

Tendencias acerca de los instrumentos científicos en la revista *Science & Education* entre 2012 y 2016*

Alejandro Leal Castro, Mg.¹
Henry Giovany Cabrera Castillo, PhD.²
Mario Quintanilla Gatica, PhD.³

¹Instituto de Educación y Pedagogía Universidad del Valle (Colombia)
alejandro.leal@correounivalle.edu.co

²Instituto de Educación y Pedagogía Universidad del Valle (Colombia)
henry.g.cabrera.c@correounivalle.edu.co

³Facultad de Educación Pontificia Universidad Católica (Chile)
mariorg@gmail.com

Resumen. Este artículo presenta las principales tendencias acerca de los instrumentos científicos en la enseñanza de las ciencias durante los años 2012 – 2016 en la revista *Science & Education*. El trabajo es de tipo cualitativo a partir de categorías inductivas. Los artículos analizados destacan el papel de los instrumentos científicos para fomentar una imagen de la ciencia humana y contextualizada, así como para promover la investigación escolar en ciencias y la relación entre su uso y la finalidad de enseñanza. En términos históricos y filosóficos, es importante mencionar que el estudio a profundidad de los instrumentos científicos se produce entre 1980 y 1990 a partir de la constitución de los giros pragmáticos y material en filosofía de la ciencia.

Palabras clave: Instrumentos científicos, enseñanza de las ciencias, historia y filosofía de la ciencia.

1. Introducción

La Historia y la Filosofía de la Ciencia (HFC) en la enseñanza de las ciencias se ha constituido en una línea de investigación que permite “una reflexión reposada, seria y serena de educar desde los aportes para una nueva aula de ciencia, promotora de ciudadanía y valores” (Muñoz, Daza y Quintanilla, 2014, p.15). De este modo, en esta línea de investigación se han diseñado unidades didácticas (Quintanilla, Daza, & Cabrera, 2014), analizado libros de texto (Cabrera, 2012; García, et al., 2017), estudiado el papel de las prácticas experimentales (García & Estany, 2010; Romero & Aguilar, 2013) y recontextualizado experimentos históricos (Heering & Winchester, 2015). Asimismo, se han realizado trabajos enfocados en el uso de los instrumentos científicos en la enseñanza de las ciencias (García-Martínez, 2014; Höttecke et al., 2012).

En particular, los instrumentos científicos desempeñan un papel fundamental tanto en la construcción de conocimiento científico como en la práctica científica misma.

* Este artículo es derivado de la investigación doctoral titulada “Estudio histórico y filosófico del uso de instrumentos científicos asociado a la radioactividad en la enseñanza de las ciencias” que se realiza en el Doctorado Interinstitucional en Educación (DIE), sede Universidad del Valle.

Igualmente, son de vital importancia en la producción de conocimiento escolar en la enseñanza de las ciencias en donde han estado ligados a la enseñanza de diversos temas como cambio químico, punto de ebullición, resistencia eléctrica, electricidad, magnetismo, electromagnetismo y uso de baterías (Chang, 2010, García, 2014, García & Izquierdo, 2014, Hacking, 1983, Metz, 2015, Rhee, 2015), principalmente. En filosofía, el denominado giro pragmático en los estudios sobre la ciencia registrado en los años 1980 y 1990 significó la presencia de la historia de los experimentos, los instrumentos científicos y la práctica científica como un tópico central (Eggen, Kvittingen, Lykknes, & Wittje, 2012)

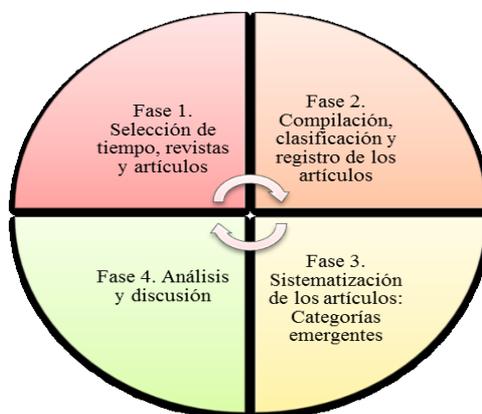
Teniendo cuenta la importancia de los instrumentos científicos, en esta ponencia analiza las tendencias en los ámbitos didáctico, histórico – filosófico y conceptual más importantes acerca de los instrumentos científicos en la revista *Science & Education* durante el periodo de tiempo 2012 - 2016. Esta revista es la más importante en el ámbito de las relaciones entre historia, filosofía y sociología de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. El tiempo se definió teniendo en cuenta que el estudio de los instrumentos científicos como un objeto central se produjo, de acuerdo con Eggen, Kvittingen, Lykknes y Wittje (2012) hacia finales de las últimas décadas del siglo XX.

