

La comprensión de estudiantes de Educación Secundaria sobre aspectos no-epistémicos de la naturaleza de la ciencia en tres controversias de historia de la ciencia

Antonio García-Carmona¹, José Antonio Acevedo-Díaz² y María del Mar Aragón-Méndez³

¹Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla
garcia-carmona@us.es

²Inspector de Educación jubilado, Huelva. ³Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz

Resumen:

Se presenta un análisis global de los resultados obtenidos, en tres estudios, sobre la comprensión de aspectos no-epistémicos de la naturaleza de la ciencia (NDC), mediante el uso de controversias de historia de la ciencia (HDC) como contexto de enseñanza/aprendizaje. Las actividades se implementaron en Educación Secundaria (4º ESO, 1º BAC y 2º BAC). El análisis realizado se ha concretado en determinar el número total de referencias en las respuestas de los estudiantes a los descriptores no-epistémicos de las rúbricas de evaluación, y la cantidad de veces que tales descriptores fueron aludidos en total. Se concluye que los estudiantes de Educación Secundaria son capaces de comprender la influencia de los aspectos no-epistémicos de la NDC en las controversias de HDC empleadas, mejorando su comprensión durante el desarrollo de las actividades realizadas.

Palabras clave: aspectos no-epistémicos; educación secundaria; historia de la ciencia; naturaleza de la ciencia.

Introducción

Existe cierto consenso mundial en considerar la naturaleza de la ciencia (NDC) como un conocimiento clave para la alfabetización científica de la ciudadanía. Sin embargo, se cuestionan críticamente qué aspectos de NDC son los más adecuados para el currículo de ciencia en la educación preuniversitaria (Acevedo y García Carmona, 2016; Allchin, 2011; Dagher y Erduran, 2016; Hodson y Wong, 2017; Martins, 2015; entre otros). Hasta ahora, los que han dominado en la bibliografía internacional son los siete principios de Lederman (2007), que constituyen una lista restringida a la naturaleza del conocimiento científico (los productos elaborados por la ciencia). Hoy día, se reclama con vigor que se preste atención también a asuntos de los que se ha ocupado tradicionalmente la sociología de la ciencia (interna y externa a las comunidades científicas), denominados aspectos no-epistémicos de la NDC, dada su influencia en la construcción del conocimiento científico, tanto en el pasado como en el presente (Allchin, 2004).

En la década de 1930, el filósofo positivista Reichenbach diferenció entre el contexto del descubrimiento (ciencia privada) y el contexto de justificación (ciencia publicada). No obstante, para él, los filósofos de la ciencia no deberían ocuparse de la génesis de los descubrimientos científicos, sino de los resultados finales de la investigación científica, expresados en artículos y libros; a saber: los hechos descubiertos, las teorías elaboradas, los métodos lógicos empleados y la justificación empírica de las consecuencias y predicciones derivadas de las teorías (Vázquez,

Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001). Con esta distinción, los aspectos no-epistémicos, que afloran sobre todo en el contexto del descubrimiento, estarían excluidos; con lo cual, la comprensión de la NDC queda reducida a los aspectos epistémicos relativos al conocimiento científico producido. Sin embargo, la filosofía de la ciencia contemporánea ha superado esa dicotomía, y ambos contextos se consideran hoy un continuo inseparable para entender cómo se construye y evoluciona la ciencia (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017a).

Asimismo, cabe resaltar que hay una sorprendente similitud entre la visión positivista de Reichenbach, superada hace años por la filosofía, historia y sociología de la ciencia, y la posición sesgada de los investigadores y educadores de ciencia que consideran que la NDC se refiere solamente a la naturaleza del conocimiento científico producido.

Consideramos que una buena comprensión de los factores epistémicos de la NDC en la educación científica es insuficiente. Los factores no-epistémicos afloran sobre todo cuando la ciencia está en construcción; esto es, en la ciencia punta actual. Ahora bien, debe tenerse en cuenta que las controversias de HDC se refieren a lo que en el pasado era la ciencia en frontera o ciencia punta de entonces.

