

La producción científica de los químicos españoles y el índice h de Hirsch

Resumen: El físico J. E. Hirsch ha revolucionado el mundo científico desde la publicación a finales de 2005 de un índice h : un indicador para cuantificar la producción científica de un investigador. En el presente artículo se discute la aplicación de h para evaluar la actividad científica de los químicos españoles considerando sus ventajas, inconvenientes y utilidad. Sin duda alguna, el índice h va a ser el centro de atención y debate en los próximos años por su posible uso para la concesión de becas y proyectos de investigación, y el reclutamiento y la promoción de los mejores científicos.

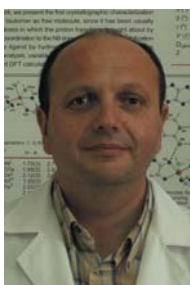
Introducción

Entre la comunidad científica siempre ha existido la preocupación por la evaluación objetiva de la capacidad investigadora de los equipos de trabajo y la producción científica de cada uno de sus miembros. Con frecuencia se ha utilizado el índice de impacto (f) que aparece anualmente recogido en la publicación de *Thomson Scientific: Journal of Citation Reports del Institute for Scientific Information (ISI)* para evaluar el nivel científico de las revistas. Generalmente, se dividía esta clasificación para un área científica determinada en secciones y se adjudicaba a cada una de ellas baremos que iban desde la excelencia hasta la nula consideración. En épocas pretéritas, entre los químicos españoles se presumía de haber publicado el primer *Inorganic Chemistry*, *JACS*, *Angewandte Chemie* o *Chemical Reviews*. En tiempos más recientes, se celebraba con júbilo la publicación de un artículo en *Nature* o *Science*. Sin lugar a dudas, estos pasos han supuesto un avance hacia la excelencia en la investigación científica de los químicos españoles, aunque en algunos casos la categoría de la revista no iba acompañada de un elevado número de citas por otros colegas. Es evidente, que el nivel científico de la revista puede no ser equiparable al del trabajo publicado en ella y viceversa.

Recientemente, Hirsch^[1] ha propuesto un nuevo parámetro: el índice h –factor h o número h – para tratar de evaluar la producción científica individual. El índice h de un científico es el número de sus publicaciones que tienen, por lo menos, h citas cada una de ellos. Es decir, un índice $h = 25$, significa que el científico es autor o coautor de 25 publicaciones que han sido citadas, al menos, 25 veces por otros autores que no aparecen en las suyas con el fin de eliminar las autocitas. En su artículo, Hirsch centra su atención en los físicos, aunque sugiere que el índice h debería ser de utilidad en otras áreas científicas. Al final del trabajo, aplica su índice en los campos de las ciencias biológicas y biomédicas.

La idea fue recogida con celeridad por Ball en *Nature*,^[2] y ha sido recibida y matizada entre los físicos^[3,4] y también en la revista *Scientometrics*.^[5] Sin embargo, su uso tardará en aplicarse por una serie de problemas técnicos, como por ejemplo, la falta de consenso en los estándares de las distintas áreas de conocimiento, el reparto del peso apropiado a cada coautor, y, sobretudo, por la resistencia natural y justificable de la comunidad científica para utilizar índices numéricos con el fin de determinar la producción investigadora individualizada.

Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, Apartado 644, 48080 Bilbao
C-e: pascual.roman@ehu.es



Antonio Luque
Arrebola



Pascual Román
Polo

Sin embargo, hay otras áreas de la bibliometría, donde los indicadores basados en las citas tienen una mayor aceptación y se podrán aplicar con más facilidad. Una de estas áreas es el análisis de las citas de las revistas científicas. Los índices de impacto de las revistas cuya primera referencia data de hace casi 50 años^[6] se convirtieron en un factor que sirvió para evaluar la calidad de la investigación científica; habiendo desempeñado una enorme, aunque polémica, influencia en la investigación científica publicada.^[7] Algunos autores sugieren que un índice del tipo h podría complementar los factores de impacto de las revistas científicas en dos aspectos: i) es consistente, es decir, es insensible a un exceso accidental de artículos no citados, así como a uno o varios artículos de excepcional nivel que son altamente citados; ii) combina el efecto de la "cantidad" (número de publicaciones) y de la "calidad" (medida como índice de citas, lo que es un criterio muy discutible) de forma específica y equilibrada. El índice h de la revista no sería calculado para una "contribución de toda la vida": (según lo sugerido por Hirsch para los científicos individuales), sino para un período definido de tiempo –en el caso más simple por un solo año–.^[8]

La base de datos *ISI Web of Knowledge* ofrece un método sencillo para determinar el índice h de un investigador, una revista, una institución o incluso un país sin salirse del procesamiento de los datos. Del procedimiento nos ocuparemos en detalle más adelante.

En general, los químicos que gozan de un gran prestigio internacional, entre los que destacaremos los galardonados con el premio Nobel de Química, tienen un excelente currículum vitae y sus respectivos índices h son elevados, aunque éstos dependen del área de investigación. Sin embargo, hay casos en los que la escasa actividad científica y el bajo número de citas ha conducido en algunos casos a la obtención del premio Nobel, como ha ocurrido recientemente con el francés Yves Chauvin ($h = 25$),^[9] que cuando recibió el preciado galardón en octubre de 2005, su trabajo por el que obtuvo el premio Nobel tan sólo ha sido citado en 63 ocasiones en 35 años.

