

# DOS NUEVOS ÍNDICES INDEPENDIENTES DE LA DISCIPLINA PARA CUANTIFICAR LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA INDIVIDUAL\*

**M. E. Valentinuzzi\*\***

**E. Laciai \*\*\***

**J. L. Atrio \*\*\*\***

## CONTENIDO

**INTRODUCCIÓN**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**  
**RESULTADOS**  
**DISCUSIÓN**

**Reconocimientos**

**Bibliografía**

- (\*) El presente trabajo fue presentado en el XVI Congreso Argentino de Bioingeniería, San Juan, Argentina, sept. 26-28, 2007; y publicado en el Journal of Physics: Conference Series 90 (2007) 012018, doi:10.1088/1742-6596/90/1/012018 (<http://www.iop.org/EJ/toc/1742-6596/90/1>), 12/2007. E-mail: maxvalentinuzzi@arnet.com.ar
- (\*\*) Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (INSIBIO), Universidad Nacional de Tucumán y CONICET, Tucumán, Argentina
- (\*\*\*) Gabinete de Tecnología Médica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan y CONICET, San Juan, Argentina
- (\*\*\*\*) Gerencia de Evaluaciones, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

# DOS NUEVOS ÍNDICES INDEPENDIENTES DE LA DISCIPLINA PARA CUANTIFICAR LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA INDIVIDUAL

**M E Valentinuzzi**  
**E Laciari**  
**J L Atrio**

**Abstract.** El interés en cuanto a la medición cuantitativa de la producción científica ha estado creciendo constantemente debido al aumento en la cantidad de evaluaciones de candidatos a nuevas posiciones y promociones en carreras académicas. Recientemente, un nuevo índice "H" fue propuesto; se basa en una relación hiperbólica entre el número de citas y el número de trabajos de un investigador dado, que se interseca o corta con la línea recta de igualdad. El punto de corte da el número de los trabajos que recibieron una cantidad de citas "H" en un período de tiempo predeterminado. Tal índice no considera la contribución de los trabajos menos citados y depende fuertemente de la disciplina. Seguidamente, utilizando la idea del punto de corte de Hirsch, proponemos dos nuevos índices normalizados, selectividad "S" y amplitud "A", que son independientes de la disciplina y que consideran el espectro entero de trabajos publicados y citados. El método propuesto fue aplicado en 100 científicos utilizando información obtenida de la base SCOPUS. La función potencial surgió como el mejor ajuste a los datos. Los coeficientes de correlación fueron siempre altos ( $r = 0.79 \pm 0.11$ ). La mayoría de los autores exhibieron una selectividad marcada porque un investigador típico se concentra en sólo un tema o quizás algunos, por lo que no predominó un alcance amplio. En la conclusión, estos parámetros se proponen como una forma de complementar el proceso de evaluación de un candidato.

## **INTRODUCCIÓN**

Desde que Eugene Garfield (1955), del Institute for Scientific Information (ISI), Philadelphia, introdujo el concepto de factor de impacto (FI)<sup>1</sup>, el interés en la medición cuantitativa de la producción científica ha estado creciendo constantemente. Entre otras razones, este interés resulta de la necesidad de contar con metodologías mejoradas para ser utilizadas en la evaluación de los candidatos para las nuevas posiciones y promociones en carreras científicas y académicas.

Recientemente, Hirsch, en 2005, propuso un nuevo índice basado en ciertos supuestos aceptables, que condujeron a una relación hiperbólica -desplazada- entre el número de citas y el número de trabajos de un investigador dado<sup>2</sup>. La intersección de tal curva con la línea recta de igualdad produce un índice, llamado H, que es el número de los trabajos que recibieron al menos una cantidad de citas (H) en un período del tiempo predeterminado. Sin embargo, tal índice no considera la contribución de los trabajos menos citados y, como el factor tradicional de impacto, depende fuertemente de la disciplina.

El presente artículo, utilizando como referencia el esquema propuesto por Hirsch respecto del punto de corte, propone dos nuevos índices normalizados, el de selectividad "S" y el de amplitud "A", que son independientes de la disciplina y que consideran el espectro entero de trabajos publicados y citados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El número total de casos analizados fue de 100 científicos de diversos niveles, de las ciencias físicas, biológicas y biomédicas, incluyendo entre éstos los casos estudiados por Hirsch en su trabajo. La base de datos SCOPUS fue la utilizada para obtener la información de la cantidad de documentos publicados por cada investigador, así como el número de citas por trabajo. El período total de publicaciones que abarca este estudio comienza en el año 1965 llegando hasta el 2006, es decir, las cuatro décadas cuya información proporcionaba la base de datos mencionada. No se incluye en el análisis el área de humanidades.

<sup>1</sup> GARFIELD, E. (1955) Citation indexes for science. *Science* 122 108-111

<sup>2</sup> Hirsch, J. E. (2005) An index to quantify an individual's scientific research output. *Proc New York Academy Sciences*. Published online Nov 7, 2005; *PNA*; doi:10.1073/pnas.0507655102

Para cada científico se realizó un gráfico de dispersión donde en el eje y se representó el número de citas por trabajo, y en el eje x la cantidad de trabajos. Luego, sobre la nube de puntos del esquema se realizó el ajuste matemático de acuerdo a la función potencial  $y = ax^{-b}$ , calculando también el coeficiente de correlación  $r$  y el punto de corte con el valor de la recta  $y = x$ , obteniendo así el valor H:  $\text{Log } H = \text{Log } a / (1 + b)$ .

