



La producción científica en física y la estrategia productiva de los países

P. H. Rivera*

Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Recibido 16 diciembre 2010 – Readmitido 15 febrero 2011 – Aceptado 20 abril 2011

El crecimiento de la producción científica está asociado al aumento de la inversión en ciencia y tecnología que realiza un país. La decisión de aumentar la inversión en ciencia forma parte de una decisión estratégica de desarrollar algún segmento de su aparato productivo. Se identifican tres patrones de desarrollo productivo. Un patrón está asociado a la producción de servicios en el área de la salud, un segundo patrón a la producción de productos altamente tecnológicos y el tercero está asociado al desarrollo de la agroindustria. Entre los tres esquemas, la física juega un papel muy importante en el segundo patrón, junto con la química y las ingenierías. En este artículo presentamos la importancia de la física en la inversión de ciencia y tecnología bajo los tres esquemas descritos.

Palabras claves: Cienciometría, producción científica, física..

The scientific production in Physics and the production strategy of the countries

The growth of the scientific production is associated with the investment increase in science and technology which made a country. The investment increase decision in science is part of a strategic decision to develop a productive engine segment. A pattern is associated to develop services productions in health, a second pattern is associated to highly technological manufacture production and the third is associated to agriculture and agribusiness. Between the three pictures, Physics play a important role in the second, together with Chemistry and Engineering. In this article we show the Physics importance in the science and technology investment under the three described pictures.

Keywords: Scientometrics, scientific production, Physics.

La producción científica de un país está íntimamente correlacionado a la inversión realizada en la creación de ciencia y tecnología. Durante los últimos sesenta años, después de la segunda guerra mundial, el predominio de los Estados Unidos, el Japón y los países de Europa estuvo basado en la capacidad de innovación de sus empresas como correlato de la inversión maciza en infraestructura y en capital humano dedicado al quehacer de la ciencia realizado por esos países durante el periodo 1945-1990. Lo mismo se observa, en las dos últimas décadas, para los países emergentes, la existencia de una estrecha correlación entre el aumento de la inversión realizada en ciencia y el aumento de sus respectivos productos brutos internos, PBIs [1].

El aumento de la producción científica es el parámetro de medición por excelencia de la buena gestión de un proyecto estratégico de desarrollo y competitividad de un país [2]. La producción científica de China, Brasil, Irán y Chile muestra sin duda alguna el esfuerzo de dichos países por acelerar el proceso de industriali-

zación de sus respectivos países. Pero, las áreas que se pueden desarrollar en la ciencia son bastante amplias. Por ello, cobra relevancia la pregunta ¿qué áreas de la ciencia están siendo desarrolladas por esos países? Esto necesariamente, creemos, está ligado al porcentaje de la inversión que se decide invertir en tales áreas temáticas. La respuesta a esta cuestión está dada parcialmente en la literatura [3]. Por ende, para la comunidad de físicos también es relevante conocer ¿cuánto se invierte en física?

En el presente trabajo rescatamos los datos de la literatura sobre la producción científica porcentual en física respecto al total de artículos científicos publicados por los diferentes países e identificar el grado de importancia relativa que tiene la investigación en física respecto a las decisiones políticas y de gestión científica que se establecen para la orientación del desarrollo de sus sistemas productivos, para ello recurrimos a las bases de datos de la Thomson Reuters ISI, *Institute of Scientific Information* [4] y a los datos que se publican

*priverar@unmsm.edu.pe

en el sitio *sciencewatch.com*.

Producción científica relativa

Schulz y Tápia [3] han analizado para el periodo 1998-2008 la producción científica relativa para diferentes países con el objetivo de encontrar patrones de producción industrial relacionada al volumen de las investigaciones científicas realizadas en las áreas que dichos países han considerado prioritarios en los años precedentes al periodo de análisis. En la tabla 1 mostramos la producción científica global de los primeros veinte países en el periodo del 1 de enero del 2000 hasta el 31 de agosto del 2010, mientras que los artículos en física está considerado en el periodo del 1 de enero del 2000 hasta el 30 de junio del 2010. La diferencia de dos meses entre la estadística de las totales y la de física introduce un error sistemático de 1.59% a los valores que corresponde a las publicaciones en física.