Como ocurre con los propios científicos, los aspectos no-epistémicos de la NDC están presentes en los razonamientos, argumentos y decisiones que toman las personas al enfrentarse a las complejas cuestiones científicas actuales, que influyen en sus vidas cotidianas (Acevedo, 2006). Por tanto, su inclusión para una alfabetización científica de la ciudadanía más completa resulta imprescindible. Sin embargo, hay un enorme déficit en la bibliografía internacional de investigaciones empíricas, realizadas en el aula con precisión y rigor, que incluyan aspectos no-epistémicos en la comprensión de la NDC.

Objetivo

El propósito de esta comunicación es mostrar la comprensión global de estudiantes de Educación Secundaria sobre diversos factores no-epistémicos de NDC, mediante el análisis de los aspectos citados, y suficientemente argumentados, en tres estudios empíricos de aula. Las actividades analizadas han sido: “Simmelweis y la fiebre puerperal” (4º ESO); “La controversia entre Pasteur y Pouchet sobre la generación espontánea” (1º BAC); y “Rosalind Franklin y la elucidación de la estructura del ADN” (2º BAC).

Marco teórico

La posición que adoptamos sobre qué enseñar de NDC se basa en una perspectiva holística más acorde con la complejidad de la construcción del conocimiento científico (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017a), y coherente con la práctica científica real (Acevedo y García Carmona, 2016). Esta perspectiva incluye aspectos epistémicos de la NDC, relativos al conocimiento científico producido y a los procesos de indagación científica, así como aspectos no-epistémicos internos y externos a la comunidad científica.

El enfoque que se ha seguido respecto a la enseñanza de la NDC ha sido explícito y reflexivo. Explícito, en el sentido de que la NDC se incluye de forma planificada y evaluable como un contenido curricular específico. Y reflexivo porque se plantea a los estudiantes mediante cuestiones para su análisis crítico (Clough, 2011). Para tratar los diversos aspectos de NDC, epistémicos y no-epistémicos, con este enfoque, se ha recurrido a la HDC como contexto, utilizando narraciones de controversias científicas elaboradas por los propios autores de esta comunicación (Acevedo y García-Carmona, 2017; Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017b; entre otros).

Metodología

CONTEXTO ACADÉMICO Y BREVE DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

Las controversias se implementaron en 4º ESO, 1º BAC y 2º BAC, respectivamente, en un instituto de Educación Secundaria de Cádiz, que acoge a una población de perfil sociocultural medio. La profesora fue la misma en los tres casos. Pueden consultarse detalles de los estudiantes participantes y de las asignaturas en las que se implementaron las controversias en Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez (2017a).

Los textos de las controversias de HDC se adaptaron ligeramente de los preparados originalmente, que estaban destinados a la formación del profesorado, así como las cuestiones de NDC planteadas en el caso de “Simmelweis y la fiebre puerperal”. Estas adaptaciones están disponibles como documentos de trabajo (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2015, 2016, 2017c).

Los aspectos no-epistémicos de NDC abordados entre las tres controversias hacen referencia tanto a factores internos como externos a la comunidad científica. A continuación se señalan estos aspectos, indicándose entre paréntesis la controversia en la que han sido tratados.

a) Aspectos internos: (1) comunicación científica: publicaciones, congresos, seminarios, correspondencia privada, etc. (Simmelweis y Generación espontánea); (2) aceptación y rechazo de las teorías científicas por la comunidad científica: comisiones académicas y evaluación por pares académicos (Generación espontánea); (3) habilidades retóricas para persuadir de las ideas propias a los demás (Simmelweis y Generación espontánea); (4) relaciones profesionales entre científicos (Simmelweis y Generación espontánea); (5) cooperación y competitividad científica (ADN); (6) personalidad del científico (Simmelweis); (7) relaciones personales entre científicos (Simmelweis y ADN); (8) valores morales y éticos (ADN); y (9) influencia del género (ADN).

b) Aspectos externos: (1) influencia socio-política: gobiernos, grupos de presión o lobbies, etc. (Generación espontánea); (2) apoyo económico y político a la investigación (Generación espontánea); (3) influencia de la religión (Generación espontánea); (4) contexto histórico, social y cultural (Simmelweis y Generación espontánea); (5) papel de la prensa en la divulgación de la ciencia (Generación espontánea).