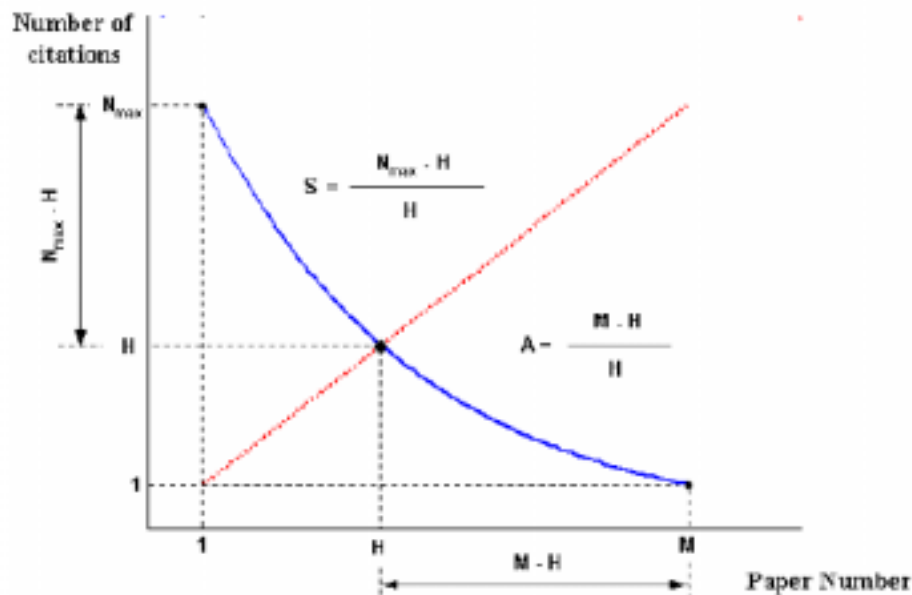
De acuerdo a lo esperado, todos los autores tienen siempre un trabajo ( $x = 1$ ) con un número máximo de citas ( $N_{\text{max}}$ ) y un número ( $M$ ) de trabajos con apenas 1 cita ( $y = 1$ ), de esta manera la curva resultante llega hasta estos dos puntos extremos (fig. 1). Además, definimos selectividad  $S$  como:

$$S = (N_{\text{max}} - H) / H \quad (1)$$

y amplitud o alcance  $A$  como:

$$A = (M - H) / H \quad (2)$$

Ambos parámetros fueron obtenidos en función del H utilizando en cada caso sus propios valores de referencia, cosa que estaría manteniendo la independencia respecto de la disciplina del investigador (fig. 1). Luego, se obtuvo la relación  $S/A$  para cada caso, además del coeficiente de correlación, su desvío estándar (SD) y el rango (diferencia entre los valores máximos y mínimos).

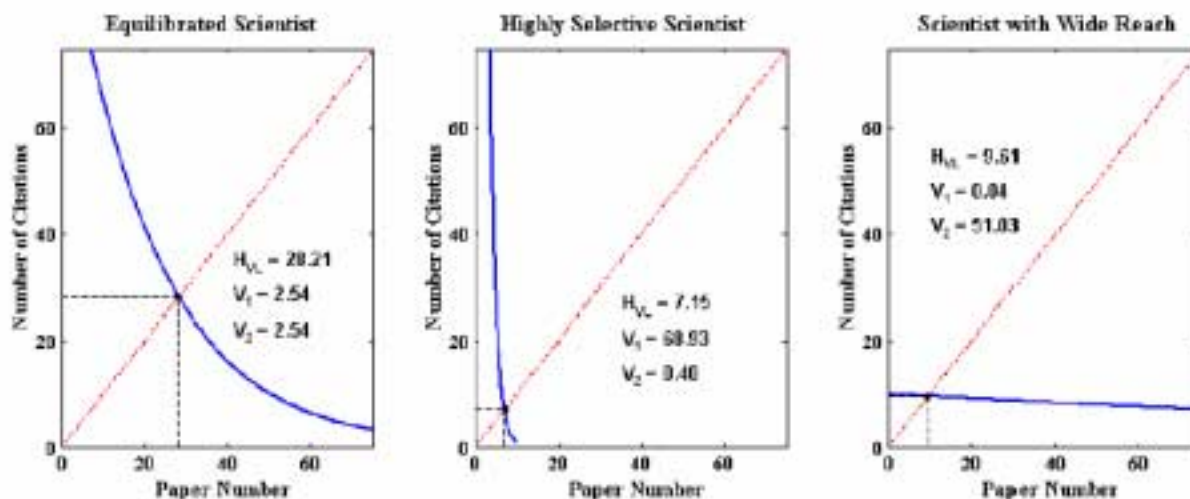


**Figura 1:** número de citas en el eje vertical 'y' versus número de trabajos en el eje horizontal 'x'. La curva "cuelga" de los puntos (1,  $N_{\text{max}}$ ) y ( $M$ , 1), disminuyendo monótonicamente. La línea recta de igualdad también se presenta con el punto de corte en la función produciendo así el valor H, según lo definido por Hirsch.

La figura 2 identifica las diferencias esperadas en los distintos tipos de comportamiento, es decir:

- Tipo A: una curva simétrica que representa a lo que se podría denominar como un *científico equilibrado* en función de la cantidad de publicaciones y citas que posee.
- Tipo B: una curva pronunciada, estrecha y no simétrica, desplazada hacia la izquierda, lo cual representaría a un *científico altamente selectivo*, muy conocido por la comunidad y muy citado en un tema específico; y
- Tipo C: una curva corta a izquierda y extendida hacia la derecha del gráfico, representando a un científico que no es destacado en un tema en particular pero con una gran producción en cuanto a la cantidad de trabajos publicados (muchísima amplitud).

