

Jesús Ramos-Brieva¹
Amelia Cordero-Villafáfila²

Evaluación del factor de impacto personal de cada investigador en disciplinas biomédicas

¹Servicio de Psiquiatría
Hospital Universitario "Ramón y Cajal". IRYCIS
Universidad de Alcalá de Henares, Madrid

²Centro de Salud Mental "Miraflorés"
Alcobendas, Madrid

Los autores proponen un algoritmo para calcular el factor de impacto acumulado personal de las publicaciones de cualquier investigador cuya actividad exija informar de sus hallazgos en revistas científicas y en libros de su especialidad. Dicho algoritmo tiene en cuenta el número de citas que recibe cada artículo y libro publicado, las autocitas, el lugar que ocupa el investigador entre los firmantes de cada artículo o capítulo de libro, así como la densidad de ese impacto en su producción total. Además, tiene en cuenta el tipo de artículo o libro evaluado (revisiones o investigaciones originales), y el tiempo en el que el investigador ha permanecido inactivo.

Este algoritmo podría ser útil para la evaluación de la calidad investigadora de los sujetos, en los procesos de selección de personal donde se valore su capacidad investigadora, y permitiría comparar la influencia científica personal entre varios sujetos y la de diferentes centros de investigación.

Palabras-clave: Factor de impacto personal, Citación, medida, Producción científica, Bibliometría

Actas Esp Psiquiatr 2013;41(3):175-84

Measuring the impact factor of individual researchers in biomedical disciplines

The authors propose an algorithm for calculating the cumulative personal impact factor of the publications of any researcher whose research activity involves reporting findings in scientific journals or books in the researcher's field of specialization. This algorithm takes into account the number of times that each published article or book is cited, self-citations, the position of the researcher's name in the authorship list of each article or book chapter, and the density of this cumulative impact in relation to the researcher's total production. In addition, it takes into

account the type of article or book assessed (review or original research paper), and the length of time since the researcher's last publication.

This algorithm could be useful for the evaluation of the investigational quality of the subjects, in personnel selection processes in which the candidate's research performance comparisons of the personal scientific influence of various subjects and different research centers.

Key words: Personal impact factor, Citation, Measure, Scientific production, Bibliometry

ANTECEDENTES

Cada día resulta más necesario disponer de indicadores que evalúen de forma mensurable y fiable las diferentes actividades investigadoras en el campo de la Medicina en general, y en el resto de las disciplinas científicas.

Hace casi sesenta años, Garfield (1955)¹ inició ese camino desarrollando un sencillo método para evaluar el *factor de impacto (fi)* de las revistas científicas. Un método que ha recibido numerosas críticas², aunque también haya demostrado su utilidad³. Una de tales críticas es que el *fi* de Garfield no es una medida directa de la calidad de una revista, sino de la frecuencia con la que son citados sus artículos en un año⁴⁻⁹. Y se puede encontrar ciencia de primera calidad en revistas no incluidas en las bases de datos bibliográficas al uso¹⁰. Otra crítica que se le hace es que el recuento de citas no distingue entre las que se hacen a artículos de investigación y las que se hacen a cartas o editoriales^{4,7,11-14}. Además, el *fi* no permite comparar disciplinas diferentes pues cada una tiene pautas de citación distintas¹⁵. El *fi* favorece, también, a las áreas más desarrolladas o con mayor número de investigadores; lo que determina grandes diferencias entre los *fi* de las distintas disciplinas científicas que no significan diferencias de calidad¹⁵.

Con todo, el principal problema que tiene el *fi*, además de los conceptuales ya expresados, es el fuerte sesgo de cobertura de las bases de datos en las que se fundamenta, a favor de las revistas publicadas en inglés; por lo que no representan la producción científica internacional. Eso favorece que la ma-

Correspondencia:
JA Ramos Brieva
Servicio de Psiquiatría - Hospital Universitario "Ramón y Cajal". IRYCIS.
Ctra. de Colmenar km 9,100
28034 Madrid (España)
Correo electrónico: jramosb.hrc@salud.madrid.org

por parte de las citas obtenidas para calcular *fi* correspondan a revistas anglófonas y los artículos publicados en idiomas diferentes al inglés obtengan un menor número de citas^{11,12}.

Por otro lado, el *fi* no evalúa adecuadamente el impacto, o la potencial influencia personal de los individuos.

Además se ha comprobado que existe una baja correlación entre el número de citas que recibe un artículo (que representaría el impacto personal del investigador) y el *fi* de la revista donde se ha publicado; y, por otro lado, los artículos más citados de un investigador no siempre se publican en revistas con un alto *fj*⁶.

Si se dispusiera de un indicador que evaluara la influencia o el factor de impacto personal de los científicos en general, podrían establecerse diferencias entre sujetos en los procesos de selección de personal, o para su acreditación científica o académica en universidades, sistemas sanitarios, institutos de investigación, etc. También se podrían comparar grupos de personas, y evaluarse la excelencia global de los centros de investigación sumando la relevancia científica de los individuos que los integran. Algo especialmente relevante a la hora de comprobar el prestigio de esas instituciones y planificar las inversiones que han de realizarse en ellas.