La búsqueda de un indicador sencillo para evaluar la calidad de la investigación individual ha sido un ideal perseguido por las instituciones de todo el mundo encargadas de llevar a cabo este cometido. La utilización en España del índice o factor de impacto de las revistas científicas, donde los investigadores publican sus resultados no ha sido muy eficaz, por la discrepancia que existe en muchos casos entre la posición de la revista al ser clasificada por el factor de impacto y el número de citas recibidas por cada uno de los artículos publicados en ella.^[10]

La Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora (CNEAI), tal vez, fue la primera institución en España que estableció un sistema de evaluación sin utilizar pares o iguales. El éxito de la CNEAI^[11] se extrapoló para la evaluación formal por comisiones con otra finalidad, donde resultó no ser aplicable.

Instrucciones para calcular el índice *h*

Para realizar el cálculo del valor del índice de Hirsch (*h*), es preciso disponer de la base de datos ISI *Web of Knowledge* y estar familiarizado con ella. Esta base de datos está disponible para los investigadores españoles a través de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT, <http://www.accesowok.fecyt.es/>). Los pasos a seguir son:^[10]

1. Entrar en la base de datos ISI *Web of Knowledge*, después en la *Web of Science* y luego en *General Search*.
2. En la ventana *Author* se escribe el apellido del investigador, por ejemplo, corma a* (sin acentos y con las iniciales juntas si las tuviere). Si el apellido es compuesto, por ejemplo, garciamartinez, conviene escribir garcia\$martinez, ya que en la base de datos puede aparecer simultáneamente como garcia-martinez, garcia martinez o garciamartinez. Si el apellido compuesto es muy largo conviene truncarlo, por ejemplo, gutierrez\$zorr* por gutierrez-zorrilla.
3. En muchos casos, el mismo nombre corresponde a varios investigadores, por ejemplo, a un biólogo, a un médico y a un químico. En estos casos, para individualizarlos es necesario utilizar la ventana *Topic*. Si se conocen algunos detalles del currículum vitae, se pueden discriminar los temas de trabajo usando dicha ventana para obtener los resultados apetecidos. Así, un químico que trabaja en zeolitas, en la ventana *Topic* debe escribir: *zeolit* OR micropor* OR mesopor**. Otra ventana que tiene gran utilidad es *Address*. En este caso, hay que conocer los lugares, centros de investigación y universidades donde ha trabajado el investigador. Por ejemplo, *Madrid OR Toulouse OR Harvard*. Cuando se han introducido todos los datos en las ventanas correspondientes pinchar *Search*.
4. Finalizada la búsqueda, aparecen todos los resultados, agrupados en bloques de 10 citas por página (es conveniente cambiar la ventana activando *Show 50 per page*). Una vez realizado el cambio, hay que seleccionar a la derecha de la pantalla *Times Cited* y activar *SORT*. Ahora aparecen todos los artículos en bloques de 50 por página, clasificados en orden descendente del número de citas. Hay que deslizarse por la página (o páginas si fuera preciso) hasta localizar el trabajo cuyo número de orden sea mayor o igual que el número de citas que se corresponde con el índice *h*. Llegados a este punto, hay que eliminar las autocitas, cuestión a la que nos referiremos más adelante.
5. A veces, es conveniente importar la lista para analizarla y revisarla detalladamente, para tener todos los autores, ya que en las páginas de la ISI *Web of Science* sólo aparecen los tres primeros autores. También puede ocurrir que aparezca otro investigador con el mismo apellido e inicial/es y hay que eliminar sus trabajos. Para importar los registros seleccionados, en el cuadro de la derecha, hay que marcar los indicando en la sección *Output Records*: por ejemplo, indicar en *Records* del 1 al 25, y pulsar *ADD TO MARKED*

LIST. A continuación, pinchar en [*25 articles marked*] –25 artículos se muestra subrayado en color azul–, y seguir las instrucciones que aparecen en las ventanas de diálogo.

Instrucciones para eliminar las autocitas

La eliminación de las autocitas en el caso de un número elevado de artículos (autores con currículum extenso, centros de investigación, universidades, revistas e incluso países) es una tarea enormemente larga, tediosa y complicada, ya que se debe considerar como autocita cualquier publicación en la que aparece, al menos, uno de los coautores del artículo analizado y no exclusivamente el autor o institución que se está evaluando. No obstante, la página web de la FECYT posee una tutoría para la eliminación de las autocitas para un autor individual que puede ser de ayuda para los no iniciados. En la ventana de diálogo de la izquierda hay que situarse en *Formación* y allí activar *Tutoriales Thomson* y a continuación pinchar <http://www.brainshark.com/thomsonscientific/eliminarautocitas>. Una vez identificado el usuario, se activa el audiovisual y una voz femenina le guía para realizar un ejemplo del Dr. Avelino Corma¹.