**Figura 2:** tres comportamientos hipotéticos posibles: En el lado izquierdo, un científico equilibrado (tipo A); en el centro, uno altamente selectivo (tipo B); y en la derecha, un científico con amplia



alcance y baja selectividad (tipo C). Los valores numéricos demostrados en la figura fueron elegidos para producir los comportamientos descritos.

Por otra parte, fuera de la muestra total, 40 casos fueron elegidos aleatoriamente como ejemplo para probar otros cuatros tipos de ajustes, a saber, hiperbólica, exponencial, parabólica y cúbica. Debe destacarse que la función potencial coincide con la hiperbólica cuando el exponente  $b = 1$ ; algunos casos verdaderos pueden fallar en esta situación particular. También se destaca que la hipérbola usada por Hirsch<sup>3</sup> está desplazada hacia arriba y a la derecha, es decir, sigue la forma  $y = k/(x - x_0)$ .

## RESULTADOS

En las tablas 1, 2 y 3 se detallan los resultados obtenidos sobre un conjunto de 100 científicos que desarrollaron su actividad en tres áreas del conocimiento (Ciencias Exactas y Naturales, con 27 casos; Ciencias Biomédicas, con 46 ; y Ciencias de la Ingeniería y Tecnológicas, con 27). Los nombres están ordenados en forma decreciente según los valores de S/A (6º columna). A partir de una simple inspección visual se ve claramente una tendencia hacia la selectividad.

La figura 3 muestra dos casos que representan la primera de las 3 categorías descritas previamente (Tipo A), entre ambos se ve la diferencia entre los niveles individuales de selectividad (S) y amplitud (A) de estos científicos respecto de su producción. Las figuras 4 y 5, respectivamente, ejemplifican las otras dos tipologías definidas (Tipo B y C). La figura 6 describe los otros ajustes realizados, independientemente del potencial, con los datos de dos investigadores incluidos en los casos de estudio. El valor H que resultaría de la aplicación de la hipérbola desplazada de Hirsch (no incluida en estas figuras) da en todos casos una curva más elevada que con el resto de los ajustes.

<sup>3</sup> Hirsch, J. E. (2005) An index to quantify an individual's scientific research output. *Proc New York Academy Sciences*. Published online Nov 7, 2005; *PNA*; doi:10.1073/pnas.0507655102

**Tabla 1:** Lista de 27 científicos con publicaciones en el área de Ciencias Exactas y Naturales. La mayoría de ellos son físicos. Columnas de izquierda a derecha: nombre, índice de H calculado con la hipérbola de Hirsch, H calculado con el ajuste del potencial, selectividad S, amplitud A, cociente de S/A, coeficiente de correlación del ajuste, observaciones.

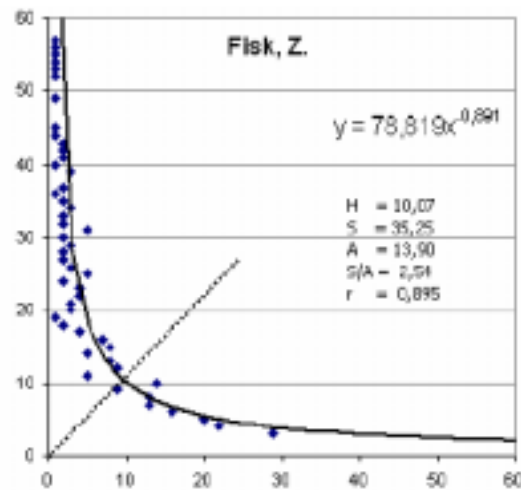
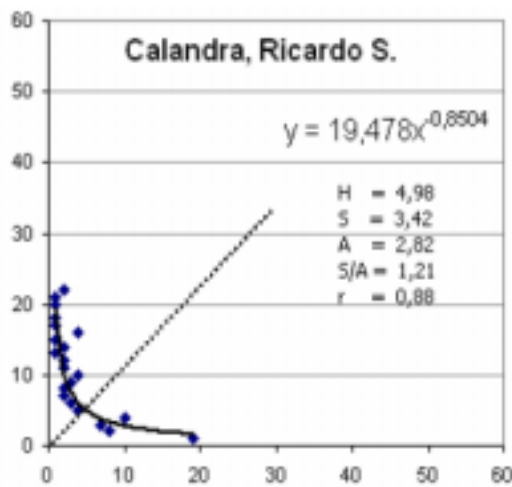
EXACT & NATURAL SCIENCES							
Name	H(h)	H	S	A	S/A	r	Observations
Vafa, C	66	4,82	165,51	0,04	4342,63	0,4608	from Hirsch's paper
Anderson, P.W.	91	3,57	427,23	0,12	3551,76	0,5851	from Hirsch's paper
Grigera, J.R.		3,70	481,09	0,62	773,10	0,6286	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Hawking, S.W.	62	3,70	56,83	0,08	702,33	0,5005	from Hirsch's paper
Bahcall, J.N.	77	6,22	67,29	0,12	539,06	0,6454	from Hirsch's paper
Pallotti, G.		1,76	45,11	0,14	325,85	0,6742	University of Bologna, Italy
Louie, S.G.	70	5,58	144,68	0,61	236,14	0,8145	from Hirsch's paper
Scalapino, D.J.	75	6,24	100,44	0,44	227,09	0,6562	from Hirsch's paper
Jackiw, R.	69	4,21	37,96	0,19	202,09	0,6827	from Hirsch's paper
deGennes, P.G.	79	6,51	69,40	1,15	60,24	0,7747	from Hirsch's paper
Heeger, A.J.	107	10,74	121,40	2,26	53,71	0,8479	from Hirsch's paper
Wilczek, F.	68	5,48	109,88	2,47	44,58	0,7257	from Hirsch's paper
Grosse, C.		4,00	10,00	0,25	39,96	0,6554	Senior Investigator - CONICET (Arg)
Gross, D.J.	66	4,53	30,12	0,99	30,54	0,6984	from Hirsch's paper
Blesa, M. A.		5,07	15,17	0,58	26,25	0,7566	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Previtali, C. M.		4,80	6,29	0,25	25,15	0,5374	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Cohen, M.L.	94	5,48	14,69	0,64	22,87	0,8439	from Hirsch's paper
Dresselhaus, M.S.	62	9,69	100,84	4,57	22,06	0,8599	from Hirsch's paper
Parisi, G.	73	6,84	21,07	1,78	11,86	0,8165	from Hirsch's paper
Cardona, M.	86	10,20	28,62	3,02	9,47	0,8730	from Hirsch's paper
Rüveda, E.A.		3,37	8,48	1,07	7,90	0,8530	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Gossard, A.C.	94	10,13	30,58	5,91	5,18	0,8839	from Hirsch's paper
Maple, M.B.	66	9,13	28,01	5,46	5,13	0,9238	from Hirsch's paper
Castagnino, M. A.		3,92	6,66	1,55	4,29	0,7942	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Herbst, R.		3,54	2,11	0,70	3,03	0,7018	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Fisk, Z.	75	10,07	35,25	13,90	2,54	0,8949	from Hirsch's paper
Valentinuzzi, M.E.		4,20	5,90	3,28	1,80	0,8664	IEEE Fellow
<b>Mean</b>		<b>5,70</b>	<b>81,14</b>	<b>2,24</b>	<b>417,65</b>	<b>0,74</b>	
<b>STD</b>		<b>2,39</b>	<b>116,91</b>	<b>4,32</b>	<b>1045,38</b>	<b>0,13</b>	