Existen varios procedimientos para intentar evaluar la relevancia científica de los sujetos aislados:

1. *La suma total de los artículos publicados.* Muestra la productividad de un investigador, pero no informa sobre su influencia entre sus colegas. Publicar mucho no garantiza que alguien llegue a leerlo o citarlo.
2. *La suma total del factor de impacto de las revistas donde se han publicado los artículos.* Este procedimiento atribuye al sujeto un impacto que no pertenece a sus artículos sino a las revistas donde fueron publicados. Se sabe que el 50% de las citas recibidas por una revista están producidas, únicamente, por el 15% de los artículos publicados en ella⁴. Se puede publicar en una revista con gran *fi* y ser poco citado¹⁶.
3. *El número total de citas.* Evalúa la influencia de un individuo. Pero no aporta información sobre su grado de originalidad, el nivel de co-autoría, ni si tales citas proceden de una parte de su obra o de toda.
4. *El número de citas recibidas por un conjunto de artículos seleccionados.* Informa sobre los artículos de un individuo que son más citados. Pero deja a la arbitrariedad del evaluador la selección del número de citas a partir del cual se toma en consideración cada artículo.

Se han realizado algunos esfuerzos para desarrollar un solo indicador que reúna información para evaluar el *fi* personal de un investigador en concreto. Hirsch (2005)¹⁴ propuso el índice *h* con tales propósitos. Cuantifica tanto la productividad del autor como el impacto de lo publicado. Pero ignora los artículos citados por debajo del valor de *h*, el grado de co-autoría en los artículos, las autocitas y el tipo de artículo valorado. Pese a su utilidad, ha recibido numerosas críticas^{17,18}.

OBJETIVO

Nosotros proponemos un *indicador de la visibilidad*, el impacto, o la influencia personal de un investigador teniendo en cuenta algunos aspectos cualitativos como el número de citas que reciben sus artículos y sus libros publicados, el lugar que ocupa entre los firmantes, la densidad que tienen esas citaciones en relación con su producción total, el tipo de artículo o libro publicado, las autocitas y el tiempo que se ha mantenido sin publicar.

DESARROLLO

La producción total de artículos de un autor (Pt) puede resumirse como se representa en la Tabla 1.

Una forma simple de representar la influencia personal de un investigador sería mediante la proporción de artículos citados respecto a Pt:

$$[1] \quad RC_{\alpha} = \frac{\sum_{j=1}^k a_j}{Pt}$$

RC_{α} representaría la densidad de trabajos citados dentro de la producción total del individuo. Así, un valor de RC_{α} próximo a 1,00 revelaría que casi toda la producción de artículos del investigador es citada alguna vez.

Este dato es importante, sin duda. Sin embargo, RC_{α} no dice nada del número de veces que es citado un autor, que es lo que representaría con mayor rigor su influencia o el impacto. Del mismo modo que el *fi* de Garfield¹ representa la relación existente entre las citas recibidas por una revista en un periodo de tiempo dado respecto al total de artículos publicado en ese mismo tiempo por la revista, el *factor de impacto personal* bruto (RC_{β}) de un investigador a lo largo de su vida productiva estaría representado por el número de citas totales recibidas por sus artículos dividido por el número total de artículos publicados:

$$[2] \quad RC_{\beta} = \frac{\sum_{j=1}^k (a_j \cdot n_{cj})}{Pt}$$

Donde, a efectos de cálculo, a_j representa un artículo (y tiene como valor "1") y n_{cj} el número de veces que es citado (véase el ejemplo de cálculo en la Tabla 4). Cada citación externa tiene el valor de "1", pero las autocitas tienen el valor de "0,73" (ver a continuación).

$\sum_{j=1}^k w_j$ no es necesario representarlo en [2] pues su valor es cero.

Tabla 1		Producción bibliográfica de un autor	
Artículos publicados	En revista con impacto	En revista sin impacto	Total
Citados	$a_1, a_2, a_3, a_4, \dots$	$\dots a_{k-2}, a_{k-1}, a_k$	$\sum_{j=1}^k a_j$
No citados	$w_1, w_2, w_3, w_4, \dots$	$\dots w_{k-2}, w_{k-1}, w_k$	$\sum_{j=1}^k w_j$
			Pt

Pese a su ineludible utilidad, RC_β no aporta información cualitativa relacionada con el tipo de artículo publicado (original o revisión, por ejemplo), el lugar ocupado por el firmante, las autocitas, etc. Por eso se hace necesario matizarlo con algunos factores de corrección.

El control de las autocitas

Las autocitas han generado problemas para la evaluación de los investigadores por su potencial uso fraudulento para aumentar el *fi* de un investigador¹⁹. Sin embargo, existen datos que indican que las autocitas parecen reflejar, más bien, un elemento de continuidad en su línea investigadora²⁰. Un autor precisa citar sus trabajos precedentes si escasean las referencias externas o necesita justificar una nueva investigación derivada de otra anterior. Se ha podido comprobar que el número de autocitas de un artículo original es más alto inmediatamente después de publicar el artículo, para descender de forma progresiva con el paso del tiempo; lo contrario de lo que sucede con las citaciones externas de ese mismo artículo que aumentan²¹. Por otra parte, las autocitas tienen un peso pequeño en el conjunto de citas proporcionadas por otros autores e involucra a un número menor de artículos publicados²¹; por lo que su peso específico en los indicadores que las evalúan es realmente pequeño^{14,22}.

