

CONECTANDO LOS TEMAS SOCIO-CIENTÍFICOS, LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y EL PENSAMIENTO CRÍTICO PARA HACER FRENTE A LOS RETOS ACTUALES EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

Marta Romero Ariza, Ana María Abril Gallego, Antonio Quesada Armenteros
Universidad de Jaén

RESUMEN: Este trabajo discute las conexiones y sinergias entre alfabetización científica, naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), controversias socio-científicas y pensamiento crítico (PC), así como el papel fundamental que el profesorado juega en el desarrollo de una enseñanza de las ciencias más significativa y relevante. A continuación se describe un programa de formación inicial de profesorado coherente con este enfoque y se evalúa el potencial de las tareas diseñadas por 60 participantes en contextos de controversia para promover el PC y la comprensión de la NdCyT, discutiendo las implicaciones del estudio para la práctica y la investigación en Didáctica de las Ciencias

PALABRAS CLAVE: Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, Pensamiento Crítico, Controversia Socio-Científica, Formación de Profesorado, Diseño de tareas.

OBJETIVOS: Los objetivos de este trabajo son por un lado, recurrir a la investigación especializada para discutir las conexiones entre alfabetización científica, NdCyT, controversias socio-científicas y pensamiento crítico (PC) y por otro, valorar la influencia de un curso de formación inicial de profesorado en el diseño de tareas con potencial para promover el PC y la comprensión de la NdCyT.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Desde hace varias décadas se viene reivindicando una enseñanza de las ciencias más relevante y significativa, enfocada a la promoción de la alfabetización científica de los individuos. La alfabetización científica responde a la pregunta *qué es importante para la gente joven saber, valorar y saber hacer en situaciones relacionadas con la ciencia y la tecnología* (OCDE, 2016, p. 18). Estar alfabetizado científicamente requiere no solo saber ciencias, sino comprender cómo la ciencia desarrolla y valida conocimiento y valorar las implicaciones de las interacciones ciencia, tecnología y sociedad; es decir, una comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT). Esto capacita a los individuos para tomar decisiones fundamentadas y participar activamente en un mundo en el que, frecuentemente,

surgen controversias socio-científicas derivadas de los riesgos, incertidumbres o implicaciones éticas de algunos avances científicos y tecnológicos.

La investigación especializada muestra que las controversias socio-científicas fomentan el interés y la implicación del alumnado y aportan contextos significativos para aprender ciencias, comprender la NdCyT y desarrollar el pensamiento crítico, la argumentación y la toma de decisiones fundamentada (Lederman, Antink y Bartos, 2014; Sadler y Dawson, 2012; Vázquez, Aponte, Manassero y Montesaño, 2016).

Las interrelaciones son complejas ya que la comprensión de la NdCyT influye a su vez en la capacidad de argumentación del alumnado (McDonald y McRobbie, 2012) y las actividades de argumentación en contextos socio-científicos favorecen el aprendizaje, el pensamiento crítico y una idea adecuada de la NdCyT (Jiménez-Alexander y Puig, 2012; McDonald y McRobbie, 2012; Venville y Dawson, 2010).

Para trabajar estos resultados de aprendizaje varios autores reivindican el cambio de una enseñanza basada en habilidades cognitivas de orden inferior, a otra que promueva las de orden superior. Dentro de las habilidades cognitivas de orden superior se distinguen el pensamiento crítico, el pensamiento evaluativo, el pensamiento sistémico, la capacidad de formular cuestiones, la resolución de problemas, la toma de decisiones fundamentada y la habilidad de transferir conocimiento y actuar (Zoller y Nahum, 2012). Cabe destacar que estas habilidades no suelen aparecer aisladas, sino íntimamente relacionadas, por lo que otros autores las integran bajo el término pensamiento crítico (Jiménez-Alexander y Puig, 2012).

Jiménez-Alexander y Puig (2012) definen el pensamiento crítico como la competencia que permite desarrollar opiniones independientes, reflexionar sobre el mundo que nos rodea y participar activamente en él. Esto implica la capacidad para evaluar evidencias científicas (lo que está muy relacionado con la argumentación), analizar la fiabilidad de las fuentes y distinguir entre informes de expertos, propaganda y manipulación mediática.

La consecución de estos objetivos supone un gran reto y un importante cambio metodológico en la enseñanza de las ciencias, cuyo agente clave es el profesorado.