2. Metodología

A nivel metodológico se recurrió a un estudio cualitativo tipo estado del arte como investigación documental. Un estado del arte permite ir tras las huellas del campo de conocimiento que se pretende ahondar, permitiendo estudiar cómo ha sido tratado éste y cuáles son las tendencias (Rojas, 2007; Caro Gutiérrez et al., 2005). Igualmente, es necesario asumir éste como la posibilidad de articular conceptualizaciones, discursos y prácticas (Gutiérrez, 2012). En este mismo sentido, Londoño Maldonado y Calderón (2014) indican que el estado del arte permite al investigador plantear una postura crítica, con relación a lo que se ha realizado y lo que se ha dejado de hacer en un tema en específico, con lo que se configura un panorama general para no repetir estudios.

A nivel metodológico se siguieron las siguientes fases: 1. Selección de tiempo, revista y artículos de investigación; 2. Compilación, clasificación y registro de la información de los artículos seleccionados a través del software Mendeley; 3. Sistematización de los artículos seleccionados que implicó establecer categorías emergentes y 4. Análisis y discusión.

Figura 1. Fases del proceso metodológico



Fuente: Elaboración propia

1. Selección de tiempo, revistas y artículos de investigación

La selección de las revista tuvo en cuenta la publicación de mayor impacto a nivel mundial que abordara de manera explícita aspectos relacionados con la historia, filosofía y sociología de la ciencia en la enseñanza de las ciencia. Igualmente, fue importante su índice H para determinar el balance entre el número de publicaciones y las citas que recibe.

En aras de delimitar el corpus se estableció una búsqueda de los artículos publicados sobre los instrumentos científicos en enseñanza de las ciencias entre los años 2012 y 2016. La razón principal para seleccionar este tiempo consiste en que el estudio de los instrumentos científicos como un objeto central se produjo, de acuerdo con Eggen, Kvittingen, Lykknes y Wittje (2012) hacia finales de las últimas décadas del siglo XX de modo que se detectaran algunas líneas de trabajo con desarrollos más consolidados. Lo anterior, permitió encontrar siete artículos que contenían en su título o resumen/abstract la palabra instrumento u aparato en plural o singular y en español o inglés. Fue así como se seleccionó la Revista *Science & Education*, considerada como el principal referente a nivel mundial en temas relacionados con la Historia, Filosofía y Sociología de la ciencia en la enseñanza de las ciencia. Además, ésta se localiza en Q1 y registra un índice H de +93. Una vez seleccionada la revista y el tiempo se procedió con la lectura de los títulos y resúmenes/ abstracts para seleccionar los artículos de investigación.

2. Compilación, clasificación y registro de los artículos

Para compilar, clasificar y registrar los artículos el criterio principal consistió en que los artículos incluyeran las palabras instrument en el título o abstract. Una vez se surtió este primer filtro se detectaron los artículos que contenían la palabra apparatus. Algunos mezclan los dos términos, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 1. Compilación, clasificación y registro de los artículos

	Artículo
1	Implementing history and philosophy in science teaching: Strategies, methods, results and experiences from the European HIPST Project
2	Reconstructing iconic experiments in electrochemistry: experiences from a history of science course
3	The evolution of teaching instruments and their use between 1800 and 1930
4	Science Education and the material culture of the Nineteenth – Century classroom: Physics and Chemistry in Spanish Secondary Schools
5	Changing Images of the inclined plane: a case study of a revolution in American Science Education
6	Reading instruments: objects, text and museums
7	Documenting collections: Cornerstones for more History of Science in Museums

Fuente: Elaboración propia

3. Sistematización de los artículos seleccionados: Categorías emergentes

Con el fin de sistematizar los artículos seleccionados se realizó una lectura de cada uno. Posteriormente, se realizaron fichas de lectura analíticas que sintetizaron principales aspectos de cada artículo. La elaboración de tales fichas permitió la emergencia de tres categorías: 1. Didáctica, 2. Historia y Filosofía y 3. Otros. Cada categoría fue asociada con un código, tal como se visualiza en la tabla 2.