Sin embargo, el mayor riesgo de las autocitas de un autor, o un grupo de autores, es que acentúan la relevancia de un artículo, validando falsamente su contenido; lo que limita el avance del conocimiento en esa parcela científica si otros investigadores aceptan esa repetición sin cuestionarla²³. A nivel individual, las autocitas confieren al autor un impacto que quizás no tenga, puesto que se mide su influencia por el número de citas que reciben sus artículos. Por eso parece necesario controlar las autocitas en un algoritmo que pretende evaluar el impacto de un individuo sobre sus colegas; las citas externas habrían de tener un valor diferenciado respecto a las autocitas. Así, n_{c_j} que representa cada cita recibida por un artículo, recibe el valor de $n_{c_j}=1,00$ (una cita igual a "1") cuando se trata de citaciones externas; pero cuando se trate de una autocita, se le dará un valor algo menor: $n_{c_j}=0,73$.

Hemos obtenido esta cifra utilizando como *gold standard* la investigación que hicieron Costas et al (2010)²¹ sobre 637 científicos biomédicos y de Ciencias Materiales. Las autocitas realizadas por ese conjunto de investigadores y por sus co-autores alcanzaban una proporción del 27% del total de citaciones. Un modo de contrarrestar el efecto de las autocitas en nuestro algoritmo final sería darles el valor obtenido al restar esa proporción al valor de las citaciones externas. Así, $n_{c_j}=(1- 0,27)=0,73$.

Pero si no se desea aplicar este factor corrector porque resulte demasiado laborioso obtener de forma automática la información de que una citación sea realmente una autocita, en las bases de datos al uso, bastará con hacer que todas las citas tengan el valor de la unidad para todas las citas.

El tipo de artículo citado

Una de las críticas que se ha hecho al *fi* es que no aporta ninguna información sobre la calidad del contenido de los artículos citados. Nuestro algoritmo sí lo valora.

Se sabe que los artículos que contienen revisiones son más citados que los que muestran los resultados de investigaciones originales²⁴. Las revisiones pueden ofertar una información muy útil, con perspectiva, y esclarecer puntos confusos sobre determinados tópicos. Pero las revisiones no exigen el mismo esfuerzo que diseñar y perseguir una investigación original. Así, antes de introducir las citas en el algoritmo hemos aplicado un factor de corrección (Cp_j) a los artículos, según sean identificados en las bases de datos como "revisiones", como investigaciones "originales", como "editoriales" o como "cartas al director".

De ese modo, [2] quedaría:

$$[3] \quad RC = \frac{\sum_{j=1}^k (a_j \cdot n_{c_j} \cdot Cp_j)}{Pt}$$

Cp_j tiene el valor de la unidad para los artículos de investigación original y de 0,76 para los artículos de revisión. Hemos llegado a este último valor de 0,76 del modo que sigue.

El *fi* que reciben las revistas con artículos de revisión es hasta 3,5 veces superior que el recibido por las que publican investigaciones originales²⁵, aunque existen diferencias más modestas. Nosotros hemos calculado el valor $Cp_j=0,76$ adoptando como *gold standard* los *fi* de dos años consecutivos de catorce revistas biomédicas revisadas en dos investigaciones independientes^{26,27}. Hemos calculado la media geométrica (\bar{X}_G) de los valores obtenidos al dividir los *fi* de las revistas cuando sólo publican artículos de revisión (fi_{rev}) por el *fi* de esas mismas revistas publicando sólo artículos originales (fi_{orig}), tal y como han comunicado las citadas revisiones^{26,27}.

La \bar{X}_G es el antilogaritmo de la media aritmética de los logaritmos de los valores de cada variable. Esta transformación logarítmica reduce el impacto de los valores situados en un extremo de la distribución, normaliza la curva y hace su media aritmética (logarítmica) más representativa. El cálculo de \bar{X}_G también puede realizarse de otra forma más sencilla²⁸:

$$\bar{X}_G = \sqrt[n]{\frac{f_{1rev}}{f_{1orig}} \cdot \frac{f_{2rev}}{f_{2orig}} \cdot \frac{f_{3rev}}{f_{3orig}} \cdot \dots \cdot \frac{f_{nrev}}{f_{norig}}}$$

(la raíz enésima del producto de los $n \frac{f_{irev}}{f_{orig}}$)

Así, tomando los f_i publicados por Ketcham y Crawford (2007)²⁶ y Wolf y Williamson (2009)²⁷, obtuvimos un valor de:

$$\bar{X}_G = 1,32 (d_n)$$

Es decir, el promedio de f_{irev} es 1,32 veces superior al de f_{orig} . Al dividir la unidad por 1,32 obtuvimos la constante correctora que atribuiremos a los artículos de revisión.

$$Cp_j = 1/d_n = 0,76$$

porque $\frac{f_{irev}}{f_{orig}} = d$ equivale a $f_{irev} = d \times f_{orig}$

o bien $f_{orig} = \frac{f_{irev}}{d}$

No hemos encontrado datos que nos permitieran establecer un valor estándar para las "editoriales" y para las "cartas al director" que a veces comunican cosas que vale la pena tener en cuenta. Sobre todo estas últimas, que en ocasiones son verdaderas *comunicaciones breves* de investigaciones originales. Algo que no sucede con las "editoriales", habitualmente encargadas por las revistas para reflejar opiniones o actualizaciones del estado de situación de algún tópico de interés; pero no son investigaciones propiamente dichas. A falta de una referencia mejor, hemos decidido que el valor Cp_j para las "cartas al director" sea de 0,24; lo obtenemos sustrayendo el valor Cp_j de las "revisiones" al de las investigaciones "originales". Y si al valor atribuido a las "cartas al director" sustraemos a su vez la misma diferencia (0,24), obtenemos el valor atribuido a las "editoriales", *zero* (Tabla 2).