El índice *h* aplicado a los químicos españoles

En su trabajo Hirsch concluye que un índice *h* = 20 después de 20 años de actividad científica es característico de una carrera coronada por el éxito. Factores *h* = 35–45 después de 20 años sólo se dan entre los mejores científicos y un índice *h* = 60 caracteriza a un individuo singular, excepcionalmente dotado para la ciencia.^[12] No obstante, el trabajo de Hirsch pone de manifiesto que los índices *h* son distintos en disciplinas y áreas científicas diferentes. Esto se pone de manifiesto si se comparan los índices de los premios Nobel de Física y Química de los últimos cinco años recogidos en la Figura 1. En ella se observa que con la excepción del año 2004 los galardonados con el premio Nobel de Química tienen un índice *h* mayor que sus correspondientes colegas de Física.

Las excepciones más notorias son los casos de K. Tanaka (*h* = 9) e Y. Chauvin (*h* = 25). El primero de ellos nacido el año 1959 ha realizado su actividad investigadora desde el año 1983 en la compañía Shimadzu Corporation (Kioto, Japón) sobre espectroscopia de masas aplicada a macromoléculas biológicas. Este autor ha desarrollado un número importante de patentes en este campo, aunque su número de publicaciones es bajo, y tiene un modesto índice *h*. No obstante, su contribución, fundamentalmente metodológica, es muy relevante no sólo en el área de la química sino también para otras ciencias, como la medicina y la biología. El segundo tiene escasas publicaciones para un premio Nobel y el trabajo por el que fue premiado en 2005 fue realizado en colaboración con J.-L. Hérisson en 1971 y tan sólo ha sido citado en 63 ocasiones desde su publicación hasta hoy, incluidas las autocitas.

¹ La base de datos *Scopus* (<http://www.scopus.com>) de Elsevier, en periodo de pruebas durante el mes de mayo de 2006, permite la eliminación de las autocitas, únicamente del autor analizado. La información recogida es incompleta y abarca desde el año 1996 hasta la actualidad, aunque se está completando con la información de años anteriores.

La producción científica de los químicos españoles y el índice *h* de Hirsch

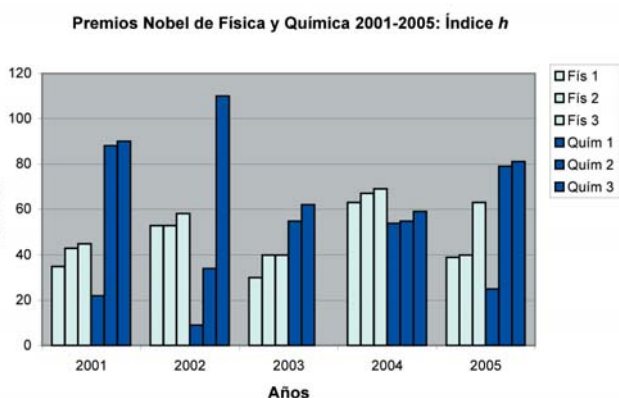


Figura 1. Índice de Hirsch para los premios Nobel de Física y Química (periodo 2001–2005).

El índice *h* aunque ha sido creado para evaluar a los científicos individualmente, puede aplicarse a revistas científicas, instituciones, o incluso países para establecer comparaciones entre ellos. Hasta hoy, uno de los criterios más utilizados para evaluar la calidad de una revista y de los artículos en ella publicados es el anteriormente citado factor de impacto (*f*). Este parámetro anual se obtiene al dividir el número de citas realizadas en el año evaluado a artículos publicados los dos años anteriores en una determinada revista por el número total de artículos publicados por la revista en dicho periodo. No obstante, hay varios trabajos que han mostrado las importantes limitaciones que tiene la utilización de este factor bibliométrico.^[13] El índice *h* puede representar una alternativa o complemento útil que ayude en la evaluación de una revista científica y palie algunas de las limitaciones y/o sesgos del factor *f*.

En la Tabla 1 se recogen las 30 revistas con mayor índice *h* de las 7 áreas de la Química que aparecen en el *Journal Citation Reports* (2004). El índice de Hirsch correspondiente a un autor individual, institución o revista, depende del número de años de su actividad; por ello, los datos se han limitado al periodo 1996–2005 y se han eliminado aquellas revistas que tienen menos de 100 artículos publicados en el año 2004.

Las primeras posiciones las ocupan revistas del área de Química Multidisciplinar en la que aparecen trabajos de todas las áreas de la Química y por lo tanto con un mayor número de investigadores que pueden citarlos. Además, dos de ellas, *Chemical Reviews* and *Accounts of Chemical Research*, publican fundamentalmente trabajos de revisión que habitualmente reciben el mayor número de citas. De hecho, los dos artículos más citados en el área de Química de autores españoles han sido publicados en la primera de las revistas por A. Corma y N. Martín con un total de 1.265 y 387 citas, respectivamente. Al igual que el factor *f*, el índice *h* no es sinónimo de calidad del trabajo, sino de oportunidad (caso de *Chem. Rev.*) o del área dentro de la química (cómprase *J. Org. Chem.* con *Inorg. Chem.*), aunque uno y otro pueden utilizarse como indicadores de la calidad de la producción científica individual cuando se corrigen y se tienen en cuenta otros factores.