En todos los casos, los estudiantes se organizaron en grupos pequeños de trabajo para el desarrollo de las actividades. Se emplearon unas cinco horas en cada implementación, que se estructuraron en tres fases: (1) lectura del relato de la controversia de HDC y respuestas a diversas cuestiones de NDC, a partir de la reflexión y discusión entre los miembros de cada grupo, que se redactaron en un informe inicial; (2) sesión con el grupo-clase, dirigida por la profesora, para que los grupos compartieran y debatieran sus respuestas iniciales; y (3) conclusiones finales de los grupos tras la sesión anterior, que se concretaron en la revisión y reelaboración/ampliación de sus respuestas iniciales. Estas respuestas también se registraron por los grupos en sus informes finales, que entregaron para su evaluación.

Instrumentos de análisis de datos y evaluación

Respecto a la evaluación de aprendizajes sobre NDC, nos alineamos con Allchin (2011), que propone un enfoque contextual mediante el análisis interpretativo de casos actuales e históricos de la ciencia. Por tanto, la metodología de evaluación de los aspectos de NDC abordados con la actividad presenta las características siguientes: (1) es cualitativa; (2) está contextualizada mediante controversias de HDC; (3) es interpretativa a partir de los informes producidos por los estudiantes; y (4) se analiza mediante rúbricas.

Para la evaluación de las respuestas a cada una de las cuestiones planteadas, se estableció una escala de progresión que permitiera el análisis del nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes. Se decidieron cinco niveles, de 0 a 4, correspondiendo el máximo aprendizaje conseguido al nivel 4. Los descriptores que definen el nivel máximo se establecieron tomando como punto de partida el texto de la narración de HDC, los puntos de vista actuales sobre la NDC, y la información proporcionada por las respuestas de los grupos. Estos descriptores se modificaron y reestructuraron varias veces hasta ser consensuados por los autores de este trabajo. Los diferentes niveles de progresión y los descriptores correspondientes se recogieron posteriormente en una rúbrica de evaluación para cada controversia empleada. Como ejemplo, se muestra la parte de la rúbrica correspondiente a la sexta cuestión de la controversia entre Pasteur y Pouchet sobre la generación espontánea (tabla 1).

TABLA 1. RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE LA SEXTA CUESTIÓN DE LA CONTROVERSIA ENTRE PASTEUR Y POUCHET SOBRE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA

C6. ¿Crees que influyó la religión en la controversia? ¿Por qué?				
Nivel 4 (máximo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 0
Se considera que hubo influencia de la religión en la controversia, y se dan, al menos, 3 de los argumentos siguientes: 1) Pasteur pretendía rebatir el materialismo ateo, que se asociaba a la generación espontánea. 2) Pouchet afirmaba que la negación de su teoría sobre la generación espontánea equivalía a adoptar una posición atea y caer en el darwinismo. 3) Ambos científicos usaron la religión para rebatir las ideas contrarias a sus teorías. 4) Tanto ateos como burgueses católicos asociaron la generación espontánea al darwinismo para prescindir de la existencia de Dios.	Se considera la influencia de la religión, y se aportan 2 argumentos del nivel 4.	Se considera la influencia de la religión, y se aporta 1 argumento del nivel 4.	Se considera la influencia de la religión, pero no se aportan argumentos.	No se considera la influencia de la religión.

La validez y fiabilidad de este sistema de evaluación fueron establecidas mediante procesos iterativos de análisis inter e intra-jueces iterativos, realizados por los autores, y el uso de descriptores de baja inferencia; ambos muy recurrentes y apropiados en investigaciones cualitativas como esta (Seale, 1999).