Tabla 2. Categorías emergentes y códigos

Categorías emergentes	Códigos
Didáctica	Imagen de ciencia humana y contextualizada
	Investigación escolar
Historia y filosofía	Perspectiva filosófica
	Conceptualización

Fuente: Elaboración propia

A nivel didáctico emergieron aspectos tales como la importancia de los instrumentos científicos para fomentar una imagen de la ciencia humana y contextualizada, lo cual permite tensionar la idea positivista de considerar el conocimiento científico como un cuerpo de leyes, teorías y modelos de carácter neutral. Igualmente, se destaca el potencial de los instrumentos científicos para promover la investigación escolar en ciencias a través del estudio de réplicas históricas. La segunda categoría que se ha denominado Historia y filosofía permitió identificar los artículos que presentaron mayor riqueza en lo relacionada con la perspectiva filosófica en la cual se ubica el

estudio de los instrumentos científicos, además de reflexiones alrededor de la pregunta qué se entiende por instrumento científico.

4. Análisis y discusión

La fase de análisis consistió en una relectura de los resúmenes analíticos de cada artículo con el objetivo de inferir, a partir de las categorías establecidas, rasgos comunes que permitieron plantear de manera precisa, las tendencias acerca de los instrumentos científicos en la enseñanza de las ciencias durante el año 2012 - 2016. Este ejercicio de inferencia que se realizó desde una mirada inductiva permitió establecer las principales tendencias, expresadas en los resultados.

3. Resultados

Categoría 1. Didáctica

Las principales tendencias a nivel didáctico tienen que ver 1. El instrumento como medio para fomentar una imagen de ciencia humana y contextualizada y 2. El instrumento como promotor de la investigación escolar en ciencias

El instrumento como medio para fomentar una imagen de ciencia humana y contextualizada

De acuerdo con Höttecke et al., (2012) la investigación sobre instrumentos históricos es propensa a fallas y por lo tanto provee oportunidades para aprender cómo estabilizar los fenómenos naturales y reconocer que las habilidades prácticas y manipulaciones del material tienen que ser aprendidas y exploradas en estrecha relación con la comprensión teórica del instrumento y la comprensión del fenómeno que se pretende estudiar.

Igualmente, los instrumentos científicos también permiten conocer acerca de las prácticas experimentales de los científicos en el pasado, posibilitando conectar éstas con la cultura en la cual los instrumentos se encuentran embebidos y los materiales que se requirieron para su implementación. En este mismo sentido, de acuerdo Eggen et al (2012) estos posibilitan visualizar una experiencia diferente para presentar la historia de la ciencia, así como conectar las prácticas científicas pasadas y presentes (Anderson et al., 2013), e igualmente, tejer una compleja y diversa red de narrativas.

El instrumento como promotor de la investigación escolar en ciencias

Una de las ventajas didácticas acerca del uso de instrumentos científicos consiste en destacar que estos se construyen para promover la investigación en ciencias, más no para la demostración de los fenómenos o leyes ya conocidas. De allí la importancia de construir réplicas de instrumentos históricos porque esto permite estudiar el carácter procesual y situado de la ciencia y los experimentos. Así, El trabajo de Höttecke et al., (2012) destaca la importancia de las réplicas de instrumentos históricos en el trabajo experimental.

Este trabajo sobre la base de réplicas es retomado también por Heering & Winchester, (2015) en el Proyecto Galilei caracterizado porque los estudiantes pueden crear sus propios instrumentos que han tenido un significado histórico; al mismo tiempo, la propiedad de la reconstrucción de tales instrumentos es de ellos mismos en un sentido colectivo. La labor de reconstrucción se realiza sobre la base de una réplica o sobre un instrumento científico original. Para esta labor de reconstrucción es fundamental que los estudiantes comprendan el principio de trabajo científico, así como los detalles técnicos del instrumento.

Diferentes instrumentos se encontraron en los artículos tales como el plano inclinado, esferómetros, galvanómetros, el globo de azufre trabajado por el proyecto HIPST – *International History, Philosophy and Science Teaching*, campanas eléctricas, máquinas de vapor, pila voltaica, telescopios, geodésicas, cuba neumática, balanzas, calorímetros, tubos de rayos catódicos, espectrómetro de masas, el primer instrumento electrónico musical, máquinas de vacío, telescopio, y, termómetros.

Categoría 2. Historia y filosofía...

Perspectiva filosófica

En términos epistemológicos Eggen, Kvittingen, Lykknes, y Wittje, (2012) consideran que el estudio de los instrumentos científicos hace parte del denominado giro pragmático en filosofía de la ciencia, que se produce entre 1890 – 1990. De acuerdo con Lourenço y Gessner (2014) el estudio de los instrumentos en el giro material en filosofía de la ciencia.