En la Tabla 2 se recogen los 25 químicos españoles –o científicos de áreas afines– que aparecen referidos en la base de datos del ISI entre los puestos 1 y 1.262 cuando se ordenan en función del número de citas de sus publicaciones. Para lo cual se entra en la base de datos *Essential Science Indicators*,

Tabla 1. Clasificación de las 30 revistas de Química de distintas áreas con mayor índice *h*.

Revista	Área	<i>h</i> (1)	Artículos	<i>f</i>
Chem Rev	QM	193	1.371	20,233
J Am Chem Soc	QM	175	25.977	6,903
Angew Chem Int Edit	QM	131	8.599	9,161
Accounts Chem Res	QM	127	1.015	13,154
Anal Chem	QA	122	9.831	5,450
J Phys Chem B	QF	118	18.006	3,834
Chem Mater	QF	108	6.558	4,103
Langmuir	QF	102	14.218	3,295
J Org Chem	QO	96	15.684	3,462
Chem Commun	QM	95	13.287	3,997
J Med Chem	QMd	89	6.203	5,076
Tetrahedron	QO	88	11.900	2,643
Electrophoresis	QA	85	4.691	3,743
Chem Eur J	QM	84	4.777	4,517
J Phys Chem A	QF	83	13.519	2,639
Organometallics	QI, QO	82	8.649	3,196
Inorg Chem	QI	80	11.132	3,454
J Chromatogr A	QA	80	11.944	3,359
Tetrahedron Lett	QO	80	23.184	2,484
J Catal	QF	75	3.841	4,063
J Agr Food Chem	QAp	75	10.801	2,327
Dalton T	QI	69	6.605	2,926
J Comput Chem	QM	66	1.681	3,168
Chem Res Toxicol	QMd, QM	64	2.383	2,797
Catal Today	QAp, QF	63	3.664	3,108
J Control Release	QM	59	2.654	3,297
Anal Chim Acta	QA	59	7.663	2,588
Rapid Commun Mass Sp	QA	57	3.815	2,750
J Organomet Chem	QI, QO	56	7.544	1,905
Tetrahedron-Assym	QI, QO	55	5.166	2,386

(1) Cuando coinciden los valores de *h*, se ordenan las revistas por el valor de *f* decreciente.

QA = Química Analítica, QAp = Química Aplicada, QF = Química-Física, QI = Química Inorgánica, QM = Química Multidisciplinar, QMd = Química Médica, QO = Química Orgánica.

luego se clasifican los científicos por el número de citas en la sección *Chemistry*. Esta búsqueda se realizó el día 28 de abril de 2006.

Una vez obtenida esta ordenación con sus correspondientes direcciones profesionales, se buscaron los investigadores visitando la *ISI Web of Science* y siguiendo las instrucciones antes mencionadas e introduciendo en la ventana *Address* los siguientes términos: chem OR chim OR quim. Con este criterio se encuentran en las cinco primeras posiciones: A. Corma

Tabla 2. Los 25 primeros investigadores en Química de España (Fecha: 28/04/2006).

Nº España	Nº ISI	Investigador	Artículos	<i>h</i>	Institución
1	52	Corma, A.	597	62	Univ Politec Valencia, CSIC, ITQ, Valencia
2	285	Barcelo, D.	424	48	CSIC, Quim Medioamb, Barcelona
3	378	Lloret, F.	260	39	Univ Valencia, ICMOL, Valencia
4	414	Martin, N.	314	32	Univ Complutense, Quim Org, Madrid
5	431	Elguero, J.	937	45	CSIC, Inst Quim Med, Madrid
6	492	Julve, M.	258	45	Univ Valencia, ICMOL, Valencia
7	514	Yus, M.	354	38	Univ Alicante, Dept Quim Org, Alicante
8	543	Fierro, JLG.	372	31	Inst Catal Petrol, CSIC, Madrid
9	558	Coronado, E.	221	36	Univ Valencia, ICMOL, Valencia
10	583	Solans, X.	540	43	Univ Barcelona, Dept Geologia, Barcelona
11	707	Esteruelas, MA.	212	40	CSIC, Inst Materiales, Zaragoza
12	829	Orozco, M.	219	37	Univ Barcelona, Dept Quim-Fis, Barcelona
13	951	Garcia, H.	277	30	Univ Politec Valencia, CSIC, ITQ, Valencia
14	963	Barluenga, J.	511	37	Univ Oviedo, CSIC, Inst Qui. Org-Met, Oviedo
15	971	Oro, LA.	457	44	Univ Zaragoza, Dept Quim Inorg, Zaragoza
16	1.001	Luque, FJ.	172	35	Univ Barcelona, Dept. Quim-Fis, Barcelona
17	1.023	Cano, J.	115	27	Univ Barcelona, Dept Quim Inorg, Barcelona
18	1.034	Garcia-Granda, S.	380	29	Univ Oviedo, Fac Quim, Inst Org-Met, Oviedo
19	1.079	Martinez, A.	175	26	Univ Politec Valencia, CSIC, ITQ, Valencia
20	1.099	Fontbardia, M.	260	27	Univ Barcelona, Dept Geologia, Barcelona
21	1.185	Alvarez, S.	245	36	Univ. Barcelona, Dept Quim Inorg, Barcelona
22	1.189	Maseras, F.	105	25	Univ Autónoma Barcelona, Dept Quim, Barcelona
23	1.247	Gomez-Garcia, CJ.	126	28	Univ Valencia, ICMOL, Valencia
24	1.234	Cativiela, C.	304	28	ICMA, CSIC, Dept. Quim. Org, Zaragoza
25	1.262	Najera, C.	182	28	Univ Alicante, Dept Quim Org, Alicante

