



Las controversias históricas científicas como eje de articulación entre formación en ciencias y formación ciudadana. Las teorías Flogisto vs. Oxígeno

Historical scientific controversies as a link between science education and citizen education. The theories Phlogiston vs. Oxygen

Controvérsias científicas históricas como elo entre educação científica e educação cidadã. As teorias Flogisto vs. Oxigênio

María Daniela Arenas Álvarez¹

Ángel Enrique Romero Chacón²

Resumen

Se presentan resultados parciales de un Trabajo de Investigación (Tesis), desarrollado en el marco de la Maestría en Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). Su propósito fue analizar los aportes del uso de controversias históricas científicas en el desarrollo de la relación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana en la enseñanza de las ciencias. Se discute el rol desempeñado por la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno, como escenario de inclusión de aspectos epistémicos y no-epistémicos de la Naturaleza de las Ciencias y su estrecha relación con aspectos de la formación ciudadana como el pluralismo, la alteridad y la inclusión. La investigación, fundamentada desde una perspectiva cualitativa, se desarrolló a través de la técnica de estudio de caso instrumental con un grupo de profesores en formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia.

Palabras clave: Reflexiones meta-científicas, Formación en ciencias, Formación ciudadana, Controversias histórico-científicas.

Abstract

Partial results of a Research Work (Thesis) developed within the framework of the Master's Degree in Science Education, from the University of Antioquia (Medellín, Colombia) are

¹ Universidad de Antioquia. Correo: mdaniela.arenas@udea.edu.co

² Universidad de Antioquia. Correo: angel.romero@udea.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5256-5535>



presented. Its purpose was to analyze the contributions of the use of scientific historical controversies in the development of the relationship between science education and citizen education in science teaching. The role played by the controversy between the phlogiston and oxygen theories is discussed, as a scenario for the inclusion of epistemic and non-epistemic aspects of the Nature of Sciences and its close relationship with aspects of citizen education such as pluralism, otherness and inclusion. The research, based on a qualitative perspective, was developed through the instrumental case study technique with a group of teachers training of the Natural Sciences Degree from the University of Antioquia.

Keywords: Meta-scientific reflections, Science education, Citizen education, Historical-scientific controversies.

Resumo

Apresentam-se resultados parciais de um Trabalho de Pesquisa (Tese) desenvolvido no âmbito do Mestrado em Educação em Ciências Naturais, da Universidade de Antioquia (Medellín, Colômbia). Seu objetivo foi analisar as contribuições do uso de controvérsias históricas científicas no desenvolvimento da relação entre educação científica e educação cidadã no ensino de ciências. Discute-se o papel da polêmica entre as teorias do flogisto e do oxigênio, como cenário para a inclusão de aspectos epistêmicos e não epistêmicos da Natureza das Ciências e sua estreita relação com aspectos da formação cidadã como o pluralismo, a alteridade e a inclusão. A pesquisa, baseada em uma perspectiva qualitativa, foi desenvolvida por meio da técnica de estudo de caso instrumental com um grupo de professores em formação do curso de Licenciatura em Ciências Naturais da Universidade de Antioquia.

Palavras chave: Reflexões metacientíficas, Educação científica, Educação cidadã, Controvérsias histórico-científicas.

Introducción

El mundo contemporáneo plantea a la educación retos para el desarrollo de competencias para la vida en comunidad y la interacción pacífica de los sujetos. En la medida que en Colombia se han instaurado, desde hace varias décadas, múltiples formas de violencia que ponen de manifiesto las dificultades que tienen los sujetos para la convivencia, esta problemática conlleva a un ineludible desafío al interior de los procesos educativos, dado que se asume que las experiencias en la vida escolar tienen influencia en la adquisición de



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

cualidades psíquicas que constituyen base temperamental y del carácter de los individuos (La Marca, 2007).