N°	Países	Artículos en total	Artículos en física	%
1	USA	2 967 957	194 241	6.54
2	Japón	770 252	102 380	13.29
3	Alemania	762 599	91 857	12.05
4	China	719 971	106 775	14.83
5	Inglaterra	679 394	48 670	7.16
6	Francia	542 293	66 364	12.24
7	Canadá	430 856	23 767	5.52
8	Italia	409 232	45 312	11.07
9	España	315 420	27 442	8.70
10	Australia	284 250	13 941	4.90
11	Rusia	267 319	71 340	26.69
12	India	266 230	29 421	11.05
13	Corea del Sur	254 599	35 128	13.80
14	Holanda	239 892	15 413	6.42
15	Brasil	190 801	18 943	9.93
16	Suecia	174 052	13 690	7.87
17	Suiza	172 904	19 387	11.21
18	Taiwan	162 197	18 538	11.42
19	Polonia	144 559	23 624	16.34
20	Turquía	138 345	15 435	11.16

Tabla 1: La producción científica total de los primeros veinte países y los artículos correspondientes al área de la física, astronomía y astrofísica, ciencias espaciales, ciencia de los materiales, óptica, acústica, espectroscopia e instrumentación para los periodos del 1 de enero del 2000 hasta el 31 de agosto y el 30 de junio del 2010, respectivamente. <http://sciencewatch.com/dr/cou/2010/10decALL>

La tabla 1 define un orden basado en el número total de artículos registrados en las bases de datos de la Thomson Reuters ISI que considera el tercio superior de las revistas científicas más citadas a nivel mundial.

Haciendo un análisis de la producción relativa y porcentual rehacemos la tabla para identificar las mismas características que presentan los países en su apoyo a la investigación en física y su correlato en el desarrollo industrial. En la tabla 2 presentamos los países definidos por su énfasis en el desarrollo de la física. Esto es, el peso porcentual que tiene la producción científica en física respecto al total de publicaciones en todas las áreas científicas. Este valor está correlacionado con la prioridad que las inversiones en física representa frente al volumen de la inversión en ciencia y tecnología de un país y a la influencia que la comunidad de física tiene en las entidades que toman las decisiones de direccionamiento de la inversión en ciencia y tecnología. En primer lugar, se encuentra Rusia, país que fue identificado [3] en orientar su producción industrial y su esfuerzo científico hacia áreas tecnológicas e industriales asociados a la física y la química. Mientras, un segundo grupo de países considerado como *países emergentes* que apoyan fuertemente a la física y que basan su desarrollo industrial en esta ciencia junto con la química, es claramente identificado debido a que el porcentaje de sus publicaciones en el área de la física se ubican entre 11 y 17%. Esto implica necesariamente un fuerte apoyo económico de las agencias gubernamentales al desarrollo de la física en esos países tales como Polonia, China, Corea del Sur, Taiwan, Turquía e India. Brasil muestra un interesante 9.93% de artículos en el área de la física, aunque este país está totalmente orientado al desarrollo de las ciencias medioambientales pues todo su sistema de creación de riqueza está basado en la agroindustria y el medio ambiente [3].

Países	%	Países	%
Rusia	26.69	España	8.70
Polonia	16.34	Suecia	7.87
China	14.83	Holanda	6.42
Corea del Sur	13.80	Inglaterra	7.16
Taiwan	11.42	USA	6.54
Turquía	11.16	Canadá	5.52
India	11.05	Australia	4.90
Brasil	9.93		
Japón	13.29		
Francia	12.24		
Alemania	12.05		
Suiza	11.21		
Italia	11.07		

Tabla 2: Relación de países clasificados por su producción porcentual en física respecto al total de publicaciones científicas. Se identifica un patrón de desarrollo industrial basado en la física y química (izquierda) y un segundo patrón basado en la producción de servicios asociados a la medicina (derecha).

