticas y las especialidades médicas, el índice de coautoría de los artículos publicados en revistas médicas españolas ha pasado de 1,26 a finales del primer tercio del siglo XX a 3,5 en la década de los ochenta, situándose entre 5 y 6 autores por trabajo en la actualidad.

En el estudio sobre la producción científica pediátrica española durante dicho periodo³⁵, se encontró que el índice de coautoría había aumentado progresivamente durante los 5 años del estudio, pasando de 5,17 autores por trabajo en 2006 a 5,85 en 2010. La media o índice global del periodo fue de 5,37 autores por trabajo (con una desviación estándar de 4,46). En el estudio que analizaba la producción científica cardiológica



Figura 1. Evolución del índice de colaboración en Acta Pediátrica Española en los últimos 20 años (fuente: Scimago Journal and Country Rank)

española durante el periodo comprendido entre 2003 y 2007, el valor del índice también había aumentado progresivamente durante los 5 años del estudio, pasando de 5,73 autores por trabajo en 2003 a 6,54 en 2007, con un índice de coautoría de todo el periodo de 6,21 autores por trabajo³⁶. En la figura 1 se presenta la evolución del índice de colaboración en los artículos publicados en *Acta Pediátrica Española* en los últimos 20 años (a partir de los artículos indexados en Scopus y publicados por Scimago Journal and Country Rank).

El índice de coautoría varía entre las diversas áreas o especialidades. Las áreas con un alto componente de investigación básica y experimental suelen tener un índice de coautoría más alto que las áreas dedicadas a la investigación clínica, la investigación social y las humanidades.

Como ya se ha comentado, este índice puede estar sobredimensionado debido a prácticas poco éticas, como la «autoría de agradecimiento», que implica incluir como autores al personal de apoyo que ayuda técnicamente en la realización del trabajo, como estadísticos, ayudantes de laboratorio e informáticos, y la «autoría honoraria», que consiste en incluir como autores a directores de equipo, jefes de departamento y otras personas de relevancia.

Tal como se ha indicado en trabajos previos^{37,38}, para calcular el indicador pueden adoptarse varios criterios: a) atribuir la publicación a cada coautor (esto es lo habitual y consiste en asignar un punto a cada coautor); b) atribuir la publicación sólo al primer autor; c) atribuir la publicación al primer autor y al último, y d) atribuir a cada coautor una fracción proporcional de la publicación (lo que se conoce como «cálculo fraccionado»).

El número de documentos en coautoría, la tasa y el índice de coautoría pueden calcularse para cada año y representarse gráficamente con el fin de observar su evolución en una muestra de artículos (de una revista, de un área temática, sobre una enfermedad o síndrome, etc.).

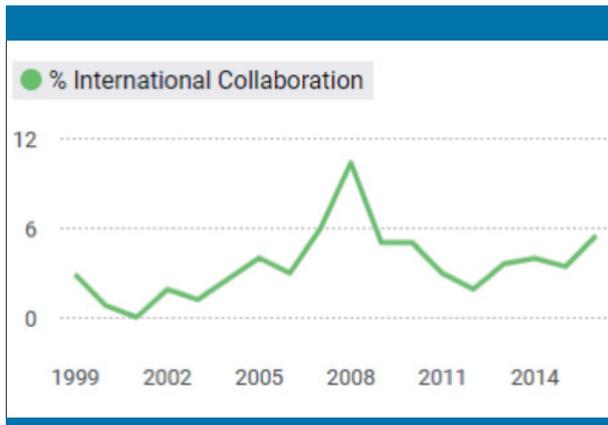


Figura 2. Evolución de la colaboración internacional de *Anales de Pediatría* (fuente: Scimago Journal and Country Rank)

Colaboración institucional

La colaboración institucional puede ser de dos tipos: intrainstitucional e interinstitucional. En la colaboración intrainstitucional participan varios departamentos o unidades organizativas de una misma institución (un hospital, una universidad, un centro de investigación, etc.). Por su parte, la colaboración interinstitucional puede ser nacional o internacional. En la primera, varias instituciones de un mismo país participan en el mismo trabajo. En la segunda, participan instituciones nacionales y extranjeras. Cuando se analizan estos niveles de colaboración en España, en ocasiones se diferencia también si la colaboración se establece entre instituciones pertenecientes a la misma provincia o comunidad autónoma («colaboración entre provincias» y «colaboración entre comunidades autónomas»)^{39,40}. En la figura 2 se muestra la evolución de la colaboración internacional de *Anales de Pediatría* ofrecida por Scimago Journal & Country Rank (<http://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=14477&tip=sid&clean=0>). En la figura 3 se presenta un gráfico con tres curvas que representan la evolución de los trabajos publicados sin colaboración, en colaboración nacional y en colaboración internacional de un científico incluido en la Biblioteca Digital de Científicos y Humanistas Valencianos-Vestigium (<http://www.vestigium.es/e/cientificos>).