En este orden de consideraciones, en el campo de la educación en ciencias se ha venido reclamando la necesidad de enfoques y metodologías que permitan articular la educación científica y la formación de ciudadanos que actúen de forma pluralista y reflexiva en una sociedad permeada por los cambios científicos y tecnológicos (Arteaga, Armada y Martínez, 2016). Con la intención de satisfacer este requerimiento, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha propuesto que la formación ciudadana se constituya en objetivo transversal a las diferentes áreas de formación y niveles educativos, elaborando para ello una serie de Lineamientos Curriculares que sugieren incluir las competencias ciudadanas en las diferentes áreas del saber (MEN, 2001). No obstante, estos documentos orientadores se han quedado meramente en reflexiones teóricas en la medida que, como lo mencionan Chauv, Lleras y Velásquez (2004), “la formación ciudadana en muchas instituciones educativas tiene limitaciones que pueden hacer que esta formación no tenga mucho impacto en la vida de los estudiantes o en el peor de los casos que tenga un impacto negativo” (p.15). Surgen, en este sentido, preguntas como: ¿cuál es el aporte de la enseñanza de las ciencias a la formación ciudadana? ¿Qué imagen de ciencia es la adecuada para una formación de individuos con apertura crítica y respetuosos de las diferencias?

Autores como Duschl (1995) han sostenido que existe una crisis en la enseñanza de las ciencias debido a enfoques que asumen la ciencia como algo absoluto y verdadero, desconociendo por completo su desarrollo histórico y epistemológico. Una tal perspectiva de enseñanza termina presentando una ciencia ajena a toda posibilidad de conflicto o desacuerdo, alejada de los procesos de construcción del conocimiento, los cuales están permeados por la presencia de compromisos epistemológicos, valores e intereses políticos, sociales o económicos, ámbitos donde se desenvuelven los seres humanos. Esta forma de significar la ciencia se corresponde con enfoques de enseñanza expositivos y trasmisioncitas, donde es ausente el diálogo, el intercambio de posturas y la reflexión crítica, situación que conlleva a una formación de individuos autoritarios, con dificultades para desenvolverse a través del diálogo, y por ende con limitaciones en el ejercicio de habilidades ciudadanas.

La línea de investigación Naturaleza de las Ciencias (NOS, por sus siglas en inglés) ha venido reportando importantes avances alrededor de esta problemática. Si bien inicialmente sus desarrollos se restringían a asuntos de la epistemología de la ciencia y de los valores y supuestos inherentes del conocimiento científico (Acevedo-Díaz, 2009), en los últimos años se ha ido consolidando el abordaje y la inclusión de cuestiones no-epistemológicas de la ciencia, es decir aquellas concernientes a los métodos y formas de comunicación, los



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

intereses y la ética en la actividad científica, los vínculos tecnología-ciencia-sociedad, entre otros (Matthews 2012, Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016). Esta investigación asume una forma de caracterizar la NOS que se considera más acorde con lo que ocurre en las prácticas científicas, al considerar la ciencia como un sistema cognitivo-epistemológico y social-institucional de múltiples dimensiones (Erduran y Dagher, 2014; Kaya & Erduran, 2016), es decir, la articulación en la enseñanza de asuntos de tipo epistemológicos, históricos y sociológicos.

Complementariamente, se asume la formación ciudadana como el reto y el compromiso de formar individuos que se sientan pertenecientes a una comunidad, con habilidades que les permita convivir y mejorar en los diferentes ámbitos de la vida (Cortina, 1997, Chaux et. al 2004). Si bien existen diferentes perspectivas para significar la ciudadanía, se opta por asumir la perspectiva de Cortina (1997) que incluye dos enfoques, uno de origen latino (ciudadanía jurídica) y otro de origen griego (ciudadanía política). En la ciudadanía jurídica, los ciudadanos son los que hacen parte del estado, actúan bajo la ley y esperan su protección. Esta perspectiva determina que los individuos son ciudadanos por estatuto jurídico, por lo cual se les otorga unos derechos políticos y sociales. En la segunda, la ciudadanía política, los ciudadanos tienen un compromiso frente a la participación significativa en los ámbitos sociales y económicos, siendo esta una obligación y un derecho; por tanto, se caracteriza el ciudadano como aquel que toma postura y es activo en los procesos de deliberación junto con sus conciudadanos.

En este orden de consideraciones, se plantean las controversias históricas científicas (CHC) como eje articulador que permite explicitar reflexiones de y sobre la ciencia simultáneamente con dimensiones concernientes a la formación ciudadana. En particular, a través de la controversia acaecida en la segunda mitad del s. XVIII entre los partidarios de la teoría del flogisto y Lavoisier como proponente de una nueva perspectiva explicativa sobre los fenómenos de calcinación y combustión de las sustancias (Hricko, 2017), se pueden abordar no sólo aspectos epistémicos sino también asuntos no-epistémicos que permiten significar el conocimiento científico como parte de la cultura. En dicha controversia se contraponen dos perspectivas: la teoría del flogisto, que en la época había venido dominando las explicaciones entorno a una amplia serie de fenómenos, y aquella que se inicia con los trabajos de Antoine Lavoisier, quien ofrece nuevas explicaciones a los procesos de combustión y calcinación de sustancias (Serres, 1994). En su desarrollo, esta controversia posibilita identificar aspectos como la diferencia entre las explicaciones de un mismo fenómeno, el diálogo entre los científicos y las comunidades científicas, los valores e intencionalidades de los científicos, entre otros.