En palabras de Taub (2011) en el giro pragmático los historiadores de la ciencia incrementaron su preocupación acerca de los problemas relacionados con la práctica científica, incluida la experimentación y el uso de instrumentos científicos. Al mismo tiempo, se presentó una fascinación por parte de muchos académicos por reflexionar acerca de la materialidad que involucró la atención para estudiar los instrumentos científicos en la actividad científica. De allí la importancia de fomentar una actitud empírica, informada principalmente por la experiencia de ver y manipular instrumentos y objetos materiales.

Conceptualización

Turner (2012) expresa que los instrumentos científicos junto con los libros de texto, manuales de laboratorio, notas de laboratorio hace parte de la “cultura material de la educación en ciencias”. Por su parte, García – Martínez e Izquierdo Aymerich (2014) resaltan la idea de ciencia como una práctica y una cultura. Esta última tiene que ver con las cosas hechas, en las que se destacan los instrumentos. Retoman, adicionalmente la propuesta de Pickering acerca del modelo del fenómeno (comprensión conceptual del fenómeno), modelo instrumental (comprensión conceptual del instrumento y del experimento) y el procedimiento material (acción manipulativa).

Para Chamizo (2014) el instrumento permite reconocer los cambios teóricos y conceptuales dentro de una disciplina, así como la importancia del diseño, construcción y uso de estos. Una revolución tiene que ver con el uso de nuevos instrumentos, no solamente con el cambio de un paradigma a otro. Es así como los instrumentos no solamente son el sustento intelectual; ellos ocupan el mismo nivel de las más grandes contribuciones teóricas para entender el mundo.

4. Conclusiones

Este trabajo permitió establecer dos categorías emergentes que fueron didáctica e historia y filosofía. A partir de cada categoría se pone de relieve que, durante este periodo de tiempo, las investigaciones realizadas destacan el papel de los instrumentos científicos para fomentar una imagen de la ciencia humana y contextualizada, así como para promover la investigación escolar en ciencias. En términos históricos y filosóficos, es importante mencionar que el estudio a profundidad de los instrumentos científicos se produce entre 1980 y 1990 a partir de la constitución de los giros pragmáticos y material en filosofía de la ciencia.

Igualmente, también se destaca la riqueza en la conceptualización respecto a qué se entiende por instrumento científico. Este fue entendido como parte fundamental de la cultura material de la educación en ciencias, de tal modo que permita elaborar discusiones alrededor de la idea de las cosas hechas más no de la manera en cómo se habla acerca de las cosas. En términos didácticos, esto es de vital importancia ya que permite reconocer que en el aula de clases de ciencia no solamente son importantes las teorías, leyes y modelos científicos, sino que también lo son las elaboraciones humanas como los instrumentos científicos.

Para llevar a cabo la práctica experimental es indispensable crear instrumentos, en otras palabras, la creación de experimentos depende del diseño, elaboración y puesta en práctica de éstos. El desarrollo de la técnica está íntimamente ligado a la producción de experimentos. Los instrumentos permiten ampliar los horizontes y perspectivas, al tiempo que ayudan a transformar el mundo. Uno de los aspectos más llamativos de los instrumentos es que ellos son condición de posibilidad para la construcción del conocimiento científico escolar. Estos son, por tanto, vitales en la práctica científica.

Su uso en la enseñanza de las ciencias no solamente tiene un carácter demostrativo de los fenómenos o leyes de la naturaleza, sino que ellos promueven la investigación. Al mismo tiempo, se destaca que el uso de instrumentos por parte de los profesores permite tejer una red de narrativas, evidencias y experiencias. Su uso educativo está ligado también a museos de ciencias, centros científicos y al engranaje en el aula de clases. Asimismo, los artículos analizados permiten reconocer la importancia de los instrumentos científicos en la medicina, su influencia en cuestiones políticas y militares, el interés comercial que ha estado asociado a estos y, para terminar, el papel que han desempeñado en la popularización, con lo cual se favorece la alfabetización, objetivo prioritario en la enseñanza de las ciencias.

