

Análisis de la producción científica y del impacto bibliométrico en un grupo de investigadores clínicos españoles

Analysis of scientific production and bibliometric impact of a group of Spanish clinical researchers

Ò. Miró^{1,2}, P. Burbano Santos^{2,3}, A. Trilla⁴, J. Casademont⁵, C. Fernández Pérez^{6,7,8}, F.J. Martín-Sánchez^{7,9}

RESUMEN

Fundamento. Investigar el comportamiento de varios indicadores de producción y repercusión científicos en un grupo de investigadores clínicos españoles y valorar su utilidad para interpretar trayectorias individuales o colectivas.

Material y método. Estudio piloto ecológico unicéntrico en un grupo de médicos con trayectoria investigadora consolidada. A través de *Science Citation Index Expanded* se obtuvo el número de trabajos publicados por cada autor (indicador de producción) y el número de citas, el factor de impacto y el índice h (indicadores de repercusión). Los indicadores se calcularon para cada año de la trayectoria investigadora. Se relacionó la experiencia del investigador y el valor del indicador alcanzado, la relación entre indicadores y la evolución temporal, tanto individual como colectivamente.

Resultados. Se analizaron 35 investigadores, con experiencia de 28,4 (9,6) años. El índice h fue el indicador con coeficiente de variación más bajo. La relación entre indicadores y experiencia investigadora es significativa pero discreta (R^2 entre 0,15-0,22). Los cuatro indicadores mostraron buenas correlaciones entre ellos. La evolución temporal de los indicadores, tanto individual como colectiva, se ajustó mejor a una función polinómica de segundo grado que a una lineal: individualmente, todos los autores obtuvieron $R^2 > 0,90$ en todos los indicadores; el mejor ajuste se produjo con el índice h ($R^2 = 0,61$). En función del indicador utilizado, pueden producirse variaciones sustanciales en la ordenación de los investigadores.

Conclusiones. Es posible describir, en una muestra relativamente homogénea de investigadores, un modelo de evolución temporal de los indicadores de producción y repercusión, y el índice h parece mostrar ciertas ventajas respecto al resto. Este análisis podría convertirse en una herramienta predictiva del rendimiento a alcanzar por investigadores individuales y para grupos homogéneos de investigadores correspondientes a un mismo nicho científico.

Palabras clave. Análisis bibliométrico. Factor de impacto de las revistas. Publicaciones.

ABSTRACT

Background. To study the behaviour of several indicators of scientific production and repercussion in a group of Spanish clinical researchers and to evaluate their possible utility for interpreting individual or collective scientific pathways.

Method. We performed a unicentric, ecological pilot study involving a group of physicians with consolidated research experience. From the *Science Citation Index Expanded* (SCI-Expanded) database, we obtained the number of publications of each author (indicator of production) and the number of citations, impact factor and h index (indicators of repercussion). These indicators were calculated individually for each of the years of research experience and we assessed the relationship between the experience of the researcher and the value of the indicator achieved, the relationship between these indicators themselves, and their temporal evolution, both individually and for the entire group.

Results. We analysed 35 researchers with a research experience of 28.4 (9.6) years. The h index showed the lowest coefficient of variance. The relationship between the indicators and research experience was significant, albeit modest (R^2 between 0.15-0.22). The 4 indicators showed good correlations. The temporal evolution of the indicators, both individual and collective, adjusted better to a second grade polynomial than a linear function: individually, all the authors obtained $R^2 > 0.90$ in all the indicators; together the best adjustment was produced with the h index ($R^2 = 0.61$). Based on the indicator used, substantial variations may be produced in the researchers' ranking.

Conclusions. A model of the temporal evolution of the indicators of production and repercussion can be described in a relatively homogeneous sample of researchers and the h index seems to demonstrate certain advantages compared to the remaining indicators. This type of analysis could become a predictive tool of performance to be achieved not only for a particular researcher, but also for a homogeneous group of researchers corresponding to a specific scientific niche.

Keywords. Bibliometric analysis. Journal impact factors. Publications.

An. Sist. Sanit. Navar. 2016; 39 (2): 213-225

1. Área de Urgencias. Hospital Clínic. Barcelona.
2. Grupo de Investigación "Urgencias: Procesos y Patologías" (UPPs). IDIBAPS. Barcelona.
3. Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT). Quito. Ecuador.
4. Unidad de Evaluación, Soporte y Prevención, Hospital Clínic. Barcelona.
5. Servicio de Medicina Interna. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.
6. Unidad de Investigación. Servicio de Medicina Preventiva. Hospital Clínic San Carlos. Madrid.
7. Instituto de Investigación Sanitaria del Hospital San Carlos. Madrid.
8. Universidad Complutense. Madrid.
9. Servicio de Urgencias. Hospital Clínic San Carlos. Madrid.

Correspondencia:

Òscar Miró
Área de Urgencias
Hospital Clínic
Villarroel 170
08036 Barcelona
E-mail: omiro@clinic.cat

Financiación: Propia.

Recepción: 15-01-2016
Aceptación provisional: 01-04-2016
Aceptación definitiva: 14-04-2016

INTRODUCCIÓN

La actividad investigadora debe estar sujeta, tanto en el aspecto individual como grupal, a una evaluación constante que permita identificar sus puntos fuertes y sus debilidades. Solo de esta manera es posible cuantificar el retorno de las inversiones que las distintas administraciones realizan, a la vez que obtener elementos de juicio para corregir, consolidar o potenciar determinadas políticas en posteriores actuaciones¹⁻³. La asignación de recursos a los investigadores en las convocatorias de ayudas competitivas tiene en cuenta, además de la calidad intrínseca del proyecto, la productividad previa del investigador. Además, la valoración de la valía a título individual de los investigadores reviste también importancia a efectos curriculares y de acceso a plazas hospitalarias o universitarias⁴.

A pesar de esta relevancia, no existe consenso claro, hasta la fecha, de cómo evaluar la productividad de los investigadores. Esencialmente, han existido tres baremos por los que esta actividad ha sido cuantificada. El más clásico, y a la vez el más simplista, es cuantificar el número de trabajos publicados en revistas biomédicas, independientemente del tipo de revista. En un intento de mejorar esta aproximación, a partir de la década de los 80 se generalizó el uso del factor de impacto ideado por Garfield en 1962⁵ para ponderar la importancia de los artículos publicados. Sin embargo, este factor de impacto, que está reconocido como un buen indicador de la calidad de una revista, no es un buen marcador de la calidad específica de cada uno de los artículos que publica una revista en concreto, pues es evidente que los hay de más calidad y de menos calidad⁶. Ello ha hecho que durante estos últimos años se haya extendido el uso de un tercer parámetro, el índice *h*, definido por Hirsch en 2005⁷, el cual es un marcador específico de la penetración e influencia que tienen los trabajos publicados por un autor en particular. Tanto el factor de impacto como el índice *h* usan como eje fundamental para su cálculo las citas que se realizan de los

artículos previamente publicados; en el primer caso, de los artículos publicados por una revista, en el segundo, de los publicados por un autor. Con esta interpretación se asume el principio, cierto en líneas generales, que cuanto mayor importancia tenga un artículo mayor número de citas generará^{8,9}.