($h = 62$), D. Barceló ($h = 48$), F. Lloret ($h = 39$), N. Martín ($h = 32$) y J. Elguero ($h = 45$). En esta relación hay que destacar a otros científicos españoles con índice h igual o superior a 40; entre éstos se hallan: M. Julve ($h = 45$), X. Solans ($h = 43$), M. A. Esteruelas ($h = 40$) y L. A. Oro ($h = 44$). En todos los casos, no se eliminaron las autocitas.

Otros investigadores españoles que se hallan entre los primeros puestos y que pueden haber desplazado a alguno los que figuran en la lista de la Tabla 2 (cuando aparezca publicado este artículo) son: A. Escuer (Univ Barcelona, Dept Quim Inorg, Barcelona); R. Gómez (Univ Valencia, ICMOL, Valencia); F. Illas (Univ Rovira Virgili, Tarragona); R. Vicente, (Univ Barcelona, Dept Quim Inorg, Barcelona); E. Bosch (Univ Barcelona, Dept Quim Anal, Barcelona); A. Martínez (Univ Politec Valencia, CSIC, ITQ, Valencia); M. A. Pericas (Inst Chem Res Catalonia, Tarragona); A. Riera (Univ Barcelona, URSA, PCB, Barcelona); I. Alkorta (CSIC, Inst Quim Med, Madrid). Para los apellidos Gómez y Martínez aparece más de un investigador y puede ocurrir que el orden que se muestra aquí no sea el correcto. Esta ordenación se ha realizado revisando los apellidos en bloques de 20 en 20 y puede suceder que algún científico español haya pasado

desapercibido. Hay que mencionar que hemos realizado comprobaciones con posterioridad a la fecha referida y, para nuestra sorpresa, hemos encontrado que la mayoría de los investigadores aparecidos en la Tabla 2, se habían desplazado en la lista del ISI en sentido ascendente, lo cual es un claro indicio de que los mejores químicos españoles son cada vez más citados en las revistas científicas de prestigio.

La relación de las instituciones que se muestran en la Tabla 2 indica que los mejores centros de investigación se hallan en la costa mediterránea desde Barcelona (8) a Alicante (2) con la hegemonía de Valencia (7) con cuatro científicos citados en los diez primeros lugares. También son de destacar los departamentos y centros de investigación del interior ubicados en Madrid (3) y Zaragoza (3). Finalmente, en el norte de España destaca Oviedo (2) con dos investigadores en esta relación de 25 científicos.

Como el índice h es relativamente fácil de calcular, un estudiante o un investigador puede comparar instituciones o universidades y saber cual de ellas puede ser más adecuada para recompensar mejor su esfuerzo. La Tabla 3 muestra las universidades públicas españolas ordenadas por su índice h . Los valores del número de publicaciones y el índice h se han

La producción científica de los químicos españoles y el índice h de HirschTabla 3. Clasificación de las universidades públicas españolas por su índice h ⁽¹⁾.

Universidad	Artículos	h	h^*	Universidad	Artículos	h	h^*
Autónoma Madrid	23.641	155	109	Rovira i Virgili	3.941	53	50
Barcelona	35.066	149	115	Politécnica Madrid	5.086	51	40
Valencia	19.402	111	89	Pompeu Fabra	1.916	51	51
Autónoma Barcelona	20.112	107	80	Málaga	5.495	48	43
Complutense Madrid	29.383	105	83	Castilla-La Mancha	2.898	47	38
Sevilla	12.512	81	56	León	2.495	46	26
Oviedo	9.242	81	69	UNED	3.130	45	30
Zaragoza	11.434	80	68	Miguel Hernández	1.851	45	45
Granada	14.194	78	59	Vigo	4.376	44	41
Pública Navarra	7.761	76	61	Lleida	1.268	40	37
País Vasco	9.721	74	59	Cádiz	2.785	39	32
Salamanca	8.677	70	59	Carlos III	2.492	38	33
Murcia	7.568	70	52	A Coruña	2.333	37	31
Politécnica Valencia	5.805	69	54	Jaume I	2.196	37	34
Alicante	5.482	69	55	Las Palmas Gran Canaria	1.876	37	28
Santiago Compostela	11.085	68	58	Girona	1.755	37	32
Valladolid	6.298	65	49	Almería	1.743	33	30
Córdoba	9.575	64	50	La Rioja	863	32	25
Extremadura	4.804	61	44	Jaén	1.938	28	27
Illes Balears	3.715	60	44	Huelva	790	28	28
Politécnica Catalunya	7.420	59	50	Burgos	760	21	20
Cantabria	4.229	59	49	Politécnica Cartagena	709	18	13
Alcalá	5.983	58	45	Rey Juan Carlos	759	17	17
La Laguna	6.134	56	44	Pablo de Olavide	406	17	17