En el caso de Japón y los países europeos como Fran-

cia, Alemania, Suiza e Italia pueden considerarse como los países que mantienen a la física como el área de investigación vigente para mantener la competitividad de sus tecnologías que sus empresas desarrollan. El porcentaje de las publicaciones en física abarcan entre el 11 y 14 % de sus respectivas producciones científicas totales. Igualmente implica un fuerte apoyo financiero al área de la física. Otro grupo de países europeos como España, Suecia, Holanda y los países escandinavos sus publicaciones en física abarcan entre 6 y 9 % de sus producciones científicas totales. Esto significa que sus sistemas de gestión científica tienen otras prioridades que no son la física para orientar el mayor volumen de su gasto en ciencia. Ellos invierten un fuerte volumen en medicina clínica, biología, biología molecular, neurociencia y farmacología. Este es un patrón clásico de apoyo masivo a estas áreas que fue inicialmente desarrollado por USA, Inglaterra, Canadá y Australia, hace varias décadas. Por ello, las producciones científicas en el área de la física para todos esos países siempre se ubican entre 4 y 8 %.

N°	Países	Artículos en total	Artículos en física	%
1	Chile	33 121	7 576	22.87
			3 850	11.62
2	Perú	4 336	292	6.73
3	Ecuador	2 185	108	4.94
4	Bolivia	1 476	45	3.05

Tabla 3: Producción porcentual de artículos en física respecto al total de artículos publicados de Chile, Perú, Ecuador y Bolivia. El caso de Chile presenta un modo de producción típico de países emergentes, en el caso de Perú, Ecuador y Bolivia presenta el patrón asociado a la producción de servicios por la medicina. Periodo 2000-2010.

En la tabla 3 se muestra la producción científica en física en el periodo comprendido entre el 1 de enero del 2000 hasta el 15 de diciembre del 2010 de Perú, Bolivia, Chile y Ecuador. La producción relativa porcentual de Chile es mayor al rango que le corresponde a los *países emergentes* y menor al de Rusia. Pero, debemos llamar la atención al hecho de que la ubicación geográfica de Chile ha permitido que laboratorios extranjeros se instalen en su territorio y contribuyan también a su producción científica local en la disciplina de ciencias espaciales que suma casi 49.18 % mientras que las otras disciplinas de física cubre el 50.82 % de la producción científica en el área de física. Esto resulta en una producción científica relativa porcentual del 11.62 % que resulta un valor apropiado de un *país emergente*. La producción de 3 850 artículos en física durante el periodo 2000-2010 denota una alta prioridad en la inversión en física por parte de los órganos de fomento de la investigación de Chile.

En el caso de Perú, la producción científica en física no obedece a una estrategia de desarrollo sino más bien a esfuerzos personales e individuales de algunos físicos peruanos que obtienen financiamiento de sus propias universidades. Las agencias gubernamentales de apoyo a la investigación prácticamente menosprecian a la física como una área activa de investigación para sostener todo un proceso de desarrollo de competitividad e innovación de la industria nacional. Todas las áreas del conocimiento desde medicina clínica hasta sociología están por debajo del 10 %. Las disciplinas que superan a la física son tópicos generales de medicina, 390 artículos(8.99 %), enfermedades infecciosas e inmunología clínica , 334(7.70 %), medicina ambiental y salud pública, 316(7.29 %) y ciencias de la tierra, 299(6.90 %). Las demás disciplinas están por debajo de la producción en física, 292 artículos(6.73 %). En el caso peruano, se identifica el patrón norteamericano de la producción de servicios via las áreas médicas cuyo porcentaje es de 23.42 % del volumen total de publicaciones científicas.

Las producciones relativas porcentuales de Ecuador y Bolivia son 4.94 y 3.05 %, respectivamente. En ambos países se replica el caso peruano, por tanto, no haremos un comentario adicional.