Hasta la fecha, los análisis que se han realizado en España han correspondido más a la evolución de la producción científica global en determinadas áreas del conocimiento o localizaciones geográficas o a la reputación de hospitales o centros¹⁰⁻¹⁵ que al análisis de la progresión investigadora individual. Por ello, el objetivo planteado en este estudio fue investigar el comportamiento de varios indicadores de producción y repercusión científicos en un grupo de investigadores clínicos españoles con una trayectoria consolidada y valorar si el análisis de la evolución de estos indicadores a lo largo de su carrera investigadora pueden ser útiles para interpretar o predecir trayectorias individuales o colectivas.

MATERIAL Y MÉTODO

Se trata de un estudio piloto, ecológico, unicéntrico que pretende explorar la capacidad predictiva de un modelo dinámico de cálculo de diferentes indicadores bibliométricos en un grupo homogéneo de investigadores con una trayectoria consolidada. El hospital elegido fue el hospital Clínic de Barcelona, por ser el hospital que cuenta con una mejor trayectoria investigadora en España¹⁰. El número de investigadores clínicos del hospital Clínic a evaluar se fijó por criterios de conveniencia en 41, en base a la disponibilidad de los recursos (200 horas de un investigador). El nombre de los autores incluidos se ha mantenido en todo momento en una base disociada y no se hacen públicos en este trabajo por razones de discreción. Estos autores también fueron elegidos por criterios de conveniencia en base al conocimiento personal de uno de los investigadores de este trabajo con la intención de cubrir los principales servicios y áreas

del hospital y los diferentes espectros de experiencia. Los criterios de investigador consolidado fueron: 1) ser médico de una especialidad clínica asistencial; 2) tener una trayectoria investigadora superior a 10 años (los cuales se contabilizaron a partir del año de su primera publicación científica, que fue considerado año 1); 3) un mínimo de 50 artículos publicados (hasta 31 de diciembre de 2011); 4) un factor de impacto acumulado para dichos trabajos mínimo de 300 puntos (para ello se asignó a cada revista el factor de impacto correspondiente al año 2011, independientemente del año de publicación del artículo, el cual se encuentra publicado en el repertorio *Journal Citation Report (JCR)*, consultable en la *Web of Knowledge (WoK)*; y 5) un índice h de al menos 15 (en el momento de realizar la consulta en la base de datos). El único criterio de exclusión *a priori* fue la tenencia por parte de los investigadores de apellido(s) común(es) que pudiese(n) producir capturas erróneas al incluir a otros autores con la misma firma. *A posteriori*, se cotejó de nuevo este extremo en los 41 investigadores previamente seleccionados mediante la revisión de un 10% de los artículos que habían sido seleccionados por el buscador. En aquellos casos en los que se detectaba la presencia de autores que no se correspondían con los que eran sujeto de la investigación, se desestimó la inclusión de dicho investigador en el estudio.

Para cada autor, los artículos incluidos en el análisis fueron todos los publicados hasta el 31 de diciembre de 2011. La herramienta que se utilizó para realizar esta cuantificación fue *Science Citation Index Expanded (SCI-Expanded)*, un repertorio que contiene más de 10.000 revistas indexadas y que se encuentra contenido en la WoK. El acceso a este portal es facilitado de forma gratuita a hospitales, universidades y centros de investigación por la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT) (<http://www.accesowok.fecyt.es/>). El acceso a la base de datos se realizó entre los días 15 al 30 de noviembre de 2012. De cada autor se recogió el servicio asistencial en el cual desarrolla su

actividad médica y los años de experiencia investigadora. Como marcador de producción se consignó el número de trabajos publicados. Como marcadores de repercusión se utilizaron el número de citas recibidas, el factor de impacto y el índice h. Para estos cuatro parámetros se recogieron sus valores de forma individual para cada uno de los años durante los cuales el investigador ha mantenido actividad científica, desde el año 1 hasta su año de experiencia correspondiente a 2011, que fue el último año motivo de estudio.

Los resultados se presentan en forma de media (desviación estándar -DE-) y mediana (rango intercuartil) para las variables cuantitativas. Se calculó además el coeficiente de variación (calculado como la DE dividida por la media y multiplicada por 100) y su intervalo de confianza al 95%. Este intervalo de confianza se calculó para una distribución normal con la corrección de Panichkitkosolkul¹⁶. Para valorar la asociación entre las variables cuantitativas se utilizó un modelo de regresión lineal. Para evaluar la evolución de los marcadores de producción y repercusión respecto a los años de experiencia, se utilizó, además del modelo lineal (del tipo $y=ax+b$), un modelo polinómico de segundo grado (del tipo $y=ax^2+bx+c$). Para ambos modelos, en el eje de las X se consideró los años de experiencia del investigador y en el eje de las Y el valor del indicador a estudio para cada año de experiencia en cuestión. El grado de asociación se cuantificó mediante el cálculo de R^2 y su significación estadística mediante el valor de p. Para todos los estadísticos utilizados se consideró que existía significación estadística si el valor de p era inferior a 0,05 o bien si no existía solapamiento entre los IC 95%. Para la elaboración de la base de datos se usó Microsoft Excel y su procesamiento fue realizado con IBM SPSS Statistics Software, versión 18.0.

RESULTADOS

De los 41 investigadores inicialmente evaluados, se descartaron 6 por identificarse duplicidad de firma con otros au-

tores diferentes durante la revisión posterior de sus currículos investigadores obtenidos a través de la WoK. Estos 35 autores finalmente incluidos pertenecían a los servicios de hepatología (6), cardiología (3), enfermedades infecciosas (3), neumología (3), cirugía general y digestiva (2), neurología (2), enfermedades autoinmunes y sistémicas (2), oncología (2), psiquiatría (2), radiodiagnóstico (2), endocrinología (1), ginecología y obstetricia

(1), hematología (1), medicina interna (1), nefrología (1), reumatología (1), evaluación, soporte y prevención (1) y urgencias (1). Los investigadores tenían una media de 28,4 (DE: 9,6) años de experiencia, con un rango que oscilaba entre los 14 y los 49 años.