No obstante, tanto el profesorado en formación inicial como en ejercicio demandan un apoyo específico y señalan la falta de materiales didácticos para abordar la implementación de innovaciones en el aula (Abril, Ariza, Quesada y García, 2014). La experiencia demuestra la preferencia del profesorado por materiales docentes elaborados y listos para su utilización en el aula, lo que demanda menor tiempo de preparación, facilita la labor en el aula y refuerza la sensación de control del proceso de enseñanza aprendizaje. Aunque estas razones son legítimas y comprensibles, también pueden generar una dependencia excesiva de materiales elaborados y limitar la capacidad docente para la innovación y la adaptación a los intereses y necesidades de su alumnado.

Sin embargo, trabajar la competencia de diseño de materiales es un desafío importante que requiere un apoyo especializado y justifica el diseño de programas basados en la investigación y la formación eficaz de profesorado (Ariza, Quesada, Abril y García, 2016).

En el siguiente apartado se describe el contexto de estudio, inmerso en un programa de formación inicial de profesorado basado en los fundamentos anteriores y se evalúa el potencial de las tareas diseñadas por los participantes en contextos de controversia para promover el PC y la comprensión de la NdCyT.

METODOLOGÍA

Contexto y muestra

El estudio se llevó a cabo con una muestra de 60 estudiantes (37 mujeres y 23 hombres) de 4º curso del Grado de Educación Primaria, cursando la asignatura obligatoria de Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza II en la Universidad de Jaén. Se trata de una asignatura de 6 créditos ECTS que se imparte a lo largo de un cuatrimestre, con 2 horas de teoría y dos horas de prácticas a la semana. Los contenidos están organizados en 3 grandes bloques temáticos:

El primer bloque de contenidos se centra en la construcción de una visión adecuada sobre la NdCyT, con actividades que permiten cuestionar visiones ingenuas y reflexionar sobre aspectos clave de la naturaleza de la ciencia, incluyendo episodios de historia de la ciencia y actividades de indagación para comprender el papel de la modelización en el desarrollo de conocimiento científico, la diferencia entre observación e inferencia o la distinción entre hipótesis, teoría y ley (Ariza y Vázquez, 2013; Ariza, Abril y Quesada, 2015).

El segundo bloque de contenidos se centra en el uso de la indagación y el análisis de controversias socio-científicas para trabajar la NdCyT, el pensamiento crítico, la argumentación, la toma fundamentada de decisiones, el desarrollo de competencias científicas y en definitiva, la alfabetización científica del alumnado.

El tercer bloque aborda el conocimiento didáctico del contenido de ideas clave de ciencias.

La implementación del curso se basa en un modelo de formación de profesorado, desarrollado y validado dentro de un proyecto europeo (Ariza et al., 2016), ofreciendo al profesorado la oportunidad de asumir roles de aprendiz, de profesional reflexivo y de diseñador de tareas de indagación sobre controversias socio-científicas. En relación con este último rol, se introdujeron y discutieron criterios de calidad del diseño y se solicitó a los estudiantes que eligiesen una temática de potencial interés para su futuro alumnado de Educación Primaria. La temática debía trabajar aspectos relacionados con la ciencia, sus aplicaciones y sus implicaciones sociales. Se les pidió que justificaran la relevancia de la tarea escogida, que reflexionaran sobre la existencia de distintas perspectivas y su carácter controversial y que preparasen preguntas para guiar la investigación del alumnado y promover el pensamiento crítico y la toma de decisiones. Además se les solicitó que formularan objetivos de aprendizaje y diseñaran una evaluación coherente con dichos objetivos, estableciendo relaciones con el currículum de Educación Primaria.

Dentro del contexto descrito, este trabajo presenta los resultados del análisis cualitativo de las tareas diseñadas por los estudiantes del curso, con objeto de valorar su potencial para promover algunas habilidades cognitivas de orden superior en el alumnado y una visión adecuada sobre la naturaleza de la ciencia.

Procedimiento e instrumentos de análisis

Para el análisis de las tareas diseñadas por los estudiantes de 4º curso del Grado de Educación Primaria se utilizó un enfoque cualitativo. En primer lugar se estableció un sistema de categorías de forma deductiva, esto es, partiendo del modelo teórico mencionado anteriormente (Ariza et al., 2016) y de otros marcos conceptuales asociados a la descripción de habilidades cognitivas de orden superior (Zoller y Nahum, 2012). Además, se introdujeron categorías relacionadas con algunos componentes del constructo NdCyT. No obstante, tras un proceso iterativo de análisis, el sistema inicial de categorías se modificó para acoger otras categorías que surgieron de forma inductiva y matizar la definición de algunas de ellas, con objeto de reforzar la fiabilidad y conseguir el consenso entre distintos jueces en el proceso de categorización.