La física en el Perú

N°	Instituciones	Artículos
1	PUCP	113
2	IGP	111
3	UNMSM	97
4	UNI	69
5	IMARPE	53
6	IPEN	27
7	INGEMMET	25
8	UPCH	20
9	IMCA	8
10	UNT (Trujillo)	8
11	U. Piura	8
12	UNSAAC Cusco	7
13	UNSA Arequipa	6
14	CIP	5
15	INC	5
16	UPAO Trujillo	5

Tabla 4: Las instituciones en el Perú con 5 o más publicaciones, en las áreas de física, química, ciencias de la tierra, matemáticas e ingenierías, indexadas por el Thomson Reuters ISI durante el periodo comprendido entre enero del 2000 a diciembre del 2010.

Ahora procedemos a analizar las publicaciones de las instituciones peruanas con los mismos datos obtenidos de la base de dato de física, química, ciencias de la

tierra y matemática que incluyen las ramas de ingeniería con excepción de la ingeniería de sistemas y ciencias de computación de la Thomson Reuters ISI [4]. En el periodo comprendido del 1 de enero del 2000 hasta el 15 de diciembre del 2010, se tiene que el Perú publicó 710 artículos. Las instituciones peruanas que contribuyeron están dadas en la tabla 4.

Y considerando solo el área de la física tenemos en la tabla 5 las instituciones del Perú que más publican en el periodo 2000–2010. Cabe considerar que el colega Enrique Solano en el periodo 2000-2008 publicó 51 artículos con el nombre de la PUCP, resultando el autor que más artículos publicó en ese periodo.

N°	Instituciones	Artículos
1	PUCP	93
2	UNMSM	65
3	UNI	59
4	IPEN	27
5	IGP	23
6	UPCH	10
7	UNT Trujillo	5
8	IMCA	3
9	UNJBG-Tacna	2

Tabla 5: Las instituciones que publican en física durante el periodo comprendido entre enero del 2000 y diciembre del 2010.

Uno de los parámetros reconocidos a nivel internacional para la ratificación y promoción de los profesores de física en las universidades es el número de citas que reciben sus artículos publicados. Esto permite visualizar la importancia de los aportes de un artículo en las discusiones en temas que son relativamente actuales. Por ello, aprovechando un acceso temporario a las bases de datos sobre citas de la Thomson Reuters ISI hemos conseguido construir la tabla 6 mostrando los autores de instituciones peruanas más citados en el área de la física desde el 2001 hasta el 2010.

Año	Autor	Inst.	Cits.
2001	J.L. Solís	UNI	92
2002	Jorge Meléndez	UNMSM	60
2003	Enrique Solano	PUCP	211
2004	Pablo H. Rivera	UNMSM	35
2005	Enrique Solano	PUCP	24
2006	Enrique Solano	PUCP	40
2007	María Quintana	UNI	90
2008	O. Veliz	IGP	10
2009	Bram L. Willems	UNMSM	6
2010	C. Pérez	PUCP	8

Tabla 6: Los autores de los artículos de física más citados, las afiliaciones y las veces en que fueron citados en el periodo 2001-2010.

Los departamentos y escuelas de física en el Perú han surgido a fines de la década del 60. Lamentablemente por el escaso apoyo financiero estatal y privado, todas las escuelas y departamentos no han logrado tener un alto desarrollo en los últimos cuarenta años. Pretendo mostrar aquí como dato final lo que un gran apoyo económico a la área de la física puede conseguir, en el tiempo, un buen rendimiento institucional. El Instituto de Física *Gleb Wataghin* de la Universidade Estadual de Campinas fue fundada en 1967 comenzaron publicando 1 artículo el año 1972, pues en el periodo 1967-1971 no publicaron nada. En 1973 publicaron 22 artículos y desde ese año han ido aumentando sus publicaciones como se muestra en la figura 1. Este Instituto posee cuatro departamentos, una escuela de física y una escuela de postgrado. En total tiene en promedio en el periodo 1998-2007, 102 profesores [5], todos con grado académico de doctor y esto hace la gran diferencia con los departamentos de física de las universidades peruanas, cuyo número de doctores no sobrepasa el 10 % de su plana docente en física. La media de artículos por profesor, en los últimos diez años, es de 2.78 artículos.