El lugar de la firma de cada investigador

Tampoco es lo mismo firmar un artículo en primer lugar que en el segundo, el tercero, etc. Tiene mayor visibilidad el

Tabla 2	Valor del tipo de artículo (Cp _j)
Investigaciones originales	1,00
Revisiones	0,76
Cartas al director	0,24
Editoriales	0,00

primer firmante que el último. En la mayoría de las ciencias, el orden de los firmantes se decide por la cantidad de trabajo con el que cada cual contribuye al artículo, más que por el prestigio personal o la posición ocupada en el Servicio, la Unidad o el Laboratorio que realiza la investigación. Con frecuencia, el último lugar suele ocuparlo el jefe de la Unidad que sólo incorpora al artículo su prestigio personal o su cargo académico²⁹⁻³². La excepción está entre las publicaciones relacionadas con la gestión, con la economía y, muy recientemente también, en las Ciencias Sociales, que prefieren utilizar el orden alfabético³³. Este orden alfabético se advierte también en los artículos de gran relevancia científica y en aquellos firmados por preeminentes personalidades académicas³⁴.

En los últimos tiempos también se está observando en revistas médicas y multidisciplinarias una tendencia a conceder el mismo grado de autoría a todos los autores firmantes del artículo^{35,36}.

Puesto que se tiende a suponer que el orden de la firma está más relacionado con la contribución de cada sujeto firmante al contenido de la investigación que a su posición de *senior* del grupo³³, pensamos que el lugar en la firma de un artículo (A_j) debería quedar reflejado en el sumatorio del dividendo de nuestro algoritmo. Así:

$$[4] \quad RC = \frac{\sum_{j=1}^k (a_j \cdot n_{c_j} \cdot Cp_j \cdot A_j)}{Pt}$$

Donde A_j sería la corrección aplicada a la cita según el investigador sea el primer firmante, el segundo...

¿Qué valores asignar a los autores por la posición que ocupa su firma en el artículo? Pensamos que podría asignarse a cada autor una fracción relacionada con el número total de firmantes. De modo que si el número de autores fuera cinco, al primero se le asignarían 5/5 (cinco quintos), al segundo 4/5 (cuatro quintos), al tercero 3/5, al cuarto 2/5 y al quinto 1/5.

Pero con ese criterio, a partir del segundo firmante, los valores se modifican de un artículo a otro en función del número total de autores. Así, en el ejemplo anterior, el segundo firmante tendría un valor de 0,80 (4/5), pero si sólo hubiera

Tabla 3		
Ponderación atribuida a cada firmante de los artículos (basado en el sistema Vancouver)		
Nº autor	Fracción estandarizante	Ponderación A_j
1º	7/7	1,00
2º	6/7	0,86
3º	5/7	0,71
4º	4/7	0,57
5º	3/7	0,43
6º	2/7	0,29
≥7º (et al.)	1/7	0,14

tres autores, sería de 0,67 (2/3). Por eso, para que todos los autores reciban *siempre* el mismo valor por el lugar ocupado entre los firmantes convendría utilizar una referencia estándar. Hemos adoptado el sistema Vancouver³⁷, utilizado por numerosas revistas para homogenizar las referencias bibliográficas. Dicho sistema da visibilidad a los seis primeros autores; y todos los demás, incluido el séptimo, quedan ocultos bajo la cobertura "et al" o "y otros". Así, decidimos que todos los autores de cualquier artículo o libro, fuera cual fuese el número total de firmantes, reciban siempre el mismo valor en base al *gold standard* proporcionado por el sistema Vancouver (Tabla 3). Una excepción serían aquellos artículos donde se hace una específica indicación de que todos los autores han contribuido por igual a su contenido. En estos casos, todos habrían de evaluarse como un primer firmante. Y convendría consensuar si se entiende que el orden alfabético significa una contribución semejante al artículo (al no importar colocarse antes o después, si fuera así realmente), en cuyo caso, todos los firmantes recibirían, igualmente, la puntuación del primer firmante.

El algoritmo RC, tal y como se refleja en [4], proporciona una cifra que revela el factor de influencia o impacto acumulado personal de un investigador. Como puede apreciarse en el ejemplo, beneficia más al investigador que tiene una corta carrera de publicaciones, pero con un gran número de citaciones, (Sujeto A en la Tabla 4) frente al investigador que tiene un mayor número de publicaciones, pero el mismo número de citaciones (Sujeto B en la Tabla 4). Algo que no hace el índice h ³⁸.

Tiempo pasado sin publicar

El tiempo sin publicar incide también en el impacto personal de un investigador pues merma su visibilidad y, por tanto, su influencia; aunque su trabajo no haya dejado de ser interesante, por dedicarse a tareas de gestión, por ejemplo. Nuestro algoritmo introduce un factor de corrección

por inactividad (Fci) que tiene eso en cuenta. Penaliza más a los investigadores noveles, aunque su RC según [4] sea muy alto, porque un año representa más tiempo de inactividad en un sujeto que lleva trabajando tres que en otro que lleva haciéndolo durante treinta. Es cierto que existen disciplinas donde pasar un año sin publicar puede ser habitual por la naturaleza de aquella, pero eso es algo que afecta a todos los investigadores de la misma disciplina, lo que anula las diferencias. Este elemento de nuestro algoritmo es útil para comparar sujetos de la misma ciencia, pero ya no tanto para comparar, por ejemplo, a un matemático con un biólogo molecular o un filólogo de latín.