**Tabla 2:** Lista de 46 científicos con publicaciones en el área de Ciencias Biomédicas. Las columnas de izquierda a derecha presentan la misma información que en la tabla anterior, excepto por el índice H(h) para el cual los valores no fueron calculados.

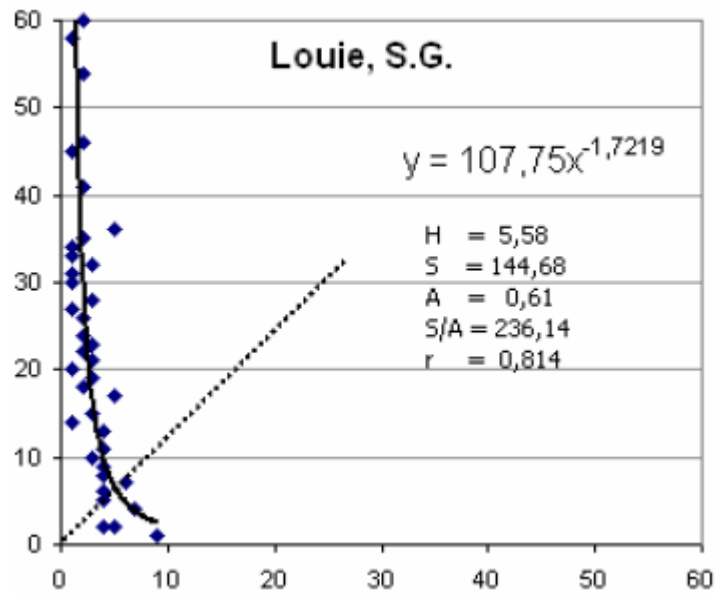
BIOMEDICAL SCIENCES						
Name	H	S	A	S/A	r	Observations
Baan, J.	5,20	68,68	0,15	443,51	0,7145	Leiden University, Netherlands
Boveris, A. A.	6,58	255,87	0,82	310,15	0,7620	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Crick, F. H.C.	3,81	92,02	0,31	293,20	0,6258	Nobel Prize
Felice, C. J.	2,91	8,97	0,03	281,99	0,5818	Junior Senior Investigator - CONICET (Arg)
De Bold, A.	4,52	140,32	0,77	182,40	0,7201	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Kass, D. A.	7,67	88,22	0,57	156,07	0,7761	Johns Hopkins University
Savino, G. V.	1,86	9,22	0,08	121,75	0,9743	Junior Investigator - CONICET (Arg)
Wiley, V.	3,07	36,12	0,30	119,47	0,7181	Hospital of Westmead, Australia
Wilkins, M.H.	2,49	23,10	0,21	112,63	0,7996	Nobel Prize
De Mendoza, D.	4,00	19,75	0,25	78,93	0,7971	Senior Investigator - CONICET (Arg)
Morero, R.	3,68	6,34	0,09	72,79	0,6388	Senior Investigator - CONICET (Arg)
Braunwald, E.	11,63	386,68	5,97	64,82	0,8296	Harvard University, Boston, USA
Maggio, B.	5,65	11,56	0,24	48,47	0,7036	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Uchitel, O.D.	3,83	34,75	0,83	42,03	0,7118	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Guallemin, R.	5,63	116,85	3,08	37,91	0,8545	Nobel Prize
Pasquini, J. M.	4,31	14,78	0,39	37,68	0,8146	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Birnbaumer, L.	7,67	48,41	1,35	35,95	0,7942	NIH, USA
Soto, E.F.	3,96	16,19	0,77	21,04	0,8674	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Luly, P.	3,64	7,53	0,38	20,07	0,7137	University of Rome Tor Vergata, Italy
Wolosiuk, R.	4,13	8,70	0,45	19,14	0,6154	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Torres, H.	4,60	9,64	0,52	18,53	0,8100	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Catt, K. J.	10,99	28,22	1,64	17,21	0,8728	NIH, USA
Mordoh, J.	4,03	27,03	1,73	15,64	0,7824	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Maccioni, H.	4,59	8,80	0,74	11,85	0,6540	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Charreau, E. H.	5,18	17,52	1,70	10,30	0,8454	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Miceli, D.	2,77	4,42	0,45	9,91	0,6366	Senior Investigator - CONICET (Arg)
De Nicola, A. F.	6,18	11,45	1,26	9,06	0,7665	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Barrantes, F. J.	5,52	8,59	0,99	8,67	0,8521	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Geddes, L.	7,45	48,13	6,11	7,87	0,8562	Purdue University, USA
Sterin-Borda, L. J.	6,74	13,40	1,82	7,36	0,9260	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Farias, R. N.	5,00	11,41	1,60	7,12	0,8379	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Podestà, E. J.	4,85	5,39	0,86	6,30	0,8718	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Affanni, J.	3,80	6,63	1,11	6,00	0,8682	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Libertun, C.	5,34	6,49	1,62	4,00	0,8140	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Weissenbacher, M.	4,90	10,82	2,87	3,77	0,7778	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Segura, E. T.	3,40	6,05	1,64	3,68	0,8165	Senior Investigator - CONICET (Arg)
Coussio, J.	5,32	5,20	1,63	3,19	0,7945	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Garrahan, P. J.	4,24	7,96	3,01	2,65	0,8492	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Moguilevsky, J. A.	4,78	9,47	4,03	2,35	0,8034	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Goñi, F. M.	7,03	42,26	19,92	2,12	0,8445	Universidad del País Vasco, Bilbao, Spain
Cardinali, D.P.	9,01	6,88	4,66	1,48	0,9225	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Calandra, R. S.	4,98	3,42	2,82	1,21	0,8775	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Martinez Rios, M. A.	3,74	4,88	4,34	1,12	0,9251	Instituto Nacional de Cardiología, Mexico
Yalow, R. S.	5,41	5,29	4,92	1,08	0,9145	Nobel Prize
Bravo González, J.	2,37	1,11	1,95	0,57	0,7026	Instituto de Medicina Tropical P. Kouri, Cuba
Aguera Fernández, L. G.	2,43	1,06	1,88	0,56	0,9989	Hospital Reyes Católicos, Burgos, Spain
<b>Mean</b>	<b>5,02</b>	<b>37,08</b>	<b>2,02</b>	<b>57,90</b>	<b>0,80</b>	
<b>STD</b>	<b>2,05</b>	<b>69,92</b>	<b>3,12</b>	<b>97,81</b>	<b>0,10</b>	

**Tabla 3:** Lista de 27 científicos con publicaciones en el área de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Las columnas de izquierda a derecha presentan la misma información que en la tabla 1, excepto por el índice H(h) para el cual los valores no fueron calculados.