El resumen de los indicadores de producción y repercusión globales para estos 35 investigadores se recoge en la tabla 1. Puede verse que, entre estos marcadores,

Tabla 1. Características de los 35 investigadores analizados en el presente trabajo

	Media	Desviación estándar	Mediana	Rango intercuartil	Coefficiente de variación (IC 95%)
Nº trabajos publicados	328	201	267	202-412	61% (40%-79%)
Nº citas acumuladas	7.411	7.505	4.304	3.264-10.246	101% (45%-144%)
Factor de impacto acumulado	2.015	1.689	1.723	930-2.471	84% (47%-114%)
Índice h	39,1	18,0	34	18 – 107	46% (32%-58%)

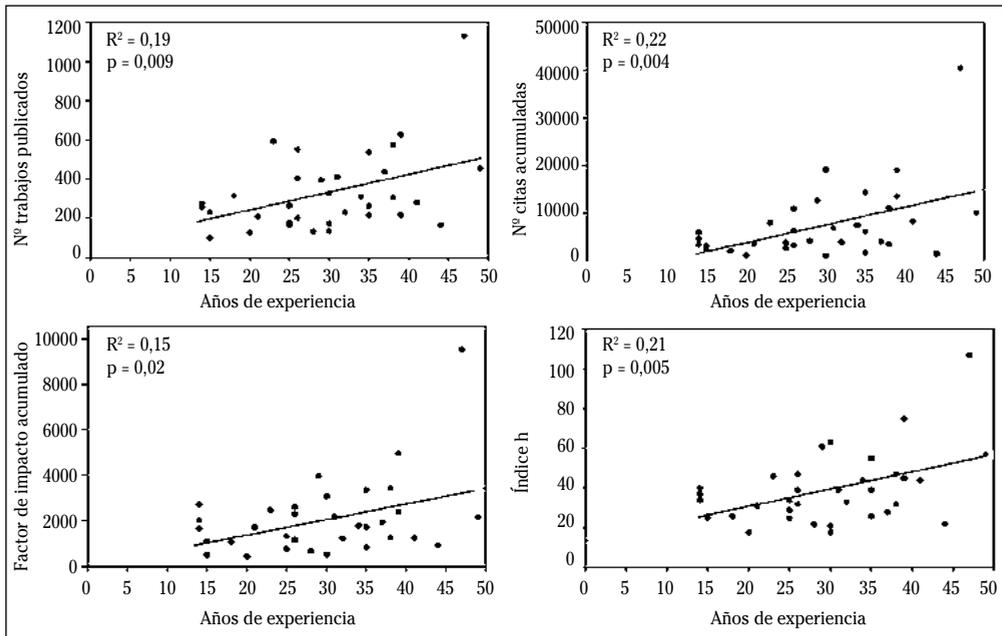


Figura 1. Relación entre los años de experiencia del investigador y el valor que éste ha alcanzado en diversos marcadores de producción y repercusión científicas en el momento de realizar el estudio. (La línea de ajuste se obtuvo mediante un modelo de regresión lineal).

el número de citas acumuladas fue el que tuvo un mayor coeficiente de variación, en tanto que el índice h fue el que lo tuvo más bajo sin que existiesen diferencias estadísticamente significativas. Cuando se valoró la relación entre la puntuación alcanzada por los investigadores en productividad y repercusión hasta el momento de realizar este estudio respecto a los años de experiencia (Fig. 1), pudo observarse una relación significativa con todos ellos. No obstante, el grado de asociación fue discreto, con valores de R^2 entre 0,15 (para el factor de impacto acumulado) y 0,22 (para el número de citas acumuladas).

Por otra parte, los cuatro marcadores estudiados mostraron buenas relaciones entre ellos (Fig. 2), y la más elevada se encontró entre el índice h y el número de citas acumuladas, con un valor de R^2 de 0,92. La tabla 2 muestra la diferente ordenación de los autores en función de cada uno de estos marcadores. Puede apreciarse cómo existen variaciones en el posicionamiento en función del marcador por el que se evalúe al autor, que en el caso extremo del investigador 1 varía hasta 17 posiciones de un total de 35 posibles.