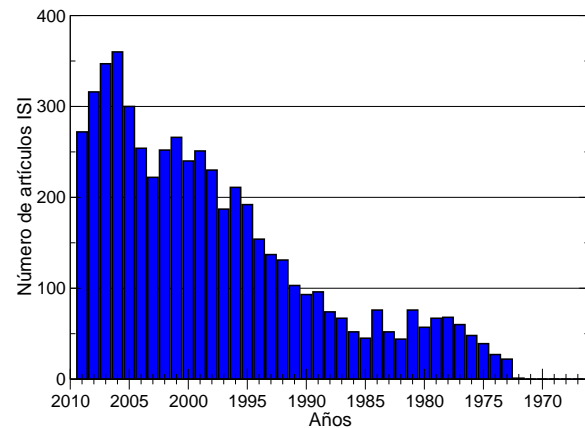


Figura 1: La producción científica en revistas Thomson Reuters ISI del Instituto de Física *Gleb Wataghin* de la Universidad Estadual de Campinas en el periodo de 1967-2010. Muestra un promedio de 2.78 artículos por profesor en los últimos 10 años [6].

Conclusiones

La importancia de sostener financieramente las investigaciones en física y química fortalece las capacidades de innovación en los sectores industriales de productos tecnológicos vinculados al incremento de valor agregado de los materiales transformados. El apoyo financiero a la biología y a las ciencias agropecuarias

prioriza el desarrollo de la agroindustria como ocurre en Brasil. El otro patrón fomentado por Estados Unidos y Gran Bretaña es el apoyo sostenido a la biología y la medicina que permite un fuerte apoyo a la generación de empresas de servicios asociados al cuidado de la salud y la farmacología a escala planetaria. Todos los países emergentes cuyos crecimientos del PBI están asociados a la gran producción de productos manufacturados han apoyado financieramente el desarrollo de la física, química y las ingenierías.

En el caso del Perú, el panorama es bastante desolador para la física porque el esquema que se está implementando es el anglosajón de un fuerte apoyo a la medicina para el sostenimiento de las empresas de servicios de salud que en los últimos 10 años han tenido un

explosivo crecimiento. Las exportaciones de productos industrializados basados en la agroindustria han crecido en el Perú y ¿eso ha permitido un fuerte apoyo para la biología? Los datos que proporcionan las bases de la Thomson Reuters ISI, muestra que la biología y las ciencias agropecuarias en los últimos diez años han sido las áreas después de la medicina con mayor número de publicaciones.

El desarrollo de la física en el Perú, en los próximos años, va a depender del esfuerzo de los propios físicos. Y es casi previsible que lo hagan sin mayores aportes financieros de parte del Estado hasta que la comunidad de física tenga la misma capacidad de gestión que las comunidades de medicina y biología ante los organismos de fomento a la investigación.

Referencias

- [1] Leonardo C. Ribeiro, Ricardo M. Ruiz, Eduardo M. Albuquerque y Américo T. Bernardes, *Science in the Developing World: Running Twice as Fast?*, Comput. Sci. Eng. **8**(4), 81 (2006).
- [2] P.H. Rivera, V. Peña Rodríguez, P.A.B. Schulz y J.R.B. Tápia; La producción científica en San Marcos 2002-2009, Cap.3, Producción científica y desarrollo estratégico, ebook, Lima (2010). <http://fisica.unmsm.edu.pe/~pablo>
- [3] P.A.B. Schulz y J.R.B. Tápia; Una crónica de la ciencia indexada, Cap. 2 de la referencia [2].
- [4] <http://apps.isiknowledge.com>, para acceder hay que tener una suscripción. La UNMSM posee tal suscripción. Para acceder ir a la Biblioteca Central de la UNMSM.
- [5] <http://www.ifi.unicamp.br/>
- [6] <http://webbif.ifi.unicamp.br/prodcien/index.html>