Metodología

Este estudio se enmarca en un paradigma cualitativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010), con un enfoque de estudio de caso instrumental (Stake, 2010), dado el interés por comprender lo que acontece en un grupo de profesores de ciencias en formación cuando reflexionan sobre asuntos epistémicos y no-epistémicos de la controversia del flogisto y del oxígeno; Así, el caso se convierte en un medio o instrumento para la construcción de significados con posibilidad de transferencia a contextos similares.

Como participantes de la investigación se tomaron profesores en formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia), pertenecientes al curso de Práctica Pedagógica VI. La selección del grupo de participantes tuvo como criterio el tener iniciación teórica en química, puesto que se abordan en la controversia elementos teóricos y metodológicos en relación con el estudio de fenómenos químicos. Por otra parte, la implementación de los instrumentos se realizó con el previo consentimiento de los participantes, siguiendo el Código de Ética en Investigación de la Universidad de Antioquia.

La intervención consistió en tres sesiones, en las cuales se utilizaron técnicas de recolección de información que permitieron el dialogo y la deliberación, atendiendo a la perspectiva de ciudadanía concebida para esta propuesta (Cortina, 1997). Tales técnicas utilizadas fueron los grupos de discusión, plenarias y la observación no participante.

Resultados y discusión

Con la intencionalidad de abordar el objetivo propuesto, se indagó por aquellos aspectos del conocimiento científico que se podían corresponder con ciertas habilidades ciudadanas. Como resultado de tal indagación, y tomando como referente la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno, se lograron identificar ciertas dimensiones propias de su desarrollo, asociadas con aspectos de la NOS, puestos en estrecha relación con algunos aspectos relevantes de la formación ciudadana. Tales relaciones se presentan en la Tabla 1, que sintetiza la matriz de categorías e índicos identificados.

Categorías	Indicios
La experimentación como escenario de pluralismo	Identifica la experimentación como forma de construcción de conocimiento.



	<p>Asocia la experimentación con estrategias discursivas que utilizan los científicos para convencer otros sobre sus ideas.</p> <p>Valora la flexibilidad intelectual como motor de desarrollo científico.</p>
Comunicación como base para la alteridad	<p>Identifica el rol de las instituciones en el desarrollo de la ciencia.</p> <p>Reconoce las estrategias comunicativas desarrolladas por los científicos para construir concesos a favor de su perspectiva.</p> <p>Identifica la ciencia como un proceso de debate y argumentación.</p>
Comunidad científica como ejercicio de participación e inclusión	<p>Reconoce que la construcción de comunidad científica está permeada por valores, antivalores e intereses.</p> <p>Cuestiona acciones como la discriminación de la mujer en la época de la controversia.</p> <p>Reconoce y analiza y el rol de la mujer en la actividad científica.</p>

Tabla 1. Matriz de categorías e indicios

A continuación, se discute el análisis adelantado para construcción de la categoría *Comunicación como base para la alteridad*. Asumiendo que el conocimiento científico esta mediado por procesos de construcción y divulgación, donde los científicos hacen uso de diferentes estrategias discursivas para comunicar sus ideas, el abordaje de esta controversia permite poner en evidencia cómo los científicos se ven constantemente abocados a sortear obstáculos para el desarrollo de sus perspectivas teóricas como lo son el escepticismo, la crítica y los cuestionamientos. En este escenario de debate, se reflexiona de forma simultánea sobre asuntos epistémicos y no-epistémicos de la ciencia tales como: uso del lenguaje para el establecimiento de hechos científicos, los resultados experimentales, el establecimiento de perspectivas teóricas y el intercambio de argumentos para convencer y ser convencidos.