Fci se expresa así:

$$[5] \quad Fci = 1 - \frac{\sum y_i}{y_{ev} - y_{pr}}$$

Donde $\sum y_i$ es el tiempo acumulado sin publicar (expresado en años) desde el año de la primera publicación (y_{pr}) hasta el año que se realiza la evaluación (y_{ev}). En el divisor se encuentra la diferencia entre el año de la evaluación y el de la primera publicación, que representa toda la carrera científica del investigador.

Así, nuestro algoritmo queda expresado del siguiente modo:

$$[6] \quad RC = \frac{\sum_{j=1}^k (a_j \cdot n_{c_j} \cdot Cp_j \cdot A_j)}{Pt} \cdot (Fci)$$

En el ejemplo de la Tabla 4, supóngase que se evalúa a ambos sujetos en 2011; que cada uno ha tenido dos años de inactividad; y que el Sujeto A publicó por primera vez en 2008 y el Sujeto B en 1980. El valor de Fci sería según [5] de 0,33 para el sujeto A y 0,94 para el sujeto B, con lo que sus RC quedarían fijados según [6] en 4,637 y 1,325 respectivamente.

Las citaciones de libros

Los libros son otra fuente importante de citaciones a evaluar y plantean sus propios problemas.

Los libros son, generalmente, revisiones más o menos extensas, que son muy citadas por las mismas razones que los artículos de revisión²⁴. Eso impide valorarlos del mismo modo que un artículo que recogiera los resultados de una investigación original. Pero los libros requieren, también, un esfuerzo mayor para escribirlos que un artículo, aunque sea original. Por eso, tampoco se les puede valorar del mismo modo que a estos.

Tampoco se puede considerar por igual un libro que refleja verdaderas investigaciones originales de sus autores,

Tabla 4		Ejemplo de cálculo para dos hipotéticos investigadores (artículos publicados)				
10 artículos citados a_j .		Nº de veces citado n_{c_j}	Corrección por tipo de artículo Cp_j	Orden de la firma del Autor A_j	$(a_j \cdot n_{c_j} \cdot Cp_j \cdot A_j)$	
a1	1	1	1,00	1,00	1,000	
a2	1	1	0,24	0,86	0,206	
a3	1	2	1,00	0,86	1,720	
a4	1	2	0,76	1,00	1,520	
a5	1	2	1,00	0,86	1,720	
a6	1	3	1,00	0,71	2,130	
a7	1	16	1,00	1,00	16,000	
a7 ϕ	1	$1 \times 0,73$	1,00	1,00	0,730	
a8	1	36	1,00	1,00	36,000	
a9 ϕ	1	36	0,76	1,00	27,360	
a9	1	$2 \times 0,73$	0,76	1,00	1,110	
a10	1	51	1,00	1,00	51,000	
Total citaciones		153				
$\sum_{j=1}^k (a_j \cdot n_{c_j} \cdot Cp_j \cdot A_j)$					140,496	
Sujeto A (Pt = 10)**:						
$\frac{\sum_{j=1}^k (a_j \cdot n_{c_j} \cdot Cp_j \cdot A_j)}{Pt}$					14,05	
Sujeto B (Pt = 100)**:						
$\frac{\sum_{j=1}^k (a_j \cdot n_{c_j} \cdot Cp_j \cdot A_j)}{Pt}$					1,41	

* a_j : un artículo (de valor siempre "1" para la ecuación); ** Pt: número total de artículos publicados.
 ϕ autocitas (1 para el artículo a7 y 2 para el artículo a9)

que otro que no es más que una amplia revisión sobre el tema que aborda, u otro donde uno o varios sujetos dirigen una laboriosa y voluminosa revisión desarrollada por numerosos autores. Esas revisiones suelen ser muy citadas porque al lector le resulta más cómodo leerlas en lugar de buscar las fuentes originales²⁴. Y, finalmente, nada de eso es lo mismo que el capítulo de un libro, que es, generalmente, una revisión equivalente a la de un artículo de revisión publicado en una revista (habitualmente por encargo).

Además, como sucede con los artículos, el lugar que ocupa el autor entre los firmantes también debe tenerse en cuenta pues supone un grado de implicación en el texto diferente.

Por eso, el segundo elemento de nuestro algoritmo, referido a las citaciones de libros, habría de expresarse así:

$$[7] \quad \frac{\sum_{j=1}^k (b_j \cdot n_{c_j} \cdot Cb_j \cdot A_j)}{Tb}$$

Donde b_j es un libro ("1" para el cálculo, como en la Tabla 4); n_{c_j} = número de citas del libro; A_j = el orden del firmante; Cb_j = corrección por el tipo de libro; Tb = total de libros publicados.

El valor del orden de la firma, A_j , es el mismo que el mostrado en la Tabla 3 para los artículos, basado en el *gold*

Tabla 5	Valor del tipo de libro publicado
Tipo de libro	Cb _j
Investigaciones propias, originales	1,48
Revisión general de un tema	1,24
Editor o coordinador	1,00
Capítulo de un libro	0,76

standard del sistema Vancouver³⁷. Del mismo modo que el valor n_{cj} sería el mismo que el aplicado a las revistas. El factor corrector Cb_j tiene los valores mostrados en la Tabla V según el tipo de libro del que se trate ("original", "revisión", "editor", "un capítulo").

