Aprendiendo cómo se construye la ciencia: el caso del péndulo

Joan Josep Solaz-Portolés[1], **Magdalena Moreno-Cabo**[2],**Vicent Sanjosé López**[3]
[1] *IES Benaguasil/ C.A. "F. Tomás y Valiente" de la UNED. Valencia. España.*
[2] *B.P.M. de L'Eliana. Valencia.*
[3]*Departament Didáctica Ciències Experimentals. ERI-Polibienestar, Universitat de València.*

E-mail: jjsolpor@yahoo.es

(Recibido el 12 de Diciembre de 2007; aceptado el 9 de Enero de 2008)

Resumen

En este trabajo se lleva a cabo un análisis bibliométrico de una bibliografía de trabajos relacionados con el péndulo. Se determinan indicadores de la actividad científica, en concreto, número de publicaciones, productividad de los autores y de colaboración en las publicaciones. Además, se evalúa el porcentaje de trabajos en las lenguas mayoritarias (Francés, Latín, Italiano, Inglés y Alemán). De los resultados obtenidos se concluye que: a) El crecimiento del número de trabajos en el período considerado es exponencial; b) La productividad de los autores no sigue la ley de Lotka; c) El índice de firmas por trabajo es muy bajo (1,1); d) El Francés es la única lengua que se mantiene hegemónica prácticamente durante todo el período 1629-1885; e) El Latín, muy potente hasta finales del XVIII, desaparece en el siglo XIX coincidiendo con el espectacular crecimiento del Inglés y el Alemán. La evolución de las lenguas de los trabajos se analiza en función del contexto histórico en los correspondientes países.

Palabras clave: Construcción de la ciencia, péndulo, bibliometría, número de publicaciones, productividad de autores, colaboración en las publicaciones, lenguas de los trabajos.

Abstract

In this paper is carried out a bibliometric analysis on a bibliography of works related to the pendulum. We have determined indicators of scientific activity, particularly, number of publications, authors productivity, and collaboration in the publications. Moreover, we have evaluated the percentage of works in the majority languages (French, Latin, Italian, English, and German). From the results that we have obtained we conclude that: a) The growth of the number of works is exponential in the analysed period; b) The productivity of authors does not follow Lotka's law; c) The signatures/work index is very low (1,1); c) French is the only language that is kept hegemonic during practically the whole period 1629-1885; d) Latin, very powerful until the end of the 18th century, disappears in the 19th century in agreement with spectacular growth of English and German. Evolution of the languages of the works is analysed depending on the historical context in the corresponding countries.

Keywords: Science construction, pendulum, bibliometry, number of publications, authors' productivity, collaboration in the publications, languages of the works.

PACS: 01.65.+g, 45.20.D-, 01.30.-y **ISSN 1870-9095**

I. INTRODUCCIÓN

Se ha puesto de relieve la notable influencia que los estudios con el péndulo ejercieron en el desarrollo conceptual de la mecánica, y que dichos estudios resultan ser de gran interés didáctico y epistemológico [1]. Para hacernos una idea de la importancia instrumental que tuvo el péndulo, baste con señalar que el número de referencias bibliográficas sobre su teoría y aplicaciones citadas en *Bibliographie du pendule* por Wolf [2], asciende aproximadamente a unas mil trescientas en el período comprendido entre el año de publicación en Florencia de la obra de Galileo *Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano* y 1885. Indicaremos, en relación con estos trabajos publicados, que en ellos aparecen científicos tan sobresalientes como: Galileo, Huygens, Newton, Hooke, Halley, Mariotte, Bernouilli, Celsius, D'Alambert, Poisson, Foucault, Stokes, etc. Como deja entrever Khun [3], Galileo fue el *descubridor* del péndulo. Aunque mucho antes del nacimiento de Galileo muchas personas habían visto oscilar un objeto del extremo de una cuerda hasta que finalmente quedaba en reposo, Galileo rompió con el paradigma aristotélico y vio el péndulo como un cuerpo que seguía un movimiento periódico. A partir de ese momento, el péndulo tuvo un sinnúmero de aplicaciones en la ciencia y en la técnica [4]. Además, el péndulo, uno de los instrumentos más humildes de nuestros laboratorios, nos ofrece la