⁽¹⁾ El índice h corresponde al periodo 1945–2006, mientras que el de h^* se refiere al decenio 1996–2005. Cuando coinciden los valores de h , se ordenan las universidades por el número de artículos decreciente.

obtenido de forma general, sin introducir ningún tipo de restricciones ni distinción de materias para el periodo 1945–2006, mientras que el índice h^* se ha determinado para el decenio 1996–2005 con el fin de eliminar la dependencia con la antigüedad. De sus datos se infiere que, en general, el índice h es un indicador aceptable para comparar el nivel de calidad en la investigación de cada universidad, aunque, debe tenerse en cuenta la titulación que se quiera cursar y el área de conocimiento, aspectos que deben resolverse con búsquedas más precisas.

Es interesante destacar que entre las universidades con un índice h superior a 100 se hallan las siguientes: Autónoma de Madrid (155), Barcelona (149), Valencia (111), Autónoma de Barcelona (107) y Complutense de Madrid (105). Los índices de las universidades españolas de primer rango son claramente inferiores a los de universidades de elite estadounidenses (Stanford, $h = 419$; Berkeley, $h = 328$)^[14] y universidades europeas de mayor prestigio (Gran Bretaña: Cambridge, $h = 324$; Oxford, $h = 318$; Bristol, $h = 216$; Manchester, $h = 206$. Alemania: Heidelberg, $h = 266$; Munich, $h = 260$; Mainz, $h = 201$. Francia: París XI, $h = 197$), pero

pueden compararse con algunas universidades estadounidenses de nivel medio, como la de Maine ($h = 106$), o de países europeos de nuestro entorno (Leeds, $h = 181$; París VI, $h = 169$; Bonn, $h = 168$; Fráncfort, $h = 165$; París VII, $h = 155$; Montpellier, $h = 130$; París V, $h = 122$). Estos datos puede ser un aliciente para que los jóvenes químicos puedan desarrollar su carrera profesional en España. Además, hay que tener presente que un importante número de investigadores de los centros españoles de mayor prestigio se encuentran entre los más citados en sus respectivas áreas.

La mayor parte de los científicos españoles que más publican en el área de la química, según la clasificación del ISI, pertenecen en su mayoría a alguna de las universidades que se muestran en los primeros lugares de la Tabla 3, a pesar de que la búsqueda de las publicaciones de las universidades se ha realizado de forma general, sin ningún tipo de restricciones, como ya se ha indicado más arriba. Hay que hacer notar que la mayoría de los investigadores que se muestran en la Tabla 2 pertenecen a centros mixtos Universidad-CSIC o a institutos de investigación de la correspondiente universidad.

Fiabilidad de las búsquedas para la determinación de h

El índice h es un nuevo indicador a considerar, entre otros, para llevar a cabo una evaluación formal de la calidad investigadora de un autor o de una institución, pero es preciso indicar que aunque su cálculo, tal como se ha indicado, parece ser relativamente fácil, en ocasiones, esta tarea se ve complicada por circunstancias como: apellidos comunes y/o apellidos y nombres de pila compuestos. Aunque es fácil para los casos de A. Corma o M. Yus, no lo es tanto para N. Martín o H. García. Por otra parte, la introducción de la información realizada por los responsables de mantener la base de datos puede conducir a errores, como señala J. Elguero en este mismo número.^[15] Además, existe información científica relevante que no ha sido incluida en la base de datos del ISI *Science Citation Index Expanded*, SCI-EXPANDED, 1945–2006,^[16] por diversas causas, por ejemplo, i) trabajos publicados en una revista no incluidos (o incluidos con posterioridad) en el ISI; b) libros y/o capítulos de libros y c) patentes. Hay que tener en cuenta que para evaluar la investigación en las áreas aplicadas, ésta no siempre tiene como resultado la publicación, puesto que muchos investigadores o industrias prefieren patentar los resultados de sus investigaciones que publicarlos en revistas científicas.

Otro problema importante para una determinación rigurosa del índice h es la eliminación de las autocitas. Este proceso, tal como se ha mencionado con anterioridad, es muy difícil de realizar cuando se tiene un elevado número de artículos con varios autores en el caso de una evaluación de un autor individual y es casi imposible de realizar para una institución o país. Por ello, en los datos aportados en este trabajo no se ha realizado.

Utilidad del índice h

Sin lugar a dudas, el índice h representa un avance para la evaluación y comparación de los currícula entre pares o iguales, cuando éstos son muy semejantes, y aunque no es concluyente cuando se trata de evaluar o comparar trayectorias individuales, sí puede ser de utilidad para análisis más generales, como los que se emplean en el baremo de currícula en oposiciones, evaluación de proyectos de investigación, concesión de becas y premios, reclutamiento de científicos, promoción de profesores e investigadores, etcétera. Así, Hirsch en su artículo considera que puede ser aplicado para la obtención de una plaza de profesor o investigador en una universidad estadounidense. Asigna un valor de $h = 12$ para un puesto de profesor titular y de $h = 18$ para una cátedra.^[1,14] En nuestro país, estos números quizás puedan resultar elevados, pero pueden servir de referencia para acceder a plazas equivalentes.