Hemos llegado a esas cifras a partir de las calculadas para la Tabla 3, asignando al capítulo de un libro el mismo valor que a un artículo de revisión (son la misma cosa): 0,76. A partir de ahí, hemos añadido 0,24 (recuérdese: la diferencia que había entre un artículo original y una revisión) para obtener el valor de la casilla inmediatamente superior en la Tabla 5. Con ello, ser editor o director de un libro que

escriben múltiples autores puntuaría lo mismo que publicar un artículo de investigación original (1,00). Es un modo de proceder con cierta objetividad.

No introducimos ningún factor corrector por tiempo de inactividad en la publicación de libros. Estos, generalmente, requieren un mayor tiempo de elaboración, aparte del tiempo consumido por el propio proceso editorial, por lo que no se puede esperar una regularidad temporal en su producción y penalizarlo sería irreal e injusto.

Así, nuestro algoritmo quedaría definitivamente definido del siguiente modo:

$$[8] \quad RC_i = \left[\frac{\sum_{j=1}^k (a_j \cdot n_{c_j} \cdot Cp_j \cdot A_j)}{Pt} \cdot (Fci) \right] + \frac{\sum_{j=1}^k (b_j \cdot n_{c_j} \cdot Cb_j \cdot A_j)}{Tb}$$

Donde a_j es un artículo (con valor "1" para el cálculo); n_{cj} = número de citas del artículo (en la fracción situada entre corchetes); A_j = el orden del firmante en el artículo (en la fracción situada entre corchetes); Cp_j = corrección por el tipo de artículo (originales, revisiones, cartas al director,

Tabla 6	Ejemplo de cálculo para dos hipotéticos investigadores (libros publicados)				
	3 libros citados b _j .	Nº de veces citado n _{cj}	Corrección por tipo de libro Cb _j	Orden de la firma del Autor A _j	(b _j · n _{cj} · Cb _j · A _j)
Sujeto A (Tb** = 3):					
b1	1	5	0,76	0,86	3,268
b2	1	3	0,76	0,86	1,961
b2	φ	2 × 0,73	0,76	0,86	0,843
b3	1	5	0,76	0,86	3,268
$\frac{\sum_{j=1}^k (b_j \cdot n_{c_j} \cdot Cb_j \cdot A_j)}{Tb}$					3,113
Sujeto B (Tb** = 3):					
b1	1	5	1,24	1,00	6,200
b2	1	3	1,24	1,00	3,720
b2	φ	2 × 0,73	1,24	1,00	1,810
b3	1	5	1,00	0,86	4,300
$\frac{\sum_{j=1}^k (b_j \cdot n_{c_j} \cdot Cb_j \cdot A_j)}{Tb}$					5,343

* b_j: un libro (de valor siempre "1" para la ecuación); ** Tb: número total de libros publicados.
φ autocitas

editoriales); F_{ci} = factor de corrección por inactividad; P_t = total de artículos publicados. Y donde b_j = es un libro (con valor "1" para el cálculo); n_{c_j} = número de citas del libro (en la fracción situada fuera de los corchetes); A_j = el orden del firmante del libro (en la fracción situada fuera de los corchetes); C_{b_j} = corrección por el tipo de libro ("original", "revisión", "editor", "un capítulo"); T_b = total de libros publicados.

Siguiendo con el ejemplo anterior, el Sujeto A ha escrito 3 capítulos de libros como segundo firmante, que han sido citados 5 veces cada uno; el Sujeto B ha escrito 2 libros de revisión como primer autor y otro como segundo editor, y también ha sido citado 5 veces cada uno. En ambos casos, se han autocitado dos veces. Así, el segundo miembro de nuestro algoritmo arrojaría un valor de 3,113 para el Sujeto A, y de 5,343 para el Sujeto B (Tabla 6). Con lo que la valoración definitiva de la influencia personal de cada uno de ellos (sumando [6] y [7] como en [8]) sería $RC\gamma=7,750$ para el Sujeto A, y $RC\gamma=6,668$ para el sujeto B.

CONCLUSIONES

Nuestro procedimiento suministra tres valores que permiten evaluar el peso individual de un investigador además de su P_t y T_b .

RC_α muestra la proporción de artículos citados respecto a la P_t (en el ejemplo de la Tabla 4 para el Sujeto A, $RC_\alpha=1,00$; y para el Sujeto B, $RC_\alpha=0,10$). Cálculo que puede hacerse de un modo similar para los libros.

RC_β proporcionaría el f_i , en bruto, del individuo respecto a su P_t (para el Sujeto A, $RC_\beta=15,3$; para el Sujeto B, $RC_\beta=1,53$; ver Tabla 4). Y podría hacerse lo mismo para los libros.

Y, finalmente, $RC\gamma$ proporciona un valor más ajustado del factor de impacto personal del investigador *entre sus pares*, en función de los contenidos de cada texto y otros elementos cualitativos más ($RC\gamma=68,12$ para el Sujeto A y $RC\gamma=19,40$ para el Sujeto B; ver más atrás).