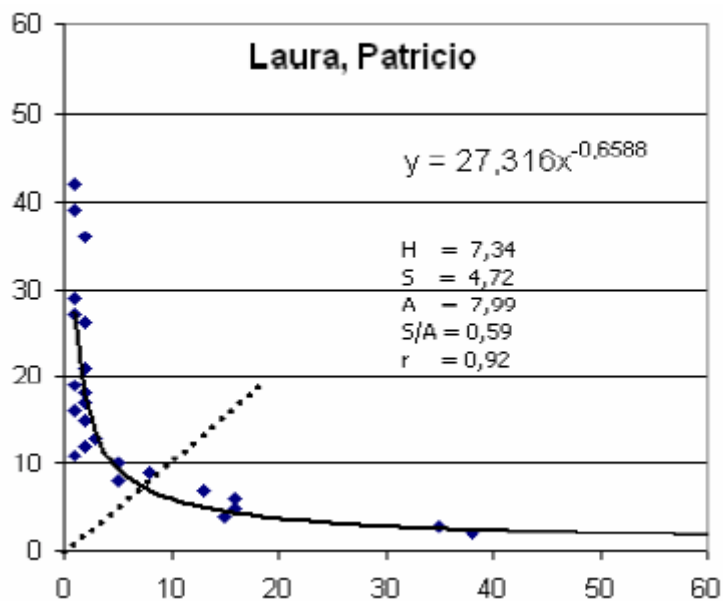
ENGINEERING & TECNOLOGICAL SCIENCES						
Name	H	S	A	S/A	r	Observations
Hirosaki, Botaro	1,74	33,50	0,15	223,27	0,7649	IEEE Fellow
Chiacchiarini, Héctor G.	1,84	8,24	0,09	94,14	0,9560	Junior Investigator - CONICET (Arg)
Long, Stuart A.	3,82	42,95	1,62	26,58	0,7363	IEEE Fellow
Sanderson, Arthur C.	5,45	30,36	1,57	19,37	0,8299	IEEE Fellow
Matsuse, Kouki	4,42	36,10	1,94	18,60	0,8079	IEEE Fellow
Bonissone, Piero P.	2,99	11,71	0,67	17,43	0,8583	IEEE Fellow
Bonnett, Austin	3,45	22,47	1,32	17,05	0,8653	IEEE Fellow
Habetler, Thomas	5,52	24,56	1,54	15,97	0,8131	IEEE Fellow
Signorelli, Javier W.	2,36	3,23	0,27	12,01	0,8867	Junior Investigator - CONICET (Arg)
Jardini, José Antonio	1,95	5,68	0,54	10,48	0,6872	IEEE Fellow
Elaskar, Sergio A.	2,23	3,03	0,34	8,80	0,9553	Junior Investigator - CONICET (Arg)
Bridger, Baldwin	2,31	6,36	0,73	8,69	0,8598	IEEE Fellow
Siferiz, Faustino	4,48	11,49	1,45	7,91	0,8814	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
Tranter, William H.	2,84	4,29	0,76	5,62	0,7822	IEEE Fellow
Sikora, Jorge Antonio	3,07	1,61	0,30	5,28	0,7467	Senior Investigator - CONICET (Arg)
Bose, Bimal K.	4,92	12,41	2,45	5,06	0,8587	IEEE Fellow
Jagadish, Chenmpati	8,04	17,16	3,48	4,93	0,8257	IEEE Fellow