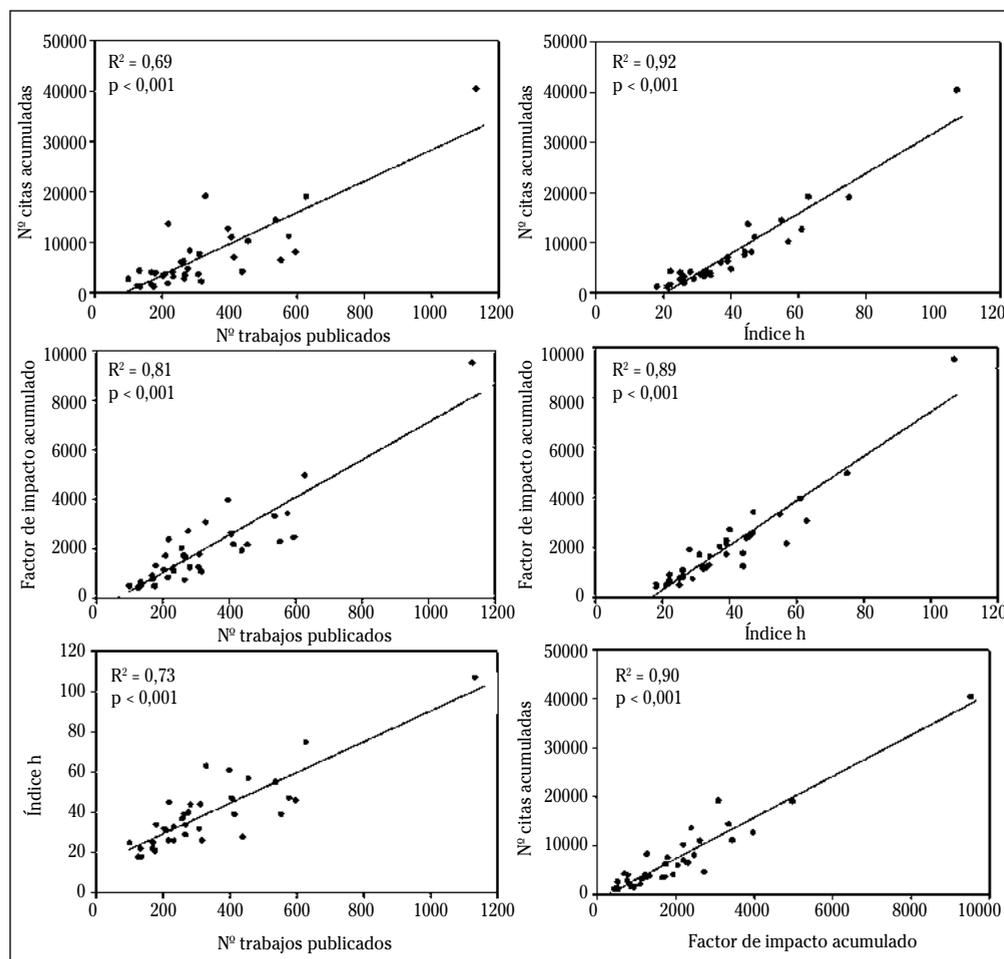


Figura 2. Relación entre los marcadores de producción y repercusión científica utilizados en el presente estudio. (La línea de ajuste se obtuvo mediante un modelo de regresión lineal).

Tabla 2. Cambios en la ordenación de los autores según los diferentes parámetros de productividad y repercusión evaluados. La tabla se presenta con los autores ordenados de arriba abajo siguiendo el criterio de mayor a menor experiencia

Identificador	Servicio asistencial	Años de experiencia	Nº de trabajos (Nº de orden)	Nº de citas acumuladas (Nº de orden)	Factor de impacto acumulado (Nº de orden)	Índice h (Nº de orden)
26	Neurología	49	454 (7)	10246 (9)	2177 (13)	57 (5)
5	Hepatología	47	1132 (1)	40463 (1)	9530 (1)	107 (1)
36	Reumatología	44	167 (31)	1658 (32)	930 (27)	22 (31)
24	Radiodiagnóstico	41	281 (16)	8336 (10)	1262 (22)	44 (11)
6	Hepatología	39	627 (2)	19088 (3)	4979 (2)	75 (2)
17	Cardiología	39	217 (24)	13645 (5)	2399 (10)	45 (10)
16	Endocrinología	38	576 (4)	11191 (7)	3437 (4)	47 (7)
39	Neumología	38	307 (15)	3625 (24)	1275 (21)	32 (21)
9	Cardiología	37	438 (8)	4149 (19)	1927 (15)	28 (25)
11	Medicina interna	35	215 (25)	1848 (31)	847 (28)	26 (26)
19	Enfermedades infecciosas	35	537 (6)	14437 (4)	3347 (5)	55 (6)
22	Oncología	35	262 (20)	6295 (15)	1744 (17)	39 (14)
14	Neumología	34	310 (14)	7624 (12)	1785 (16)	44 (11)
21	Enfermedades infecciosas	32	231 (23)	4115 (20)	1226 (23)	33 (20)
20	Enfermedades infecciosas	31	412 (9)	7010 (13)	2192 (12)	39 (14)
18	Evaluación, soporte y prevención	30	135 (32)	1228 (34)	534 (32)	18 (34)
3	Hepatología	30	328 (12)	19211 (2)	3082 (6)	63 (3)
42	Psiquiatría	30	174 (29)	1181 (35)	503 (34)	21 (33)
8	Hepatología	29	396 (11)	12731 (6)	3971 (3)	61 (4)
23	Oncología	28	132 (33)	4304 (18)	680 (31)	22 (31)
10	Cardiología	26	405 (10)	11041 (8)	2610 (8)	47 (7)
12	Enfermedades autoinmunes y sistémicas	26	202 (27)	3351 (26)	1166 (24)	32 (21)
37	Nefrología	26	552 (5)	6467 (14)	2301 (11)	39 (14)
38	Neumología	25	178 (28)	3877 (22)	1323 (20)	34 (18)
31	Radiodiagnóstico	25	168 (30)	4011 (21)	779 (29)	25 (29)
41	Ginecología	25	265 (19)	2785 (28)	760 (30)	29 (24)
35	Psiquiatría	23	595 (3)	8130 (11)	2471 (9)	46 (9)
2	Hepatología	21	208 (26)	3659 (23)	1723 (18)	31 (23)
28	Neurología	20	125 (34)	1288 (33)	439 (35)	18 (34)
1	Urgencias	18	315 (13)	2185 (30)	1090 (26)	26 (26)
32	Cirugía general y digestiva	15	232 (22)	3264 (27)	1112 (25)	26 (26)
33	Cirugía general y digestiva	15	99 (35)	2671 (29)	509 (33)	25 (29)
29	Hematología	14	257 (21)	6054 (16)	2042 (14)	37 (17)
4	Hepatología	14	275 (17)	4700 (17)	2721 (7)	40 (13)
13	Enfermedades autoinmunes y sistémicas	14	267 (18)	3518 (25)	1662 (19)	34 (18)

Cuando se analizó la progresión en el tiempo de los marcadores de producción y repercusión de cada uno de los investigadores, se constató que esta evolución temporal se ajustó mejor a una función polinómica de segundo grado que a una lineal (datos no mostrados). Con dicho modelo de ajuste, los valores de R^2 para todos los marcadores

evaluados fueron siempre superiores a 0,90 para cada autor de forma individual. La figura 3 muestra un ejemplo de este ajuste individual para la trayectoria del investigador 6 del presente estudio. Por otro lado, cuando se analizaron las curvas temporales evolutivas de todos los autores de forma conjunta, pudo apreciarse que el modelo permitía una