5. Referencias

1. Anderson, K., Frappier, M., Neswald, E., & Trim, H. (2013). Reading Instruments: Objects, Texts and Museums. *Science and Education*, 22(5), 1167–1189. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9391-y>
2. Brenni, P. (2012). The Evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930. *Science and Education*, 21(2), 191–226. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9326-z>
3. Caro Gutiérrez, M. A., Rodríguez Ríos, A., Calero, C., Fernández-Medina, E. & Piattini, M. (2005). Análisis y revisión de la literatura en el contexto de proyectos de fin de carrera: una propuesta. *Revista Sociedad Chilena de Ciencias de la Computación*, 6(1).
4. Eggen, P.-O., Kvittingen, L., Lykknes, A., & Wittje, R. (2012). Reconstructing Iconic Experiments in Electrochemistry: Experiences from a History of Science Course. *Science & Education*, 21, 179–189. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9316-1>
5. Fernández, M., & Sánchez, J. (2013). Scientific instruments in physics cabinets : *Enseñanza de Las Ciencias*, 2, 231–249.
6. Fleming, E. M. (1974). Artifact study: A proposed model. *Winterthur Portfolio*, 9, 153–173.
7. García, Á. (2014). Historia y filosofía de la ciencia. Aportes para una nueva aula de ciencias promotora de ciudadanía y valores. In M. Quintanilla, S. Daza, & H. Cabrera (Eds.) (1st ed.). Santiago de Chile: Bellaterra.
8. García, E., Cabrera, H., Marín, M., Salazar, T., Espinosa, E. & Alvarado, L. (2017). *Prácticas experimentales en textos universitarios*. Cali : Programa Editorial Universidad del Valle.
9. García, E. & Estany, A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, (30), 7 – 24
10. García-Martínez, A. (2014). Prácticas experimentales e instrumentos científicos en las construcción del conocimiento científico escolar. En M. Quintanilla, S. Daza, & H.G. Cabrera (eds). *Historia y Filosofía de la Ciencia. Aportes para una nueva aula de ciencias, promotora de ciudadanía y valores* (1a. ed). Santiago de Chile: Belaterra.
11. Gutiérrez Loaiza, A. (2012). Nego ciaciones de paz en Colombia, 1982-2009. Un estado del arte. *Revista Estudios Políticos*, 40, 175-200
12. Heering, P. (2015). Make – Keep – Use : Bringing Historical Instruments into the Classroom. *Interchange*, 46(1), 8–18. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9228-8>
13. Heering, P., & Winchester, I. (2015). History of Science and Science Education: The Uses of Old Instruments and Developing Institutions in Developing New Conceptions. *Interchange*, 46(1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9246-6>
14. Höttecke, D., Henke, A., & Riess, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies , Methods , Results and Experiences from the European HIPST Project. *Science & Education*, 21, 1233–1261. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9330-3>

15. Lourenço, M. C., & Gessner, S. (2014). Documenting Collections: Cornerstones for More History of Science in Museums. *Science and Education*, 23(4), 727–745. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9568-z>
16. Metz, D. (2015). The Scientific Instruments of Charles Wheatstone and the Blending of Science, Art, and Culture. *Interchange*, 46(1), 19–29. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9233-y>
17. Pickering, A. (1989). Living in the material world. En: Gooding, Pinch y Schaffer (eds.). *The uses of experiment*. Cambridge: The Cambridge University Press.
18. Quintanilla, M., Daza, S., & Cabrera, H. (2014). *Historia y Filosofía de la Ciencia. Aportes para una nueva aula de ciencias, promotora de ciudadanía y valores*. (1st ed.). Santiago de Chile: Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de las Ciencias.
19. Rhees, D. J. (2015). Sparks and Shocks: Replicas of Historical Instruments in Museum Education. *Interchange*, 46(1), 45–56. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9237-7>
20. Roberts, L. (2012). A word and the world. The significance of naming the calorimeter. *ISIS*, 82, pp. 198-222. <http://dx.doi.org/10.1086/355725>
21. Rojas Rojas, S. P. (2007). El estado del arte como estrategia de formación en la investigación. *Revista Studiositas*, 2(3), 5-25.
Disponible en: http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/files/1_64_el-estado-del-arte.pdf
22. Romero, A. & Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
23. Simon, J., & Cuenta-Lorente, M. (2012). Science Education and the Material Culture of the Nineteenth-Century Classroom: Physics and Chemistry in Spanish Secondary schools. *Science & Education*, 21, 227–244. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9258-7>
24. Taub, L. (2011). Introduction: Reengaging with instruments. *The University of Chicago Press Journals*, 102(4), 689 - 696. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/10.1086/663605>
25. Turner, S. C. (2012). Changing Images of the Inclined Plane : A Case Study of a Revolution in American Science Education. *Science & Education*, 21, 245–270. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9322-3>