Para abordar el objetivo de esta comunicación, se ha realizado un análisis del número total de referencias de los equipos a los descriptores no-epistémicos, establecidos en las rúbricas de evaluación, y de la cantidad de veces que tales descriptores fueron aludidos como argumentos en conjunto.

Resultados

El número total de descriptores no-epistémicos citados de las rúbricas (tabla 2) fue más elevado en los informes finales (95%) que en los iniciales (68%). Asimismo, la cantidad de veces que se citaron en total tales descriptores aumentó notablemente, aproximadamente el doble, en

los informes finales respecto de los iniciales. Puede comprobarse que este incremento es muy similar en cada una de las tres controversias de HDC implementadas. Asimismo, cabe señalar que, si bien esta comprensión ya se manifestó de manera suficiente en los informes iniciales elaborados, mejoró en los informes finales. En consecuencia, estos resultados muestran que los estudiantes de Educación Secundaria son capaces de apreciar y comprender la influencia de los aspectos no-epistémicos de la NDC en las controversias tratadas.

TABLA 2. ASPECTOS NO-EPISTÉMICOS DE NDC RELATIVOS A LAS TRES CONTROVERSIAS DE HDC IMPLEMENTADAS

Controversias	Nº de grupos	Nº de descriptores de las rúbricas	Nº de descriptores citados		Nº de veces que se citan los descriptores	
			Inicial	Final	Inicial	Final
Semmelweis	5	11	7	11	14	29
ADN	4	4	3	4	5	12
Generación espontánea	5	23	16	21	34	68
TOTAL	14	38	26 (68%)	36 (95%)	53	109

En la obtención de los resultados finales, hay que resaltar la influencia que tuvo la sesión con el grupo-clase, en la que se debatieron las ideas que los grupos plasmaron en los informes iniciales. Para ello, el papel de la profesora durante esta sesión resultó clave.

Conclusiones

La principal conclusión de este trabajo es la gran eficiencia que, para la comprensión de los aspectos no-epistémicos de NDC seleccionados, han mostrado tener las actividades de análisis crítico-reflexivo de las tres controversias implementadas. El trabajo en grupo y, sobre todo, los debates en las sesiones con el grupo-clase, dirigidas por la profesora, favorecieron que las concepciones de los estudiantes de ESO y BAC mejorasen. En consecuencia, consideramos que son necesarios más estudios empíricos en el aula que presten atención a la comprensión de aspectos no-epistémicos de la NDC, de modo conjunto y equilibrado con los epistémicos.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, J. A. (2006). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 369-390.
- Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2017). *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Acevedo, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2015). *Semmelweis y la fiebre puerperal – Texto de Historia de la Ciencia para Educación Secundaria Obligatoria*. Documento de trabajo. Recuperado de [ResearchGate](#). DOI: 10.13140/RG.2.1.4404.0087
- Acevedo, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2016). *Rosalind Franklin y la doble hélice del ADN - Texto de Historia de la Ciencia para Educación Secundaria (17-18 años de edad)*. Recuperado de [Research Gate](#). DOI: 10.13140/RG.2.2.36750.97603

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón-Méndez, M. M. (2017a). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia. Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica*. Madrid: OEI.
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017b). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28(3), 140-146.
- Acevedo, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017c). *La controversia entre Pasteur y Pouchet sobre la generación espontánea – Texto de Historia de la Ciencia para Educación Secundaria (17-18 años de edad)*. Recuperado de [Research Gate](#). DOI: 10.13140/RG.2.2.13633.56162
- Allchin, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934-946.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Clough M.P. (2011). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 701-717.
- Dagher, Z. R. y Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education. Why does it matter? *Science & Education*, 25(1-2), 147-164.
- Hodson, D. y Wong, S. L. (2017). Going Beyond the Consensus View: Broadening and Enriching the Scope of NOS-Oriented Curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3-17.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 703-737.
- Seale, C. (1999). *The quality of qualitative research. Introducing qualitative methods series*. London: Sage.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176.