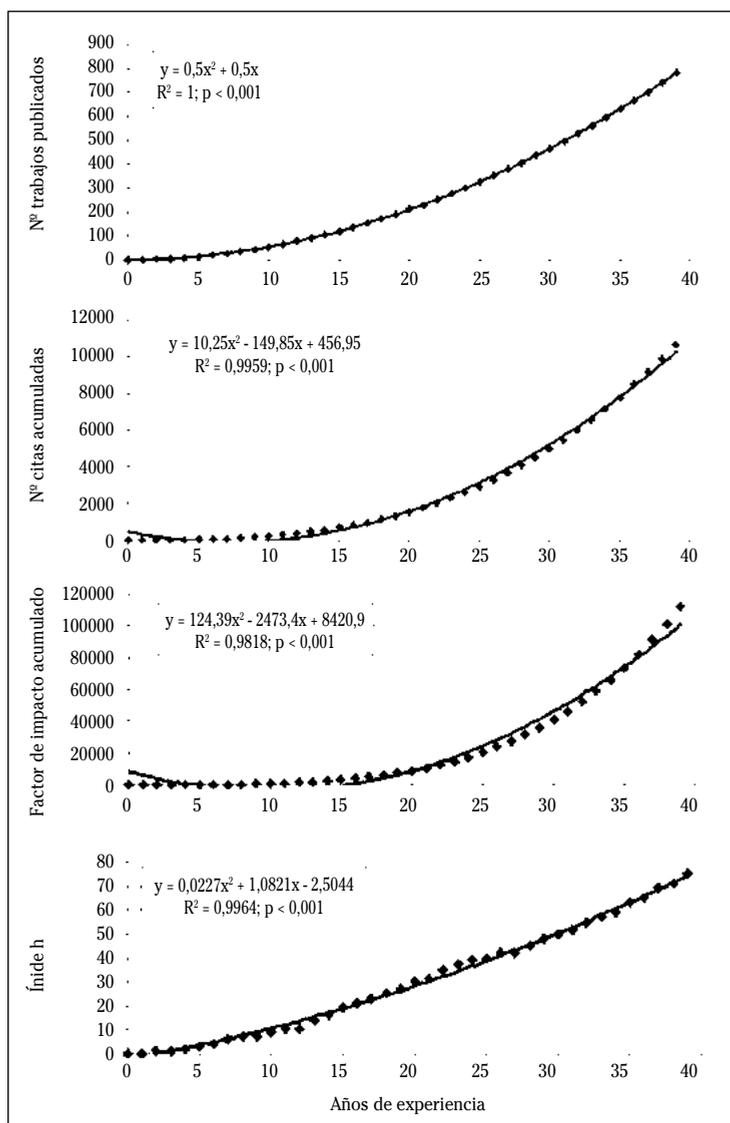


Figura 3. Ejemplo de evolución temporal de los marcadores de producción y repercusión científicas de uno de los investigadores evaluados en este estudio (investigador 6). (La línea de ajuste se obtuvo mediante un modelo de regresión polinómico de segundo grado).

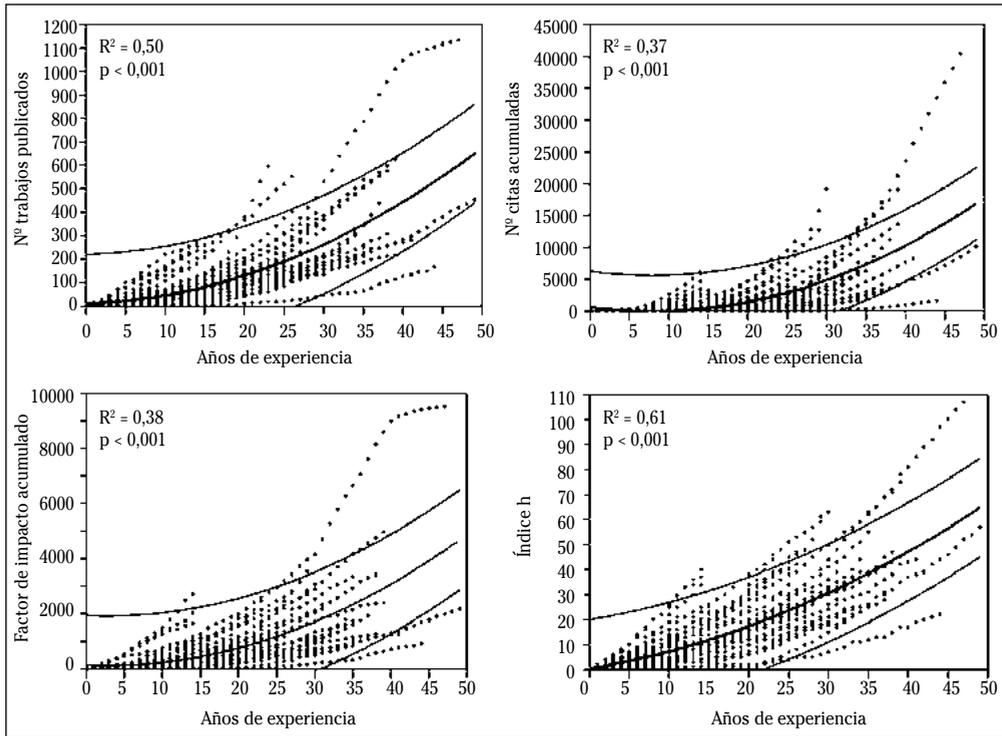


Figura 4. Análisis global de la evolución temporal de los marcadores de producción y repercusión científicas a lo largo de la trayectoria investigadora de los 35 médicos analizados. (La línea central corresponde a la línea de ajuste, que se obtuvo mediante un modelo de regresión polinómico de segundo grado, y las líneas inferiores y superiores corresponden a las líneas de ajuste para el 95% de los puntos de la muestra).

buena explicación de la evolución de los marcadores de producción y repercusión a lo largo del tiempo para esta cohorte retrospectiva de médicos investigadores consolidados, con un valor de R^2 que llegaba a alcanzar 0,61 en el caso del índice h (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo realizado con un grupo de médicos investigadores con una trayectoria científica consolidada pertenecientes a un único hospital pueden resumirse en cuatro conclusiones generales. Primera, la relación entre los años de experiencia del investigador y la producción y repercusión científicas alcanzadas es discreta. Segunda, aunque todos los marcadores de producción y repercusión analizados guardan buena relación entre ellos, dependiendo de cuál de ellos

elijamos, la baremación de los investigadores cambia y, en ocasiones, cambia de forma sustancial. Tercera, el análisis de la evolución temporal para cada autor se ajusta de forma casi perfecta a un modelo polinómico de segundo grado para cada uno de los marcadores, sin que existan diferencias claras entre los diferentes marcadores. Y cuarta, cuando esta evolución temporal se analiza de forma global para todos los investigadores de la serie, también es posible dibujar unas curvas en las que sería esperable encontrar la producción y la repercusión de otros investigadores que desarrollan su labor en el mismo entorno.