Dougherty, Richard L.	2,92	4,81	1,05	4,58	0,8167	IEEE Fellow
Geiger, Randall L.	4,82	15,41	4,19	3,68	0,8191	IEEE Fellow
Buitragó, Roman H.	2,72	4,15	1,21	3,44	0,8693	Senior Investigator - CONICET (Arg)
Panayirci, Erdal	3,50	4,42	1,57	2,82	0,9213	IEEE Fellow
Love, Daniel J.	2,10	3,77	1,39	2,72	0,7192	IEEE Fellow
Cascone, Osvaldo	4,39	4,69	1,73	2,71	0,8673	Senior Investigator - CONICET (Arg)
Hsia, T. C. Steve	4,77	6,97	2,78	2,51	0,9204	IEEE Fellow
Carver, Doris	2,43	1,88	1,06	1,78	0,9458	IEEE Fellow
McChung, L. Bruce	2,15	1,32	1,32	1,00	0,9873	IEEE Fellow
Laura, Patricio	7,34	4,72	7,99	0,59	0,9200	Fellow Investigator - CONICET (Arg)
<b>Mean</b>	<b>3,65</b>	<b>12,12</b>	<b>1,61</b>	<b>19,52</b>	<b>0,85</b>	
<b>STD</b>	<b>1,64</b>	<b>11,83</b>	<b>1,61</b>	<b>44,45</b>	<b>0,08</b>	



**Figura 3:** Científicos equilibrados (Tipo A). La curva de la amplitud y selectividad del gráfico de la izquierda se extiende entre el valor 20 del eje de x y el mismo valor del eje y. El gráfico de la derecha (que va de 60 a 60) tiende a tener mayor selectividad. El coeficiente de correlación  $r$  de ambos ajustes es elevado.

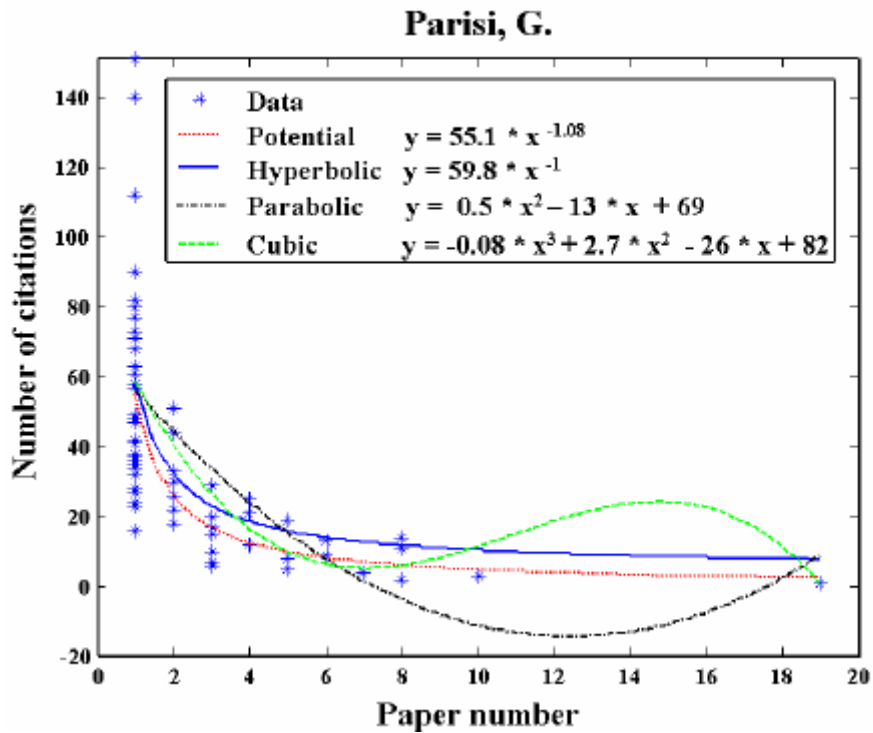
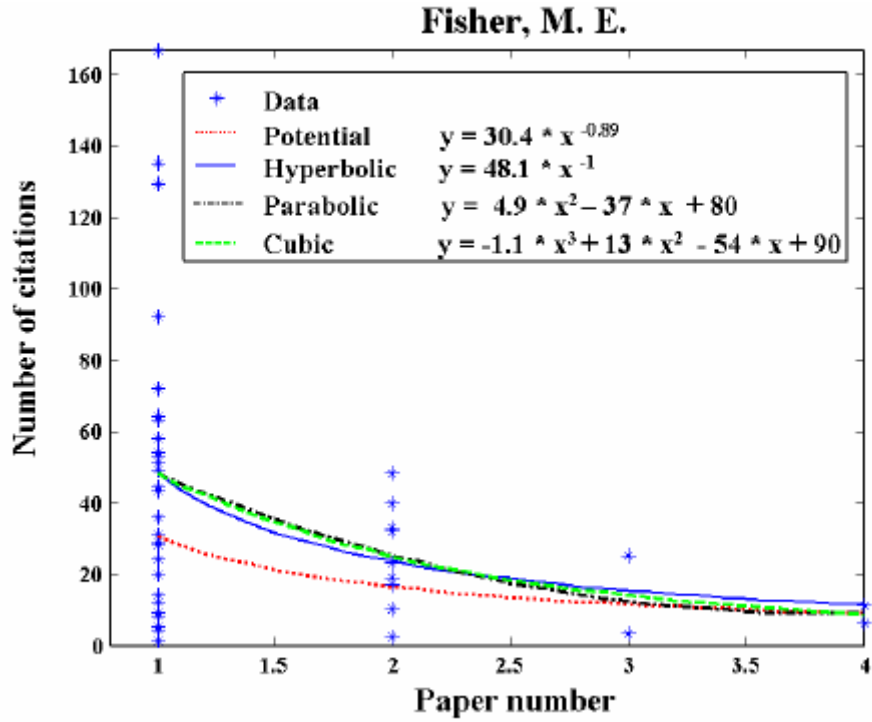