Los jóvenes investigadores españoles cada vez cuentan en su CV científico con trabajos de mayor calidad publicados en las revistas de mayor prestigio en sus áreas de conocimiento y, por tanto, sus índices h se acercan rápidamente a los investigadores de otros países de mayor cultura investigadora. En este sentido, hemos realizado el estudio de uno de los jóvenes investigadores del Departamento de Química Inorgánica de la Universidad el País Vasco: Óscar Castillo (31 años), doctor en Ciencias Químicas y profesor a tiempo completo. En la base

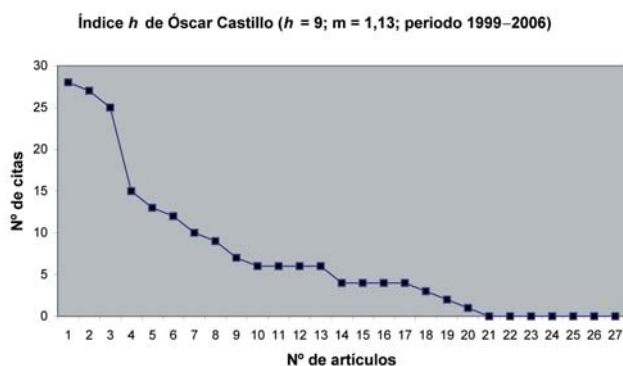


Figura 2. Índice h de Óscar Castillo ($h = 9$; $m = 1,13$) para el periodo 1999–2006.

de datos del ISI *Web of Knowledge* se obtienen hasta el año 2006: 27 publicaciones², la primera de ellas data de 1999. En la Figura 2 se muestra la variación del número de citas frente al número de artículos publicados.

Entre los artículos más citados se hallan dos publicaciones en la revista *Inorganic Chemistry* de los años 2001 ($h = 28$, nº 1) y 2000 ($h = 25$, nº 3) y un trabajo en *Polyhedron* de 1999 ($h = 27$, nº 2). En el otro extremo, se encuentran publicaciones sin citas, como son dos artículos publicados recientemente en *Inorganic Chemistry* (2005) y en *Dalton Transactions* (2006). Su índice de Hirsch es de 9^3 (eliminadas las autocitas) en 8 años (periodo 1999–2006). Esto da un valor de $m = h/n^\circ$ de años = $9/8 = 1,13$ ($m > 1$), lo cual es un resultado muy aceptable para un joven investigador, cuyos artículos han sido publicados en los últimos años y, por lo tanto, han contado con un periodo de tiempo muy corto para ser referenciados por otros autores.

No obstante, hay algunas observaciones sobre el uso del índice h en política científica que deben tenerse en cuenta, como son: i) los índices h son diferentes en áreas científicas distintas, ii) depende del número de años de la actividad del investigador evaluado, iii) grupos grandes se benefician de índices h más altos, ya que éste no está corregido respecto al número de autores y/o su contribución real. Recientemente, ha aparecido un interesante artículo titulado: *Is it possible to compare researchers with different scientific interests?* que corrige el índice h en función del número de sus autores y lo aplica a investigadores brasileños de los cuatro campos de investigación siguientes: Biología/Biomedicina, Física, Matemáticas y Química.^[4b]

De todo lo anterior, se pueden extraer algunas sugerencias para la mejora de las búsquedas de la información científica. Sería de gran utilidad que tanto los individuos como las instituciones tuvieran un código que los identifique universalmente, del mismo modo que se hace para los libros a través del ISBN, las revistas científicas con el ISSN o los productos químicos por su correspondiente CASRN. Esto evitaría el problema de los apellidos comunes y los distintos nombres

² En la base de datos de *SciFinder Scholar* 2006 de la ACS se han encontrado 28 publicaciones, es decir, un artículo más del año 2006 que todavía no aparece en la base de datos del ISI *Web of Knowledge*. Sin embargo, en la base de datos *Scopus* se han hallado 26 publicaciones para el mismo periodo.

³ Cuando se utiliza la base de datos *Scopus* resulta un índice $h = 8$ después de eliminar las autocitas del autor.

La producción científica de los químicos españoles y el índice *h* de Hirsch

datos para una misma institución. Así, por ejemplo, la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) aparece en la base de datos del ISI como Universidad del País Vasco, pero también como Euskal Herriko Unibertsitatea, Basque Country University, País Vasco University e incluso como EHU y UPV. Además, las siglas UPV coinciden con las utilizadas en algunos artículos de investigadores de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y algunos de sus centros asociados.

A modo de ejemplo, se puede comprobar que las grandes corporaciones o firmas del sector químico o farmacéutico y los organismos científicos que tienen un nombre único o se les identifica siempre por las mismas siglas como: Basf, CSIC, Dow Chemical Company, Merck, MIT y Novartis se pueden evaluar fácilmente. Así, se ha calculado para todas ellas el índice *h* y el número de artículos publicados en el periodo 1996–2005 y se obtienen los siguientes valores cuando se ordenan por su índice *h* (sin corregir las autocitas): MIT, 256, 39.738; Merck, 172, 13.843; CSIC, 133, 44.934; Novartis, 130, 8.972; Basf, 60, 2.360 y Dow Chemical Company, 49, 1.800.