Que la relación entre los años de experiencia del investigador y la producción y repercusión científicas alcanzadas no sea excesivamente elevada es algo esperable, incluso en un estudio como el presente que recoge una muestra relativamen-

te homogénea de investigadores, todos ellos pertenecientes a un único centro y seleccionados por presentar trayectorias investigadoras consolidadas. Es bien sabido que el rendimiento final depende de múltiples aspectos, que van desde la valía intrínseca del propio investigador, la del grupo en el que realiza su actividad o su pertenencia a redes multicéntricas de investigación, hasta la especialidad o campo en los que desarrolla esta investigación y si ésta es básica o clínica¹⁷⁻²¹. Se han descrito importantes variaciones entre distintas disciplinas de la medicina²² lo cual podrían explicar algunas de las diferencias de los valores absolutos obtenidos entre los autores de este trabajo. Así, investigadores que trabajan en áreas donde existe mucha actividad tienen tendencia a producir más documentos, generar más citaciones y disponer de más revistas y mejor posicionadas (factor de impacto) que aquellos investigadores que desarrollan su labor en áreas del conocimiento más restringidas²³. A modo de ejemplo, el número de revistas indexadas en WoK de las especialidades de los investigadores aquí estudiados y el factor de impacto (en 2011) de la mejor de ellas varían tanto como desde las 192 revistas y un factor de impacto máximo de 23,463 para el área de neurología clínica hasta las 24 revistas y un factor de impacto máximo de 4,133 para el área de medicina de urgencias y emergencias. Además, el hecho que algunas especialidades puedan contar con revistas indexadas que se editan en español puede facilitar o acrecentar alguno de los marcadores analizados, al no tener el autor que recurrir siempre a revistas publicadas en inglés para difundir sus trabajos²⁴⁻²⁶.

No existe consenso actual acerca de cuál es el mejor marcador para evaluar la valía de un investigador y su trayectoria. El índice *h* recientemente ha sido postulado como una herramienta que puede aportar mejor información y de forma más independiente a posibles influencias como las que se discutían en el párrafo anterior. El presente trabajo aporta algunos datos en favor de esta afirmación, como es el hecho de que, a pesar de que los investigadores

evaluados pertenecen a áreas de la medicina muy diversa, el índice *h* fue el que mostró un coeficiente de variación más pequeño. Sin embargo, no fue posible obtener significación estadística en la comparación con los coeficientes de variación del resto de indicadores, probablemente por el número relativamente reducido de investigadores analizados en este trabajo. Esto sugeriría que, asumiendo valías similares en los investigadores analizados, el índice *h* los acercaría más entre sí (independientemente del área de investigación en la que se desarrolla su actividad) de lo que lo hace la producción de artículos o el número total de citas o el factor de impacto acumulados. Sin embargo, será difícil encontrar un marcador que aúne todas las dimensiones de la actividad científica en una definición única y sencilla. Al contrario, actualmente parece que la tendencia es a elaborar indicadores combinados y más complejos que permitan poner en valor cada uno de los aspectos principales de la investigación. Ello es posible gracias a los avances informáticos en el procesamiento de la información, lo cual ha facilitado el desarrollo de sistemas de información científica cada vez más potentes, desarrollados desde las universidades, las administraciones gubernamentales o el ámbito privado²⁷⁻³⁰. Probablemente, en los próximos años asistiremos a avances significativos en este campo, de manera que cada vez resultará más fácil poner en perspectiva la valía, tanto individual como grupal, de la investigación realizada.

Un hallazgo interesante del presente estudio ha sido el buen ajuste que tienen la evolución temporal de la producción y la repercusión científica para un autor determinado. Este crecimiento se ajusta de manera excelente a un modelo polinomial de segundo grado, el cual es particular para cada investigador. Y, en este sentido, este ajuste se produce para todos los indicadores analizados. Esto da consistencia a la potencial bondad que pueda tener esta evaluación temporal dinámica de la trayectoria de un investigador frente al dato más estático que representa el conocer el valor de un indicador de producción o

repercusión en un momento dado. Además, si estos buenos ajustes individuales se demuestran de una forma más general y no sólo en grupos previamente seleccionados de autores, hipotéticamente cabría la posibilidad de utilizar este modelo para predecir cuál va a ser la producción y la repercusión científica esperable de un autor en particular en los años venideros de su carrera investigadora analizando su curva de crecimiento personal. Así, este tipo de comportamiento en la distribución de los datos nos hace pensar que se puede llegar a establecer un patrón constante que permita predecir a partir de un momento determinado cuál será el techo de producción de un investigador al final de su vida profesional o en intervalos intermedios. Esto permitiría soslayar la dificultad que entraña valorar correctamente la valía de investigadores noveles. En ellos, estos indicadores suelen subestimar su verdadera relevancia^{31,32}, ya que están en una clara desventaja respecto a los investigadores de trayectorias más dilatadas que han podido atesorar mejores indicadores de producción y repercusión científicas por el mero hecho de llevar más años activos. Como posibilidades para reducir este efecto se ha planteado el análisis estratificado por grupos de edad y, en base a los resultados del presente estudio, también podría ser útil el análisis detallado de sus curvas de crecimiento individual y la predicción de puntuaciones a igualdad de años de trayectoria investigadora. De forma contraria, también podría servir para valorar la disminución de la producción investigadores que hayan decelerado su rendimiento, como complemento a otros parámetros utilizados, por ejemplo, en las universidades públicas para adjudicar complementos retributivos de investigación (sexenios). En cualquiera de estos casos, la confirmación de estas hipótesis requerirá profundizar en los hallazgos que aquí se presentan.

En línea con la posibilidad de realizar estimaciones, es destacable que, al analizar conjuntamente las curvas evolutivas de todos los investigadores de este estudio, ha sido posible definir un modelo que también

muestra un buen ajuste, especialmente cuando el parámetro utilizado ha sido el índice *h*. Obviamente, cada grupo homogéneo de investigadores deberá definir cuál es la evolución de su índice *h*, de manera que pueda predecirse si la trayectoria de un investigador correspondiente a ese nicho científico se ajusta a lo esperado a tenor del patrón de crecimiento previamente definido para dicho grupo. No obstante, es importante no olvidar que el índice *h* tiene inconvenientes no resueltos y que el propio Hirsch ya discutía en su trabajo original: el peso del tamaño del grupo investigador (número de autores por trabajo) y su aplicación a áreas o subáreas científicas con poblaciones de diferentes tamaños (lo que repercute en el número de citas)⁷. De hecho, la mayoría de estudios se han centrado en investigar el índice *h* en un solo campo de investigación (y lo hacen de manera puntual y no mediante una valoración de su evolución temporal). Sin embargo, hemos encontrado dos estudios comparativos entre disciplinas en los que, a través de modificaciones y variaciones en la formulación del cálculo del índice *h*, se consigue comparar de una forma más uniforme investigadores de diferentes áreas^{33,34}. Con todo, pensamos que deben definirse de forma muy específica las características de los investigadores que forman parte del nicho científico sujeto a estudio. Por ejemplo, en el caso de la muestra examinada en el presente estudio, los investigadores tenían diferentes años de experiencia y pertenecían a diferentes especialidades médicas, pero formaban parte de una misma institución. Ello confiere mucha homogeneidad en cuanto al medio en el que desenvuelve su actividad investigadora, lo cual es importante ya que un aspecto que influye en la producción científica de forma general es el medio en el que ésta se desarrolla^{35,36}. En el caso de España, este medio es especialmente variable, ya que siguen existiendo diferencias entre comunidades autónomas, y si además se tiene en cuenta que la eclosión investigadora en España tuvo lugar en la década de los 80, con un marcado retraso respecto al resto de Europa o Estados Unidos^{37,38}, queda claro que no pueden resultar

comparables curvas correspondientes a entornos diferentes.