La colaboración internacional alcanza su máxima expresión en los grandes proyectos cooperativos internacionales, como algunos ensayos multicéntricos o el detector de partículas Atlas, de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), en el que participan miles de investigadores originarios de numerosos países e instituciones.

La colaboración entre países puede representarse mediante grafos procedentes del análisis de redes sociales y mediante un mapamundi. En la figura 4 se presenta un mapamundi de la colaboración internacional en la revista *European Journal of Pediatrics* en 2016 (datos extraídos de la Web of Science Core Collection).

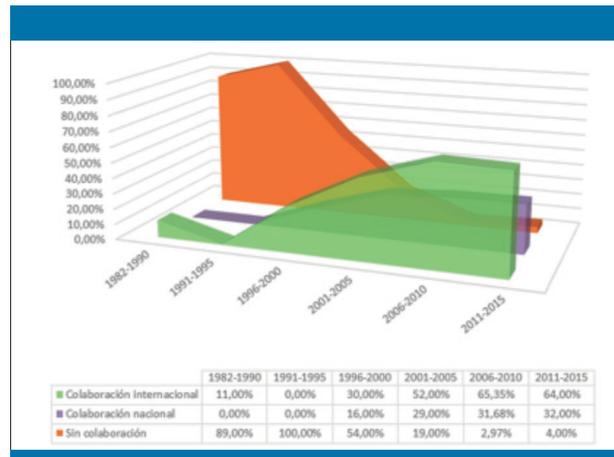


Figura 3. Evolución de los niveles de colaboración institucional (internacional, nacional y sin colaboración) de un autor incluido en la Biblioteca Digital de Científicos y Humanistas Valencianos-Vestigium (<http://vestigium.es/e/cientificos>)



Figura 4. Mapa de colaboración entre países de la revista *European Journal of Pediatrics* (fuente: Web of Science Core Collection)

Indicadores de colaboración de segunda generación. Redes de colaboración

Algunos programas informáticos permiten representar mediante grafos los grupos y redes de trabajo que surgen a partir del análisis de las coautorías. Estos programas identifican todas las combinaciones de pares de autores («coautorías») existentes en cada uno de los trabajos analizados y representan gráficamente los *clusters*, o agregados, que son el conjunto de autores (u otros elementos, como instituciones o países) conectados entre sí mediante enlaces que expresan las relaciones de coautoría. El próximo capítulo de esta serie se destinará a exponer este tipo de análisis.

TABLA 2

Indicadores de colaboración*Colaboración entre autores*

<i>Indicador</i>	<i>Definición</i>
Número de documentos en coautoría	Número de artículos firmados por más de un autor
Tasa de documentos en coautoría	Porcentaje de artículos firmados por más de un autor respecto al total de documentos
Evolución anual de la tasa de documentos en coautoría	Porcentaje de artículos firmados por más de un autor respecto al total de documentos calculado cada año analizado que representa su evolución
Índice de coautoría (índice firmas/trabajo o índice de colaboración)	Promedio del número de autores que firman los artículos (cociente entre el número autores y el número de artículos)
Evolución anual del índice de coautoría	Promedio del número de autores que firman los artículos calculado cada año analizado que representa su evolución

Colaboración entre instituciones

<i>Indicador</i>	<i>Definición</i>
Colaboración interinstitucional	Número de artículos firmados por más de una institución
Colaboración interinstitucional nacional	Número de artículos firmados por más de una institución del mismo país
Colaboración interinstitucional internacional	Número de artículos firmados por más de una institución de distintos países
Colaboración interinstitucional nacional entre provincias o comunidades autónomas	Número de artículos firmados por más de una institución de la misma provincia o comunidad autónoma
Colaboración intrainstitucional nacional	Número de artículos firmados por diferentes departamentos de una misma institución
Tasa de colaboración nacional	Porcentaje del número artículos de colaboración nacional sobre la producción de un país

Colaboración entre países

<i>Indicador</i>	<i>Definición</i>
Colaboración internacional	Número de artículos firmados por instituciones de varios países
Colaboración internacional por agrupaciones de países	Número de artículos firmados por grupos de países, como la Unión Europea, BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), Latinoamérica, etc.
Tasa de colaboración internacional	Porcentaje del número artículos de colaboración internacional sobre la producción de un país

Conclusiones

La obtención de indicadores de colaboración tiene su máximo interés en el hecho de que la cantidad de firmas múltiples en los trabajos se relaciona positivamente con el apoyo económico (estatal, de fundaciones o privado) que tienen las áreas científicas o temáticas. El hecho de que haya grandes inversiones en ciencia favorece la formación de equipos de investigación que firman en multiautoría, mientras que cuando la ayuda es escasa o inexistente, la ciencia se hace más artesanal, apoyada por la iniciativa personal poco colaborativa.