Para poner en evidencia estos aspectos, se utilizaron fragmentos de la comunicación *Reflexiones finales sobre el flogisto* (1785) de Lavoisier, en donde el científico explicita sus resultados experimentales y enuncia argumentos para justificar su propuesta teórica ante la comunidad científica. Allí el científico señala que “en el momento en que pasaba la cal al metal, una cantidad considerable de aire que formaba un volumen mil veces mayor que el de la cantidad de litargirio que se formaba” (Lavoisier, 1785, citado por Bert, 2013, p.68). Allí,



su vez, invita a la naciente comunidad científica a una actitud reflexiva y libre para adoptar las ideas: “No espero que mis ideas sean adoptadas en seguida; el espíritu humano se acomoda a una manera de ver, y los que han considerado la naturaleza desde un cierto punto de vista durante una parte de su carrera, no adoptan sino con trabajo ideas nuevas” (p.127).

De igual manera, Lavoisier reconoce en el trabajo previo desarrollado por Stahl importantes descubrimientos, al señalar que “[...]serán verdades eternas: primero, que los metales son cuerpos combustibles, que la calcinación es una verdadera combustión y que ella representa todos los fenómenos” (Lavoisier, 1785, citado por Bert, 2013, p.69).

Los anteriores fragmentos permiten visualizar estrategias discursivas empleadas por Lavoisier para la construcción de conocimiento. El uso del lenguaje ante una situación de conflicto ejemplifica maneras de desenvolverse por parte de los seres humanos ante un entorno de ideas contrarias, tales como la reflexión crítica, la flexibilidad de pensamiento y la alteridad, lo que puede desencadenar importantes reflexiones sobre el ejercicio de valores propios de la formación ciudadana en la enseñanza de las ciencias.

Conclusiones

Las controversias histórico-científicas en la enseñanza de las ciencias aportan al ensamblaje de contenidos de y sobre la ciencia con aspectos de la formación ciudadana. A partir de las reflexiones que suscitó el desarrollo de la controversia histórico-científica sobre las teorías del flogisto y del oxígeno consideramos que abordar este recurso en las clases de ciencias contribuye a que los sujetos cuestionen sus propias acciones y la forma en cómo se desenvuelven ante la presencia de conflictos con los demás.

En el desarrollo de la propuesta de enseñanza sobresalieron discursos asociados a asuntos como la diferencia de pensamiento en las relaciones intrapersonales, el valor de los consensos en la construcción del conocimiento. Estas reflexiones permiten identificar las controversias como un eje articulador entre los conocimientos científicos y aspectos ciudadanos.

Finalmente, este estudio contribuye a ampliar el conocimiento que se tiene sobre nuevas alternativas en la enseñanza de la ciencia, donde las clases favorezcan reflexiones sobre algunos asuntos como la participación democrática, la inclusión y la convivencia.

Referencias

- Acevedo-Díaz, J. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355- 386. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92013010004.pdf>



- Acevedo-Díaz, J. y García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5292260>
- Arteaga, E., Armada, L. y Martínez, J. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Universidad y Sociedad*, 8(1), 169-176.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100025
- Bert, M. (2013). Lavoisier en el año uno de la revolución. Ediciones Antoni Bosh.
- Chaux, E., Lleras, J. y Velásquez, A. (2004). Competencias ciudadanas: De los estándares al Aula. Una propuesta de integración a las áreas académicas. Ediciones Uniandes.
- Cortina, A. (1997). Hacia una teoría de la ciudadanía. Ciudadanos del mundo.
<https://www.redalyc.org/pdf/138/13851511.pdf>
- Duschl, R. (1995). Más allá del conocimiento: Los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21388>
- Erduran, S. y Dagher, F. (2014). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Dordrecht: Springer.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación(5a ed.). McGraw Hill
- Hricko, J. (2017). Scientific Rationality: Phlogiston as a Case Study. Rationality: Constraints and Contexts. London, 37-59. <https://philpapers.org/rec/HRISRP>
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00891.x>
- Kaya, E., & Erduran, S. (2016). From FRA to RFN: How the Family Resemblance Approach Can Be Transformed for Science Curriculum Analysis on Nature of Science. *Science&Education*, 25,1115-1133. DOI: 10.1007/s11191-016-9861-3
- La Marca, A. (2007). Educación personalizada y formación del carácter. *Estudios sobre educación*, 13, 113-131 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2498504>
- Matthews, M. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). En M. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science*, 3-26. DOI: 10.1007/978-94-007-2457-0_1
- Ministerio de educación Nacional de Colombia (MEN). (2001). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. La formación en Ciencias. Estándares Nacionales de Educación, 96-147.
https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Serres, M. (1989). Historia de las ciencias. Cátedra.



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

Stake, R. E. (2010). Investigación con estudio de casos (Morata). Madrid.