En cualquier base de datos siempre es más sencillo buscar por un identificador numérico o alfanumérico que por nombres o siglas. De aquí que un individuo se podría identificar a través de su Número Universal de Registro de Personal Investigador (NURPI) y una institución por medio de su Número Universal de Registro del Centro de Investigación (NURCI).

Por otra parte, a la hora de ser evaluados los currícula de investigadores por los organismos públicos, sería muy conveniente que los propios científicos interesados incluyeran su índice *h* personal y el número de veces que sus trabajos han sido citados (corregidas, en ambos casos, las autocitas).

Epílogo

Resulta claro que el índice *h* intenta promediar productividad con impacto científico. No obstante, las limitaciones y tendencias de este índice resultan ser conclusiones evidentes al contemplar las Tablas 1 y 2: favorece a grupos, instituciones o revistas con una alta producción, a grupos que publican temas en boga o comunes a un número alto de investigadores; puede dejar en posiciones bajas a autores que trabajan en grupos pequeños, o en temas difíciles o poco productivos o poco generalizados, pero no por ello sin influencia en el futuro; es poco fiable en el caso de jóvenes profesionales, por ejemplo, becarios o personas al principio de su carrera (porque se requiere un cierto número de artículos y de citas, lo que necesita algunos años de acumulación).

Algunos autores introducen factores de corrección para el número de coautores y las diferentes áreas de conocimiento,^[4] incluso debería matizarse dentro de una misma área el campo de investigación. Por otro lado, no ofrece grados de comparación entre los artículos y otras publicaciones como son: las patentes, los libros y los capítulos de libros; además, tampoco recoge los artículos publicados en revistas que no aparecen en la base de datos del *Journal Citation Reports*. La evaluación de la investigación en las áreas aplicadas, no siempre conduce a la publicación, puesto que muchos investi-

gadores o compañías prefieren patentar los resultados de sus investigaciones antes de publicarlos en revistas científicas. En general, se aboga por las nuevas tendencias a generar conocimiento en los centros de investigación en forma de *spin-offs*, patentes o modelos de utilidad; sin embargo, la realidad es otra muy distinta: el índice *h* no tiene en cuenta estos factores y algunas comisiones de evaluación tampoco los valoran en sus justos términos.

Por ello, el índice *h* es un indicador, que si se tiene en cuenta para clasificaciones, debe manejarse con cautela y conocer sus peculiaridades y sesgos, que aparecerán y se conocerán después de su uso. Con este artículo ofrecemos un tema que queda abierto a debate entre la comunidad científica.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Educación y Ciencia y la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea el apoyo financiero recibido a través de los Proyectos de Investigación (MAT2005–03047) y (PIE 03/2006), respectivamente. Asimismo, hacen constar su agradecimiento a Miguel A. Ciriano y José A. Peña, que con sus sugerencias y comentarios han mejorado el manuscrito original.

Referencias

- [1] J. E. Hirsch, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **2005**, *102*, 16569–16572. Se puede encontrar en: <http://arxiv.org/abs/physics/0508025>.
- [2] P. Ball, *Nature* **2005**, *436*, 900–900.
- [3] S. B. Popov, **2005**, Se puede encontrar en: <http://arxiv.org/abs/physics/0508113>.
- [4] a) P. D. Batista, M. G. Campiteli, O. Kinouchi, A. S. Martinez, **2005**. Se puede encontrar en: <http://xxx.sf.nhc.gov.tw/pdf/physics/0510142>. b) P. D. Batista, M. G. Campiteli, O. Kinouchi, A. S. Martinez, **2006**. Se puede encontrar en: <http://tinyurl.com/gp67g>.
- [5] L. Bornmann, H.-D. Daniel, *Scientometrics* **2005**, *65*(3), 391–392.
- [6] E. Garfield, *Science* **1955**, *122*, 108–111.
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Impact_Factor, **2006**.
- [8] T. Braun, W. Glänzel, A. Schubert, *Scientist* **2005**, *19*(22), 8–8. Se puede encontrar en: http://www.steunpuntoos.be/WG_Papers/Scientist_19_22_8.pdf.
- [9] A. M. Echavarren, *El País*, Sociedad, Futuro, 12 de octubre de **2005**, p. 33.
- [10] J. Imperial, A. Rodríguez-Navarro **2005**, pp 1–10. Se puede encontrar en: http://www.bit.etsia.upm.es/Imperial_Rodriguez-Navarro.pdf.
- [11] E. Jiménez-Contreras, F. de Moya Anegón, E. Delgado López-Cozar, *Research Policy* **2003**, *32*, 123–142.
- [12] R. García, *El País*, Sociedad, Futuro, 21 de diciembre de **2005**, p. 35.
- [13] G. Buela-Casal, *Psicothema* **2003**, *15*, 23–25.
- [14] J. M. R. Parrondo, *Investigación y Ciencia* **2006**, *354*, 88–89.
- [15] J. Elguero, *An. Quím.* **2006**, *102*(2), 18–24.
- [16] <http://portal.isiknowledge.com/portal.cgi?DestApp=WOS&Func=Frame>