En la actualidad existen bases de datos accesibles (*Science Citation Index*, *Web Of Knowledge [WOK]*, *Embase*, *Scopus*, *PubMed*) que, combinadas, permiten obtener el número de citas que reciben los artículos de investigadores concretos, el lugar que ocupan en la firma de los artículos, las autocitas, el tipo de artículo del que se trata y sus fechas de publicación. Google lleva tiempo probando una herramienta de localización de citas (incluso de libros) que también podría ser útil para estos fines (Google Académico).

Quizás convenga incorporar en el futuro, a los *curricula* tradicionales de los investigadores, los listados de las citas recibidas por sus artículos y libros procedentes de esas fuentes. Eso permitiría realizar una evaluación objetiva por

parte de los evaluadores. Tal cosa significa, asimismo, que esas fuentes, deberían realizar también un esfuerzo adicional para *añadir* revistas no escritas en inglés^{18,39} en sus bases de datos y homologar la firma de los investigadores indexados. Los investigadores españoles, por ejemplo, tienden a figurar en tales bases de datos con dos o tres variaciones de su nombre, lo que obstaculiza el cálculo de cualquier indicador basado en esas fuentes de datos⁴⁰. Quizás por eso, los autores y las propias revistas deberían esforzarse en conseguir, también, esa homologación de firmas. Y mientras tales bases de datos sean lo más completas posibles, quizás el cálculo de RC haya que limitarlo a los artículos (y libros) indexados en tales fuentes, dejando atrás los que no lo están. Así, sólo se utilizarían la P_t indexada y los artículos indexados que son citados, para hacer el cálculo. Es una limitación injusta respecto a las producciones totales reales, cierto, pero afectaría a todos los miembros de la especialidad, lo que anularía sus efectos restrictivos.

Limitaciones del algoritmo propuesto

La principal limitación de nuestro algoritmo, compartida con otros indicadores, es su dependencia de esas bases de datos incompletas señalada en párrafos precedentes.

Y también lo es que depende de algunas decisiones de la comunidad científica y de las revistas que publican los resultados de sus investigaciones.

Es posible que el aspecto de $RC\gamma$ que suscite más dudas sea su modo de evaluar el grado de autoría de los firmantes en cada artículo.

El uso de nuestro algoritmo requeriría acuerdos generales entre los miembros de la comunidad científica y los evaluadores a fin de unificar los criterios de las firmas. O, quizás, deberían ser las revistas las que acordaran publicar en sus normas un modo unificado de ordenar las firmas en un artículo, de forma similar a lo que hicieron con las normas de citación Vancouver³⁷. Por ejemplo, decidir que el investigador que más haya contribuido al artículo firme *siempre* el primero. Porque los otros sistemas tienen sus perversiones.

Ya se ha señalado antes que existen especialidades donde el autor con mayor renombre o categoría profesional firma el último, como sucede también con los directores de laboratorios³³, aunque sus contribuciones al artículo en cuestión sean mínimas o ninguna. Ese proceder incrementa exponencialmente el número de artículos asignado a tales sujetos respecto a los que realmente contribuyen a él tras alcanzar esa posición profesional²⁹⁻³³. Las disciplinas que acostumbra a firmar por orden alfabético⁴¹ tienen sus propias sevicias. Los economistas ha analizado que su costumbre de firmar por orden alfabético ocasiona que quien tenga su apellido más próximo a la "A" alcanza puestos académicos de mayor relevancia, mayor reconocimiento profesional y

más sueldo⁴²⁻⁴⁴. Debido, sin duda, a la mayor visibilidad que les aporta apellidarse *Abad* en lugar de *Zamarro*.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los revisores anónimos sus comentarios, críticas y sugerencias, porque han contribuido a mejorar el contenido de este artículo.

NOTA

Ambos autores han contribuido a partes iguales a la concepción y preparación del algoritmo y del contenido del artículo, aprobando su versión final.