También existe una correlación positiva entre el índice de productividad de un autor y el número medio de firmas existentes en sus trabajos. Por ejemplo, en los artículos publicados en revistas médicas españolas durante el quinquenio 1973-1977, el índice de coautoría era de 2,6, pero en los máximos productores de trabajos llegaba a 6,25. La utilización de este parámetro debe tener en cuenta sus limitaciones, debidas a la propia complejidad del fenómeno de la colaboración, sobre todo a algunos abusos, como la llamada «autoría honoraria» y la «autoría de agradecimiento». De acuerdo con las recomendacio-

nes del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, esas autorías no deberían figurar como autores de un trabajo, a no ser que también participen en su concepción y diseño, análisis e interpretación de los resultados, redacción y extracción de las conclusiones. En el polo opuesto, a veces sólo aparecen como coautores el investigador principal y los que proporcionan una colaboración sustancial. Las diferencias encontradas en las diversas especialidades pueden deberse a circunstancias muy complejas relacionadas con las particularidades de cada área temática, según se trate de áreas prioritarias de investigación, a las que se les suele destinar más recursos, o tengan un mayor o menor componente de investigación básica. En otras áreas las diferencias también pueden corresponderse con la diversidad de las poblaciones estudiadas.

En la tabla 2 se presenta un resumen de los principales indicadores de colaboración científica con sus definiciones. ■

Bibliografía

1. Bordons M, González-Albo B, Díaz-Faes AA. Colaboración científica e impacto de la investigación. En: González Alcaide G, Gómez