posibilidad de llevar trabajos prácticos como pequeñas investigaciones. Esto es, trabajos prácticos concebidos para efectuar una investigación dirigida, coherente con la metodología científica, y que estimule el pensamiento divergente de los alumnos y la libre manifestación de opiniones a través de la emisión de hipótesis o el diseño de experimentos [5].

Por otro lado, hemos de tener presente que la transmisión de la ciencia centrada en las leyes y los conceptos, descontextualizada y huérfana de su tiempo histórico, produce el mito de la neutralidad, es decir, la creencia simplista de que el conocimiento científico se construye se construye al margen de cualquier influencia espuria [6]. Asimismo, es bien sabido que los estudiantes que aprenden ciencia impregnada de historia de la ciencia mejoran la asimilación de conceptos científicos y generan actitudes positivas hacia la ciencia [7].

Es por todo ello que en el presente trabajo llevaremos a cabo un análisis bibliométrico de las publicaciones relacionadas con el péndulo en el período comprendido entre 1629 y 1885, que puede tener implicaciones didácticas: comprender el modo en que se construye la ciencia, conocer ciertos aspectos de la forma en que los científicos trabajaban (productividad de los autores, colaboración en los trabajos y lenguas que utilizaban); y sacar a la luz las interacciones de ciencia, tecnología y sociedad.

II. METODOLOGÍA

Dispusimos para nuestro trabajo de una fuente secundaria consultada en la Biblioteca de las Facultades de Ciencias de la Universitat de València. Esta fuente secundaria es el Tomo IV de la Collection de Mémoires relatifs a la Physique, publicadas por La Societé Française de Physique. Este tomo IV, Mémoires sur le pendule, contiene una introducción histórica y una bibliografía de trabajos sobre el péndulo. La bibliografía recoge artículos, libros, informes de instituciones científicas y disertaciones; y proporciona el nombre de los autores, el título del trabajo y un breve resumen del mismo.

Se determinaron indicadores de la actividades científica, en concreto, número de publicaciones, productividad de los autores y de colaboración en las publicaciones [8]. Además, se realizó una búsqueda de las lenguas mayoritarias en los trabajos. Para ello, se llevó a cabo el cómputo de publicaciones por períodos de diez años, se contabilizó los distintos trabajos que publicó cada autor, y se calculó el porcentaje de trabajos en las lenguas mayoritarias en períodos de veinte años.

III. RESULTADOS

La Figura 1 recoge la representación gráfica de la suma de trabajos publicados en relación con el péndulo en períodos de tiempo de diez años (el primer período sólo incluye siete años, desde 1629 hasta 1635).

Como puede observarse en la Figura 1, el crecimiento de las publicaciones parece ajustarse a una función exponencial. De hecho, el análisis de regresión lineal entre el logaritmo del número de publicaciones y el período de tiempo, nos proporciona un coeficiente de correlación lineal $r = 0.93$, valor que viene a confirmar el carácter exponencial de la relación entre el número de publicaciones y el tiempo entre los años 1629 y 1885.