El presente trabajo tiene una serie de limitaciones que conviene comentar. En primer lugar, las inherentes a cada uno de los marcadores analizados^{7,32,39}. Sin ánimo de ser exhaustivos, cabe citar que tanto el factor de impacto acumulado como el índice h ponen en desventaja a los científicos noveles, conceden mayor relevancia a los artículos de revisión que a los originales (los primeros tienden a tener mayor cantidad de citas que los segundos) y restan énfasis a la importancia de trabajos singulares en favor de la productividad global. En segundo lugar, deben añadirse las limitaciones que el propio sistema de la WoK tiene al buscar la información sobre un autor en particular. Así, el sistema no resuelve el problema de los autores homónimos, de manera que junto con el investigador seleccionado el sistema capta otros con iguales apellidos e iniciales pero que en realidad se trata de investigadores diferentes. En este caso, el sesgo que se produce es un aumento artificial del factor de impacto o del índice h por adición de documentos ajenos al autor estudiado. En nuestro caso, esto ha tenido escasa repercusión pues los autores proceden de un único centro, con lo que pudo comprobarse en la filiación de los autores que correspondiesen al hospital Clínic. Sin embargo, es posible que estos autores, actualmente trabajando en el hospital Clínic, hayan tenido productividad en centros previos de trabajo o durante estancias externas, y aunque se comprobó la temática del artículo, ello no impide que se haya podido incluir inadvertidamente alguno que pudiese modificar los resultados, aunque pensamos que ello es poco probable y, en cualquier caso, de escasa repercusión. Por otra parte, también es posible el sesgo opuesto, ya que el sistema tampoco permite identificar correctamente artículos registrados con su primer apellido, con su segundo apellido o con ambos, y puede que algún artículo no haya sido finalmente consignado⁴⁰. En tercer lugar, la exploración realizada en este trabajo no ha tenido en cuenta el papel que puedan tener las autocitas, si

bien los análisis que se han realizado hasta la fecha de este fenómeno no han sido definitivos^{41,42}. En cuarto lugar, los datos analizados no cumplen la independencia debido a la autocorrelación de la serie. Por ello, serán necesario futuros estudios con modelos más complejos, como ARIMA u otros, para intentar validar estas hipótesis. Finalmente, éste es un estudio exploratorio inicial circunscrito a un único centro, por lo que carece de validez externa. Entre otros hechos diferenciales del centro estudiado se encuentra que en él la investigación está asociada de forma indisoluble a la actividad clínica y ello permite a los médicos iniciarse en la investigación en etapas muy precoces de su trayectoria profesional, y además al lado de equipos muy potentes. Prueba de ello son los años sabáticos para los facultativos y los contratos post-MIR, financiados por el propio centro, o el peso que se le concede a la actividad investigadora en la carrera profesional de los facultativos, lo cual estimula positivamente la investigación. Además, se ha visto que el índice h tiene interés y resulta especialmente útil para estudiar el comportamiento de autores con muy alta productividad, pero no queda claro su papel en otros con una producción menor⁴³. Por todo ello, deberán confirmarse estos hallazgos en futuros estudios con otros grupos de investigadores procedentes de centros más diversos. Pero a pesar de estas limitaciones, creemos que los datos que aporta este trabajo ponen de manifiesto que es posible elaborar curvas de trayectorias individuales y grupales, que permitan un mejor conocimiento de la actividad y la repercusión de la actividad investigadora que se lleva a cabo en España, así como una proyección de futuros rendimientos que pueda ayudar a la toma de decisiones.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible en parte gracias a una ayuda de la Generalitat de Catalunya al Grupo de Investigación Consolidado "Urgencias: procesos y patologías" (SGR 2009/1385 y SGR 2014/0313)