**Figura 4:** Buen ejemplo de un científico con muy poca amplitud 'A' respecto de su producción, mientras que la selectividad 'S' es marcadamente alta. (Tipo B)



**Figura 5:** Ejemplo de un científico con alta amplitud (Tipo C). Se observa un S/A bajo, menor a 1. La correlación  $r$  del ajuste potencial, igual que en los casos anteriores, es alta.





**Figura 6:** Dos casos donde se comparan distintos tipos de ajustes posibles (potencial, hiperbólico, parabólico y cúbico), el ajuste potencial siempre resulta el más adecuado.

## DISCUSIÓN

La evaluación cuantitativa de la producción científica es un tema delicado que ha sido tratado por la comunidad científica mundial, con algunas respuestas controvertidas y/o definiciones aún opuestas<sup>4</sup>. Obviamente, el producto principal de un investigador hacia la sociedad es un buen nivel de trabajos de alta calidad<sup>5 6</sup> y la mayoría de los comités de evaluación concentran su tiempo principalmente en ellos. Sin embargo, hay aspectos que los índices propuestos no cubren, tales como la organización social, los laboratorios, los institutos, los programas de investigación y de graduados, las publicaciones, congresos o instancias similares que también forman parte de la posible producción en la vida de un académico, elementos que no siempre constituyen un activo a la hora de considerar sus resultados. Por otra parte, también existe abundante literatura que nos alerta respecto de la contabilización de las citas recibidas por los trabajos, esta es una variable que también debe ser utilizada con mucho cuidado en el momento de evaluar la calidad individual de los científicos. En otro sentido, los datos de citaciones son utilizados en algunas áreas específicas para el estudio de aspectos tales como el mapeo dinámico de la ciencia, la identificación de frentes de investigación, el estudio de redes de científicos, colegios invisibles o redes de autores, entre otras. Por ello, subrayamos el concepto de “elemento complementario” que implica el uso de estos índices numéricos en los procesos de evaluación, en el sentido de que el análisis de citas no puede sustituir el proceso de revisión por pares. Los comités de evaluación, basados en los *curriculum vitae*, necesitan conocer otro tipo de información, más variada, haciendo un uso responsable de la misma con el único objeto de alcanzar la mejor y más adecuada decisión respecto de la postulación de un candidato dado.

El método propuesto, luego de los resultados demostrados en forma previa, especifica claramente a la función potencial como la más adecuada para el ajuste de los datos: la línea de la función potencial en todos los casos atraviesa el centro de la nube de puntos, quedando la mitad sobre ella y el resto por debajo; incluso algunos de ellos quedan posicionados sobre la propia línea. Además, los coeficientes de correlación eran siempre altos (en el orden de  $0.79 \pm 0.11$ , con un coeficiente de variación de 13.6 %; ver las tablas).

Respecto de la dependencia disciplinar, surge como apropiada una pequeña discusión sobre el índice H. Cuando se utiliza la función potencial el valor de este índice baja en orden de magnitud (esto se visualiza comparando la 2º y 3º columna -tabla 1-, en las filas donde se incluyeron a los científicos del trabajo de Hirsch, es decir, H(h) contra H). Los promedios ( $\pm$  las desviaciones de estándar SD) eran  $5.7 \pm 2.39$  para las Ciencias Exactas y Naturales;  $5.02 \pm 2.05$  para las Ciencias Biomédicas, y  $3.65 \pm 1.64$  para las Ciencias de la Ingeniería, acercando entre sí los valores de este índice a partir del uso de la función potencial, los coeficientes de variación respectivos son 88.5%, 40.8% y 44.9%; los valores más elevados eran esperados ya que la muestra incluye a científicos de diversos niveles. Sin embargo, el nuevo índice H aparece como mejorado. La diferencia no es ninguna sorpresa porque la hipérbola de Hirsch está desplazada hacia arriba y a la derecha con respecto a la función potencial. El rango original según el H(h) es 62-107, para los físicos altamente excepcionales<sup>7</sup>, mientras que el potencial H es 1.76-10.74, para las Ciencias Exactas y Naturales; 1.86-11.63, para las Ciencias Biomédicas; y 1.74-8.04 para Ingeniería y la Tecnología. El rango total, relativamente pequeño (1.74-11.63), da la impresión que el índice de H *per se* puede utilizarse para las comparaciones, sin ser afectado por la disciplina. Si es así la pregunta sería cómo demostrar o refutar esta hipótesis.