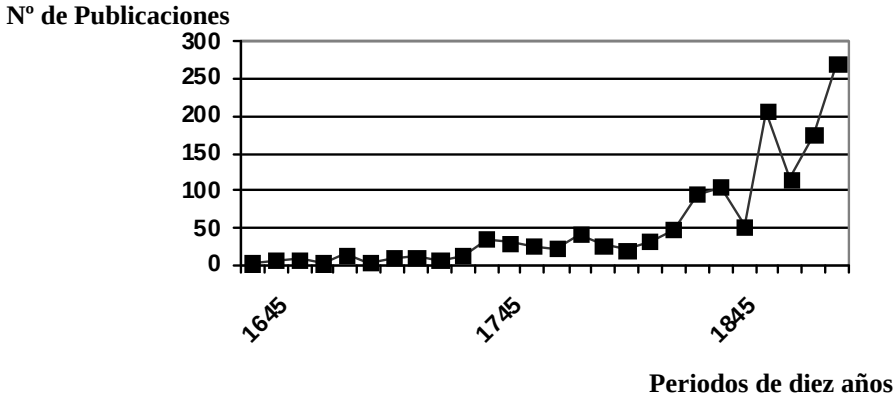

FIGURA 1. Representación gráfica del número de publicaciones relacionadas con el péndulo contadas en períodos de diez años.

La Figura 2 representa la distribución del número de autores según el número de publicaciones relacionadas con el péndulo para todo el período de tiempo considerado. La curva establece el número de *y* autores que han publicado *x* trabajos.

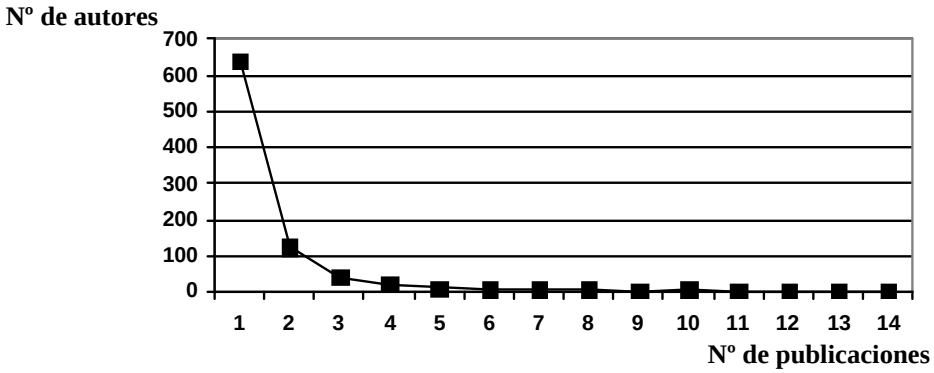

FIGURA 2. Representación gráfica del número de autores en función del número de trabajos que publican.

Se constata, a partir de la Figura 2, que sólo un pequeñísimo número de autores publicó en el período de tiempo considerado más de cinco trabajos relacionados con el péndulo, mientras que más de seiscientos no publicaron más que un único trabajo. Por otra parte, el análisis de regresión lineal entre el logaritmo del número de autores y el logaritmo del número de publicaciones, nos proporciona un coeficiente de correlación lineal $r = 0.998$ y una pendiente de la recta de $-11{,}43$. Por tanto, la curva se ajusta de manera aproximada a la ecuación $y = k / x^{11{,}43.}$

Efectuado el cociente entre el número total de publicaciones entre 1629 y 1885 (1324 trabajos) y el número total de autores (1388), nos permite obtener el índice de firmas por trabajo, que resulta ser de 1,1.

Finalmente, la Figura 3 nos proporciona el porcentaje de publicaciones en cada una de las cinco lenguas más utilizadas (Francés, Italiano, Latín. Inglés y Alemán) en períodos de veinte años (el primer período sólo incluye diecisiete años, desde 1629 hasta 1645).