- Ferri J, Agulló Calatayud V, eds. La colaboración científica: una aproximación multidisciplinar. Valencia: Nau Llibres, 2013; 169-181.
2. Clarke BL. Multiple authorship trends in scientific papers. *Science*. 1961; 143: 822-824.
 3. Price DJS, Beaver DB. Collaboration in an invisible college. *Am Psychol*. 1966; 21: 1.011-1.018.
 4. Beaver DB, Rosen R. Studies in scientific collaboration (I). The professional origins of scientific coauthorship. *Scientometrics*. 1978; 1: 65-84.
 5. Beaver DB, Rosen R. Studies in scientific collaboration (II). The professional origins of scientific coauthorship. *Scientometrics*. 1979; 2: 133-149.
 6. Beaver DB, Rosen R. Studies in scientific collaboration (III). The professional origins of scientific coauthorship. *Scientometrics*. 1979; 3: 231-245.
 7. Price DJS. Hacia una ciencia de la ciencia. Barcelona: Ariel, 1973.
 8. Pao ML. Global and local collaborators: a study of scientific collaboration. *Proc Monog*. 1992; 28: 99-109.
 9. Sleyenberg S, Rossouw SF. Multiple authorship in biomedical papers: a South African case study. *JASIS*. 1995; 46: 468-472.
 10. Haiqi Z. Author characteristics in three medical library periodicals. *Bull Med Libr Assoc*. 1996; 84: 423-426.
 11. Gupta BM, Kumar S, Karisiddappa CR. Collaboration profile of theoretical population genetics specially. *Scientometrics*. 1997; 39: 293-314.
 12. Heffner AG. Funded research, multiple authorship and subauthorship collaboration in four disciplines. *Scientometrics*. 1981; 3: 5-12.
 13. Cunningham SJ, Dillon SM. Authorship patterns in information systems. *Scientometrics*. 1997; 39: 19-27.
 14. Palel N. Collaboration in the professional growth of American Sociology. *Soc Sci Int*. 1972; 12: 77-92.
 15. Price DJS, Guersey S. Studies in *Scientometrics* (I). Transience and continuance in scientific authorship. *International Forum on Information and Documentation*. 1976; 1: 17-24.
 16. Knorr KD, MiHermeir R. Publication productivity and professional position: cross-national evidence on the role of organizations. *Scientometrics*. 1980; 2: 95-120.
 17. Subramanyam K. Bibliometric studies of research collaboration. A review. *J Int Sci*. 1983; 6: 33-38.
 18. Halperin E, Scott J, George SL. Multiple authorship in two English-language journals in radiation oncology. *Acad Med*. 1992; 67: 850-856.
 19. Relman AS. Responsibilities of authorship: where does the buck stop? *N Engl J Med*. 1984; 310: 1.048-1.049.
 20. Pelersdorf RG. The pathogenesis of fraud in medical sciences. *Ann Intern Med*. 1986; 105: 252-254.
 21. Rennie D. Guarding the guardians: a conference on editorial peer review. *JAMA*. 1986; 256: 2.391-2.392.
 22. Woolf PK. Pressure to publish and fraud in science. *Ann Intern Med*. 1986; 104: 254-257.
 23. Caelleigh A. Credit and responsibility in authorship. *Acad Med*. 1991; 67: 676-677.
 24. Gordon MD. A critical reassessment of inferred relations between multiple authorship, scientific collaboration, the production of papers and their acceptance for publication. *Scientometrics*. 1980; 2: 193-201.
 25. Hoiqi Z. More authors, more institutions, and more funding sources: hot papers in biology from 1991 to 1993. *JASIS*. 1997; 48: 662-666.
 26. Koren G, Klein N. Bias against negative studies in newspaper reports of medical research. *JAMA*. 1991; 266: 1.824-1.826.
 27. Bird JE. Authorship patterns in marine mammal science. *Scientometrics*. 1997; 39: 99-105.
 28. Kamerow D. Who wrote that article? The latest revelations about ghost authorships of journal articles are truly frightening. *BMJ*. 2008; 336(7.651): 989.
 29. Smith R. Should the criteria for authorship of scientific papers be changed? Yes: it is time to abandon authorship. *CBE Views*. 1997; 10: 133-134.
 30. Babor T, Stenius K, Savva S. Publishing addiction science: a guide for the perplexed, 2.^a ed. Ginebra: World Health Organization, 2008.
 31. Wilcox LJ. Authorship: the coin of the realm, the source of complaints. *J Am Med Assoc*. 1998; 280: 216-217.
 32. Horton R. The signature of responsibility. *Lancet*. 1997; 350(9.070): 5-6.
 33. Crane D. *Invisible colleges: diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago: University of Chicago Press, 1972.
 34. Peñaranda-Ortega M, Osca-Lluch J. Diseño y desarrollo de gráficos sobre colegios invisibles en ciencia. En: González Alcaide G, Gómez Ferri J, Agulló Calatayud V, eds. La colaboración científica: una aproximación multidisciplinar. Valencia: Nau Llibres, 2013; 129-139.
 35. González de Dios J, Alonso Arroyo A, Aleixandre-Benavent R, Bolaños Pizarro M, Castelló Cogollos L, González Alcalde G, et al. Análisis de la productividad, colaboración, impacto y ámbitos temáticos de la pediatría española en el contexto europeo (2006-2010). Madrid: Asociación Española de Pediatría, 2012.
 36. Aleixandre-Benavent R, Alonso-Arroyo A, Chorro-Gascó FJ, Alfonso-Manterola F, González-Alcaide G, Salvador-Taboada MJ, et al. La producción científica cardiovascular en España y en el contexto europeo y mundial (2003-2007). *Rev Esp Cardiol*. 2009; 62(12): 1.404-1.417.
 37. Aleixandre-Benavent R, González de Dios J, Castelló-Cogollos L, Navarro Molina C, Alonso Arroyo A, Vidal Infer A, et al. Bibliometría e indicadores de actividad científica (II). Indicadores de producción científica en pediatría. *Acta Pediatr Esp*. 2017; 75(3-4): 44-50.
 38. Aleixandre-Benavent R, González de Dios J, Castelló-Cogollos L, Navarro Molina C, Alonso Arroyo A, Vidal Infer A, et al. Bibliometría e indicadores de actividad científica (III). Indicadores basados en las citas (1). *Acta Pediatr Esp*. 2017; 75(5-6): e75-e84.
 39. González Alcaide G, Valderrama Zurián JC, Aleixandre-Benavent R. Análisis del proceso de internacionalización de la investigación científica española. *Rev Esp Doc Cient*. 2012; 35: 94-118.
 40. Aleixandre R, Valderrama JC, Alonso-Arroyo A, Miguel-Dasit A, González de Dios J, De Granda Orive JI. Español vs inglés como idioma de publicación de neurología. *Neurología*. 2007; 22: 19-26.