BIBLIOGRAFÍA

1. HANNEY S, GONZÁLEZ BLOCK MA. Evaluación del impacto de la investigación en la política sanitaria: conceptos y casos concretos. *Med Clin (Barc)* 2008; 131 (Supl 5): 81-86.
2. ESCUDERO-GÓMEZ C, ESTRADA-LORENZO JM, LÁZARO DE MERCADO P. El impacto de la investigación en la práctica clínica. *Med Clin (Barc)* 2008; 131 (Supl 5): 25-29.
3. GARCÍA-ROMERO A. La evaluación del impacto de la investigación biomédica. Situación actual y perspectivas de futuro. *Med Clin (Barc)* 2008; 131 (Supl 5): 1-5.
4. FIGUEREDO-GASPARI E. Valoración curricular de las publicaciones científicas. *Med Clin (Barc)* 2005; 125: 661-665.
5. GARFIELD E. Citation indexes to science: a new dimension in documentation through association of ideas. *Science* 1955; 122: 108-111.
6. CAMÍ J. Impactología: diagnóstico y tratamiento. *Med Clin (Barc)* 1997; 109: 515-524.
7. HIRSCH JE. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proc Nat Acad Sci.* 2005; 102:16572.
8. MIRÓ O, BURBANO P. El factor de impacto, el índice h y otros indicadores bibliométricos. *An Sist Sanit Navar* 2013, 36: 371-377.
9. MIRÓ O, MARTÍN-SÁNCHEZ FJ. Factor de impacto, índice-h y otras variables para objetivar la relevancia de un investigador. *Rev Clin Esp* 2012; 212: 48-49.
10. CAMÍ J, ZULUETA MA, FERNÁNDEZ MT, BORDONS M, GÓMEZ I. Spanish scientific production in biomedicine and health sciences during the period 1990-1993 (Science Citation Index and Social Science Citation Index) and comparison to period 1986-1989. *Med Clin (Barc)* 1997; 109: 481-496.
11. MÉNDEZ-VÁSQUEZ RI, SUÑÉN-PINYOL E, CERVELLÓ R, CAMÍ J. Bibliometric map of Spain 1996-2004: biomedicine and health sciences. *Med Clin (Barc)* 2008; 130: 246-253.
12. FERNÁNDEZ-GUERRERO I, BURBANO SANTOS P, MARTÍN-SÁNCHEZ FJ, HIDALGO-RODRÍGUEZ A, LEAL-LOBATO MM, REVILLA-DOCE C et al. Producción científica de los urgenciólogos españoles durante el quinquenio 2010-2014 y comparación con el quinquenio 2005-2009. *Emergencias* 2016; 28: en prensa
13. MIRÓ O, ESCALADA X, BOQUÉ C, GENÉ E, JIMÉNEZ FÁBREGA FX, NETTO C et al. Estudio SUHCAT (3): mapa docente e investigador de los servicios de urgencias hospitalarios de Cataluña. *Emergencias* 2014; 26: 47-56.
14. MIRA JJ, LORENZO S, NAVARRO IM, GUILABERT M, PÉREZ-JOVER V. La reputación de los hospitales españoles. Bases para el desarrollo de un índice de reputación de los hospitales. *An Sist Sanit Navar* 2015; 38: 247-254.
15. FERNÁNDEZ-GUERRERO IM. Tesis doctorales españolas en Medicina de Urgencias y Emergencias (1978-2013). *Emergencias* 2015; 27: 129-134.
16. PANICHKITKOSOLKUL W. Improved confidence intervals for a coefficient of variation of a normal distribution. *Thailand Statistician* 2009; 7: 193-199.
17. MIRÓ O. Necesidad de colaboración en investigación entre cardiólogos y médicos de urgencias. *An Sist Sanit Navar* 2014; 37: 9-16.
18. MINTEGI S. Investigación en urgencias pediátricas. La red de investigación de la Sociedad Española de Urgencias de Pediatría. *Emergencias* 2012; 24: 238-240.
19. GONZÁLEZ DE DIOS J, MATEOS HERNÁNDEZ MA, GONZÁLEZ CASADO I. Factor de impacto internacional, nacional y por especialidades: en busca del mejor indicador bibliométrico. *Rev Esp Pediatr* 1998; 54: 430-436.
20. PIÑERA SALMERÓN P. La investigación en red en Medicina de Urgencias y Emergencias. *Emergencias* 2012; 24: 234-237.
21. MATOS CASTRO S, BURILLO-PUTZE G. El triaje avanzado y la investigación en toxicología clínica. La respuesta científica a preguntas clínicas en urgencias. *Emergencias* 2014; 26: 424-426.
22. Grupo Scimago. El índice h de Hirsch: su aplicación a algunos de los científicos españoles más destacados. *El profesional de la información* 2007; 16: 47-49.
23. IMPERIAL J., RODRÍGUEZ-NAVARRO A. Utilidad del índice h de Hirsch para evaluar la investigación en España, Universidad Politécnica de Madrid, 2005 (consultado 15/11/2012). Disponible en: http://www.bit.etsia.upm.es/Imperial_Rodriguez-Navarro.Pdf
24. ALEXANDRE BENAVENT R, VALDERRAMA ZURIÁN JC, CASTELLANO GÓMEZ M, SIMÓ MELÉNDEZ R, NAVARRO MOLINA C. Factor de impacto de las revistas médicas españolas. *Med Clin (Barc)* 2004; 123: 697-701.
25. GONZÁLEZ DE DIOS J, GONZÁLEZ GUTIÁN C. El español como vehículo de transmisión de los avances científicos. *Emergencias* 2014; 26: 406-410.
26. POCH BROTO J. Español y Medicina. *Emergencias* 2014; 26: 404-405.
27. NAVARRETE CORTÉS J, BANQUERI OZÁEZ J. Los sistemas de información científica: herramientas para medir el impacto de la investigación

- biomédica. *Med Clin (Barc)* 2008; 131 (Supl 5): 71-80.
28. SCOPUS. (consultado el 22/11/2012). Disponible en: <http://www.scopus.com/home.url>
 29. SCIMAGO. Research Group. (consultado el 22/11/2011). Disponible en <http://www.scimago.es/>
 30. Harzing.com website. (consultado el 22/11/2011). Disponible en: <http://www.harzing.com/index.htm>
 31. SALGADO J, PÁEZ D. La productividad científica y el índice h de Hirsch de la Psicología Social española. Convergencia entre indicadores de productividad y comparación con otras áreas. *Psicothema* 2007; 19: 179-189.
 32. Biblioteca de la Universidad de Extremadura. El índice h de Hirsch (consultado el 25/11/2012). Disponible en: <http://biblioteca.unex.es/aprendizaje-e-investigacion/investigacion/221-indice-h.html>
 33. JENSEN P, ROUQUIER J, CROISSANT Y. Testing bibliometric indicators by their prediction of scientists promotions, 2008 (consultado 10/11/2012). Disponible en: <http://arxiv.org/abs/0811.0237v1>
 34. BATISTA PD, CAMPITELI MG, KINOCHI O, MARTÍNEZ AS. Is it possible to compare researchers with different scientific interests? (consultado 8/11/2012). Disponible en: <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0509/0509048.pdf>
 35. REYNOLDS JC, MENEGAZZI JJ, YEALY DM. Emergency medicine journal impact factor and change compared to other medical and surgical specialties. *Acad Emerg Med* 2012; 19: 1248-1254.
 36. LI Q, JIANG Y, ZHANG M. National representation in the emergency medicine literature: a bibliometric analysis of highly cited journals. *Am J Emerg Med* 2012; 30: 1530-1534.
 37. ROZMAN C. Reflexiones sobre la investigación biomédica en España. *Med Clin (Barc)* 2003; 120: 19-23.
 38. MIRÓ O, SALGADO E, GONZÁLEZ-DUQUE A, TOMÁS S, BURILLO-PUTZE G, SÁNCHEZ M. Producción científica de los urcenciólogos españoles durante los últimos 30 años (1975-2004). Análisis bibliométrico descriptivo. *Emergencias* 2007; 19: 6-15.
 39. BORNMANN L, DANIEL H. Does the h-index for ranking of scientists really work? *Scientometrics* 2005; 65: 391-392.
 40. MIRÓ O. Acerca del nombre de los autores españoles. *Med Clin (Barc)* 2010; 135: 41.
 41. ENGQVIST L, FROMMEN J. The h-index and self-citations. *Trends Ecol Evol* 2008; 23: 250-252.
 42. HUANG M. Probing the effect of author self-citations on h index: A case study of environmental engineering. *Journal of Information Science* 2011; 37: 453-461.
 43. PAGEL PS, HUDETZ JA. H-index is a sensitive indicator of academia activity in highly productive anaesthesiologists: results of a bibliometric análisis. *Acta Anaesthesiol Scand* 2011; 55: 1085-1089.