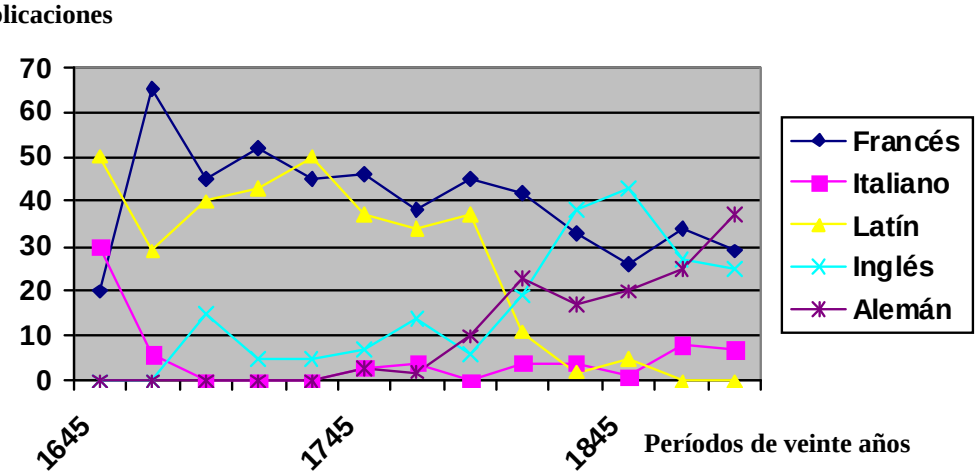

FIGURA 3. Representación gráfica del porcentaje de trabajos en las cinco lenguas mayoritarias en períodos de veinte años.

Varias circunstancias son destacables de esta última representación gráfica. En primer lugar, el Latín, que fue una lengua de comunicación científica de primer orden –como el Francés- comienza su declive hacia 1785, hasta prácticamente desaparecer en la segunda mitad del siglo XIX. El Inglés, minoritario hasta finales del siglo XVIII, se convierte en una de las tres lenguas de la ciencia en el siglo XIX. El Alemán, no utilizado hasta la primera mitad del siglo XVIII, se transforma en la lengua de la Física en el final del siglo XIX. El Francés, es la única lengua que se mantiene como mayoritaria durante todo el período de tiempo considerado. El Italiano, de ser lengua mayoritaria en los primeros años de publicaciones sobre el péndulo, evoluciona posteriormente a minoritaria. Por último, señalaremos que el Español, que no figura en esta representación gráfica por ser lengua muy minoritaria –como lo es también el Portugués-, aparece en la primera mitad del siglo XVIII (un trabajo) y, a lo largo de los años computados del siglo XIX, contabilizamos un total de cinco trabajos.

IV.CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El crecimiento exponencial de las publicaciones a lo largo del período de tiempo que se ha tenido en cuenta en el presente trabajo, revela el dinamismo de las áreas de conocimiento relacionadas con el péndulo. En consecuencia, parece cumplirse en este período la ley *normal* del crecimiento de la ciencia propuesta por Solla Price [9]. Sin embargo, no podemos dejar de apuntar que

este modo de crecimiento de la ciencia no puede servir de apoyo a una concepción acumulativa de la ciencia [10]. Como denuncia T. S. Khun [3] existe una tendencia persistente a hacer que la historia de la ciencia parezca lineal o acumulativa, obviándose las rupturas o cambios profundos que se producen en toda ciencia.

Resulta destacable comentar que el número de trabajos comienza a crecer de manera importante a finales del siglo XVIII, época de gran difusión de la ciencia y de ingreso de crecientes masas de jóvenes en centros de instrucción superior. Esto tuvo como consecuencia la división de trabajo entre los científicos y la especialización en las distintas ramas del saber, lo que favoreció el aumento de nuevos descubrimientos en cada campo de investigaciones [11].

En cuanto a la productividad de los autores, de los resultados del presente trabajo puede concluirse que no se cumple en este caso la ley cuadrática inversa ($y = k / x^2$) o ley de Lotka [12]. La curva obtenida para el decrecimiento del número de autores en función del número de trabajos que publica se ajusta mejor a la ecuación $y = k / x^{11,43}$. Esto es, tiene un decrecimiento mucho más rápido (superior a cinco veces más rápido) que el previsto por Lotka en su ley. Esta desviación puede justificarse atendiendo, sobre todo, al elevadísimo número de autores que sólo publica un trabajo. Este hecho, también viene reflejado en el bajísimo índice de firmas por trabajo (1,1), que contrasta con la media de firmas por trabajo que se registra en la actualidad para las ciencias: entre 2,5 y 3,5 [8].