Los dos autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Garfield E. Citation indexes to science: a new dimension in documentation through association of ideas. *Science*. 1995;122(3159):108-11.
- Aleixandre-Benavent R, Valderrama-Zurián JC, González-Alcaide G. El factor de impacto de las revistas científicas: limitaciones e indicadores alternativos. *El Profesional de la Información*. 2007;16:4-11. <http://www.elprofesionaldeinformacion.com/contenidos/2007/enero/01.pdf>
- Bordons M, Fernandez MT, Gómez I. Advantages and limitations in the use of impact factor measures for the assessment of research performance. *Scientometrics*. 2002;53(2):195-206.
- Seglen PO. Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research. *British Medical Journal*. 1997;314:498-502. <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/314/7079/497>
- González J, Mateos MA, González I. Factor de impacto internacional, nacional y por especialidades: en busca del mejor indicador bibliométrico. *Revista Española de Pediatría*. 1998;54(323):430-6.
- Garfield E. *Citation indexing. Its theory and application in science, technology and humanities*. Nueva York: John Wiley & Sons, 1979.
- Seglen PO. How representative is the journal impact factor? *Research evaluation*. 1993;2(3):143-9.
- Amin M, Mabe M. Impact factor: use and abuse. *Perspectives in publishing*. 2000;1(1):1-6.
- Ramírez AM, García EO, Río JA. Renormalized impact factor. *Scientometrics*. 2000;47(1):3-9.
- Aleixandre R, Valderrama JC, Desantes JM, Torregrosa AJ. Identification of information sources and citation patterns in the field of reciprocating internal combustion engines. *Scientometrics*. 2004;59(3):321-36.
- Aleixandre R, Porcel A. El factor de impacto de las revistas científicas. *Trastornos adictivos*. 2000;1(4):264-71.
- López Piñero JM, Terrada ML. Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (I). Usos y abusos de la bibliometría. *Medicina Clínica*. 1992;98(2):64-8.
- González J, Moya M, Mateos MA. Indicadores bibliométricos: características y limitaciones en el análisis de la actividad científica. *Anales Españoles de Pediatría*. 1997;47(3):235-44.
- Hirsch JE. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005;102(46):16569-72.
- Leeuwen TN, van Moed HF. Development and application of journal impact measures in Dutch science system. *Scientometrics*. 2002;53(2):249-66.
- Seglen P. Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research. *British Medical Journal*. 1997;314(7079):498-502.
- Sekercioglu CH. Quantifying coauthor contributions. *Science*. 2008;322(5900):371.
- Schreiber M. Twenty Hirsch index variants and other indicators giving more or less preference to highly cited papers. *Physics and Society*. 2010;arXiv:1005.5227v1 [physics.soc-ph]
- Cañedo SR, Nodarse M, Ramos RE, Guerrero JC. Algunas precisiones necesarias en torno al uso del factor de impacto como herramienta de evaluación científica. *Acimed*. 2005;13:5. http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol13_5_05/aci01505.htm
- Pichappan P, Sarasvady S. The other side of the coin: the intricacies of author self-citations. *Scientometrics*. 2002;54(2):285-90.
- Costas R, van Leeuwen TN, Bordons M. Self-citations at the meso and individual levels: Effects of different calculation methods. *Scientometrics*. 2010;82(3):517-37.
- Garfield E. Der Impact Factor und seine richtige Anwendung. *Der Unfallchirurg*. 1998;101(6):413-4.
- Gami AS, Montori VM, Wilczynski NL, Haynes RB. Author self-citation in the diabetes literature. *Canadian Medical Association Journal*. 2004;170(13):1925-7.
- Patsopoulos NA, Analatos AA, Ioannidis JPA. Relative Citation Impact of Various Study Designs in the Health Sciences. *Journal of American Medical Association*. 2005;293(19):2362-6.
- Taylor & Francis Author Services. What should be considered when evaluating journal impact factors? 2011.
- Ketcham C, Crawford JM. The impact of review articles. *Laboratory Investigation*. 2007;87(12):1174-85.
- Wolf DM, Williamson PA. Impact factor and study design: the Academic Value of Published Research (AVaRes) score. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 2009;91(1):71-3.
- Sach L. *Estadística aplicada*. Barcelona: Labor, 1978.
- Shapiro DW, Wenger NS, Shapiro MF. The contributions of authors to multiauthored biomedical research papers. *Journal of the American Medical Association*. 1994;271(6):438-42.
- Yank V, Rennie D. Disclosure of researcher contributions: A study of original research articles in *The Lancet*. *Annals of Internal Medicine*. 1999;130(8):661-70.
- Bhandari M, Einhorn TA, Swiontkowski MF, Heckman JD. Who did what? (Mis)perceptions about authors' contributions to scientific articles based on order of authorship. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2003;85A:1605-9.
- Bhandari M, Busse JW, Kulkarni AV, Devereaux PJ, Leece P, et al. Interpreting authorship order and corresponding authorship. *Epidemiology*. 2004;15(1):125-6.
- Marušić A, Bošnjak L, Jerončić A. A Systematic Review of Research on the Meaning, Ethics and practices of Authorship across Scholarly Disciplines. *Plos One*. 2011;6:e23477.
- Chan K, Hardin IW, Liano K. Author order conditions and coauthorship in real estate journals. *Journal of Real Estate Literature*. 2010;18(1):41-51.
- Hu X. Loads of special authorship functions: Linear growth in the percentage of "equal first authors" and corresponding authors. *Journal of the American Society for Information Science*. 2009;60(11):2378-81.
- Akhabue E, Lautenbach E. "Equal" contributions and credit: an emerging trend in the characterization of authorship. *Annals of*

- Epidemiology. 2010;20(11):868-71.
37. International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE). Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Sample References, 2010.
http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html
<http://journalauthors.tandf.co.uk/beyondpublication/impactfactors.asp>
 38. Zhang CT. A proposal for calculating weighted citations based on author rank. *EMBO Reports*. 2009;10(5):416-7.
 39. Mueller PS, Murali NS, Cha SS, Erwin PF, Ghosh AK. The association between impact factors and language of general internal medicine journals. *Swiss medical weekly*. 2006;136(27-28):441-3 .
 40. Ruiz-Pérez R, Delgado-López-Cózar E, Jiménez-Contreras E. Spanish name variations in national and international biomedical databases: implications for information retrieval and bibliometric studies. *Journal of the Medical Library Association*. 2002;90(4):411-30.
 41. Marques F. Complex hierarchy. *Pesquisa FAPESP online*. June 2011. <http://revistapesquisa2.fapesp.br/?art=3001&bd=1&pg=1&lg=en>
 42. Hilmer CE, Hilmer MJ. How do journal quality, co-authorship, and author order affect agricultural economists' salaries? *American Journal of Agricultural Economics*. 2005;87(2):509-23.
 43. Einav L, Yariv L. What's in a surname? The effects of surname initials on academic success. *Journal of Economic Perspectives*. 2006;20(1):175-87.
 44. Van Praag M, Van Praag B. The benefits of being economics professor A (rather than Z). *Economics*. 2008;75(300):782-96.