La normalización individual del índice H permite comparaciones interdisciplinarias, lo cual surge como una característica notable. El cálculo que estamos realizando para cada H

---

<sup>4</sup> SEGLEN, O. (2005) Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research. *BMJ* 1997;314:497 (15 February); <http://bmj.bmjournals.com>

<sup>5</sup> DAY, R. A. (1979) *How to Write and Publish a Scientific Paper*. ISI Press, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 160 pp.

<sup>6</sup> VALENTINUZZI, M.E. (1997) Evaluación de la producción científica (in Spanish), or Evaluation of scientific production. *Revista CET*, UNT, Tucumán, Argentina, April, 37-47 pp.

<sup>7</sup> Hirsch, J. E. (2005) An index to quantify an individual's scientific research output. *Proc New York Academy Sciences*. Published online Nov 7, 2005; *PNA*; doi:10.1073/pnas.0507655102

mide la diferencia entre las citas máximas y H, o entre el número máximo de trabajos con una cita y H; así, cada investigador actúa como su propia referencia. La mayoría de los autores exhibieron una marcada selectividad, que no debe sorprender al lector porque un investigador típico se concentra solamente en uno o en muy pocos temas, por esto es que no predomina un alcance amplio hacia la derecha del gráfico.

Una pregunta que podemos hacernos es quién ha tenido una mejor performance. Quizás los científicos altamente selectivos o equilibrados sean los más deseables. Ciertamente, el tercer tipo (Tipo C) nunca será candidato al premio Nobel ya que él/ella no ha obtenido un número excepcional de citas en uno o dos de sus trabajos. Sin embargo, este tipo de investigador puede ilustrar bien el caso de un buen profesor con talento y capacidades didácticas. Dependiendo de las necesidades institucionales o de las disciplinas, el comité de evaluación puede encontrar al candidato como el más adecuado para este tipo de puestos.

Con el nacimiento de las publicaciones virtuales, el número de accesos a los artículos publicados ha crecido notablemente, esta información es hoy muy accesible. Estos accesos indican que un paper al menos ha llamado la atención, su título fue leído, quizás su resumen o quizás el artículo completo. Por ello, el número de accesos se debe considerar de otra forma a la hora de medir el impacto. En ese caso, con el esquema propuesto en este estudio, el diagrama de dispersión representaría el número de accesos contra el número de trabajos. El método y los índices propuestos también se podrían aplicar para calificar la capacidad de un candidato para obtener financiamiento para sus investigaciones. Así, la representación gráfica estaría mostrando la cantidad de dinero obtenida sobre el eje vertical, mientras que el eje horizontal representaría a la cantidad de proyectos financiados. Este es un conjunto de información cuantitativa sólida para ser aplicada como parte de un proceso de evaluación; no sólo aplicable a individuos. Los institutos, laboratorios o revistas son también candidatos que pueden ser evaluados con la metodología descripta.

En conclusión, el método y su sistema de parámetros constituyen una propuesta que, desde una vía numérica, cuantitativa, complementa al proceso de evaluación de un potencial candidato a un puesto determinado.

### **Reconocimientos**

Este estudio fue apoyado por CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Los autores expresan su especial reconocimiento a la Sra. Cynthia Jeppesen, BS, MSc, encargada del departamento de las evaluaciones (Gerencia de Evaluación y Planificación) de CONICET por su ayuda, comentarios apropiados y discusión crítica. También quedamos especialmente agradecidos al Sr. Alfredo A. Pisano por la fatigosa tarea de buscar los casos en la base de datos y de conseguir la información. Este trabajo fue presentado en el XVI Congreso Argentino de Bioingeniería, San Juan, Argentina, sept. 26-28, 2007; y publicado en el *Journal of Physics: Conference Series* 90 (2007) 012018, doi:10.1088/1742-6596/90/1/012018 (<http://www.iop.org/EJ/toc/1742-6596/90/1>), 12/2007.

### **BIBLIOGRAFIA**

- GARFIELD, E.** (1955) Citation indexes for science. *Science* 122 108-111.
- HIRSCH, J. E.** (2005) An index to quantify an individual's scientific research output. *Proc New York Academy Sciences*. Published online Nov 7, 2005; *PNA*; doi:10.1073/pnas.0507655102
- SEGLER, O.** (2005) Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research. *BMJ* 1997;314:497 (15 February); <http://bmj.bmjournals.com>
- DAY, R. A.** (1979) *How to Write and Publish a Scientific Paper*. ISI Press, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 160 pp.
- VALENTINUZZI, M. E.** (1997) Evaluación de la producción científica (in Spanish), or Evaluation of scientific production. *Revista CET*, UNT, Tucumán, Argentina, April, 37-47 pp.