El crecimiento del número de trabajos relacionados con el péndulo en lengua francesa coincide con los comienzos de la ilustración y el progreso científico que se produce en los albores del siglo XVIII [13], y que posteriormente conduce a la primacía de Francia en el campo de la investigación científica en el período que sigue a la Revolución Francesa (entre los siglos XVIII y XIX). Como apunta Bernal [14]: *"la Revolución francesa y las guerras napoleónicas no provocaron un descenso de la actividad científica, sino más bien un impulso considerable de la misma"*.

Por otro lado, el descenso del porcentaje de publicaciones en Latín en el inicio del siglo XIX, es coincidente con el auge de publicaciones en Inglés y Alemán. Sobre este punto, cabe señalar que en la primera mitad del siglo XIX se produce la rápida difusión a Inglaterra y Alemania del espíritu técnico-científico, que había singularizado en exclusiva a Francia, y que iba indisolublemente ligado al proceso de industrialización de estos países [11]. Por tanto, no debe resultarnos nada extraño que ambos países llegaran a ocupar puestos de primer orden en el área de conocimientos de la Física en la segunda mitad de dicho siglo, dado que se atrajo a la investigación científica a muchos jóvenes.

REFERENCIAS

[1] Solaz-Portolés, J. J. & Sanjosé, V., *El papel del péndulo en la construcción del paradigma newtoniano*, Enseñanza de las Ciencias **10**, 95-100 (1992).
[2] Wolf, C., *Bibliographie du pendule* (En Wolf, C. (Ed.) Collection de mémoires relatifs à la Physique, publiés par la Société Française de Physique. Tome IV Mémoires sur le pendule, Gauthiers-Villars et Fils, Paris, 1889) pp. 1-42.
[3] Kuhn, T. S., *La estructura de las revoluciones científicas* (11ª Reimpresión, Ediciones FCE, Madrid, 1987) pp.187 y 216.
[4] Wolf, C., *Introduction historique* (En Wolf, C. (Ed.) Collection de mémoires relatifs à la Physique, publiés par la Société Française de Physique. Tome IV Mémoires sur le pendule, Gauthiers-Villars et Fils, Paris, 1889) pp. 43-298.
[5] Solaz-Portolés, J. J., *Una práctica con el péndulo transformada en una investigación*, Revista Española de Física **4**, 87-94 (1990).
[6] Vázquez, A. & Manassero, M. A., *Características del conocimiento científico: Creencias de los estudiantes*, Enseñanza de las Ciencias **17**, 377-395 (1999).
[7] Solaz-Portolés, J. J. & Moreno-Cabo, M., *Enseñanza/aprendizaje de la ciencia versus historia de la ciencia*, Educación Química **9**, 80-85 (1998).
[8] Sancho, R., *Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología*, Revista Española de Documentación Científica **13**, 842-865 (1990).
[9] Solla Price, D. J., *Hacia una ciencia de la ciencia* (Ariel, Barcelona, 1973) p.55.
[10] Kragh, H., *Introducción a la historia de la ciencia* (Ariel, Barcelona, 1989) p. 243
[11] Geymonat, L., *Historia de la filosofía y de la ciencia. T. 3 El pensamiento contemporáneo* (Ariel, Barcelona, 1985) pp.110 y 178.
[12] Callon, M., Courtial, J. P., & Penan, H., *Cienciometría. La medición de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica* (Ediciones Trea, Gijón, 1995) p. 44.
[13] Geymonat, L., *Historia de la filosofía y de la ciencia. T. 2 Del renacimiento a la Ilustración* (Ariel, Barcelona, 1985) p. 261.
[14] Bernal, J. D., *Historia social de la ciencia, I. La ciencia en la historia* (5ª Edición, Ediciones Península, Barcelona, 1979) p.389.

1