Tabla 1.
Sistema de categorías para el análisis cualitativo de tareas

DIMENSIÓN	CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN DE LA CATEGORÍA
Habilidades cognitivas de orden superior	PC (Pensamiento Crítico)	Se analiza y reflexiona, aplicando criterios racionales.
	PE (Pensamiento Evaluativo)	Se contrastan y evalúan distintas ideas y perspectivas. Normalmente conlleva argumentación.
	PS (Pensamiento Sistémico)	Se favorece una visión compleja y holística, en la que se tienen en cuenta distintos factores y sus interrelaciones.
	C (Comunicación)	Se facilita la exposición de ideas y el debate.
	TD (Toma de Decisiones)	La toma de decisiones se asocia con un posicionamiento personal fundamentado frente a distintas opciones.
	A (Acción)	Implica una acción o un producto final de interés público basado en la indagación sobre la controversia socio-científica.
Aspectos relacionados con NdCyT	E (Epistemología)	Se enfatizan aspectos epistemológicos (generación, validación y revisión de conocimiento científico).
	CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad)	Se identifican mutuas interacciones CTS y sus implicaciones.
	I (Incertidumbre)	Se pone de manifiesto la incertidumbre o riesgo asociado a algunos avances científicos y/o tecnológicos.
	DP (Distintas Perspectivas)	Se ilustra la dimensión humana y la existencia de distintas perspectivas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra de participantes (60 estudiantes) se agrupó en equipos de trabajo de 2-4 personas para el diseño colaborativo de las tareas, dando lugar a un total de 20 actividades sobre 16 temáticas diferentes. Entre las temáticas escogidas se encuentran algunas de origen medioambiental (reciclaje, mejora de entornos naturales próximos), otras relacionadas directamente con aplicaciones tecnológicas (videojuegos, robots, antenas de telefonía móvil, coches eléctricos) y algunas asociadas a alimentación, salud o implicaciones éticas de determinados avances tecnológicos (efectos del chocolate, las máquinas de refrescos y tentempiés, la dieta vegetariana, las aplicaciones del aceite de palma, la homeopatía y la fecundación y vitro).

El análisis cualitativo de las tareas aplicando el procedimiento y las categorías descritas anteriormente ha permitido valorar su potencial para promover habilidades cognitivas de orden superior y facilitar la comprensión de algunos aspectos relacionados con la NdCyT. La tabla 2 recoge los resultados.

El análisis de frecuencias parece indicar un elevado potencial de las tareas para trabajar los resultados de aprendizaje perseguidos: El 90% de las tareas ofrece oportunidades para fomentar el pensamiento crítico, el 80% de ellas incide en el desarrollo de pensamiento evaluativo y el 65% favorece la adquisición de visión sistémica sobre una determinada problemática. Además el 95% incluyen actividades enfocadas a la exposición, debate y discusión de ideas y animan al alumnado a la toma de decisiones (90%) o a la acción (65%). En relación con la NdCyT, la mayoría de las tareas diseñadas ponen de manifiesto las mutuas relaciones CTS (75%) y la existencia de múltiples dimensiones (individual, social, local, global) y variados factores (científicos, económicos, medioambientales, sociales...). No obstante, solo un pequeño porcentaje de las tareas enfatizan la incertidumbre asociada a determinados

avances científicos y se refieren explícitamente a aspectos epistemológicos relacionados con la forma en la que la ciencia genera, valida o revisa el conocimiento científico.

Tabla 2.
Categorías y frecuencias

CATEGORÍA	Nº de tareas en las que se identifica esta categoría	FRECUENCIA
PC (Pensamiento Crítico)	18	90%
PE (Pensamiento Evaluativo)	16	80%
PS (Pensamiento Sistémico)	13	65%
C (Comunicación)	19	95%
TD (Toma de Decisiones)	18	90%
A (Acción)	13	65%
E (Epistemología)	2	10%
CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad)	15	75%
I (Incertidumbre)	8	40%
DP (Distintas Perspectivas)	19	95%

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados parecen indicar que tras la formación específica recibida, los participantes han desarrollado tareas con potencial para promover el PC y la comprensión de algunos aspectos de la NdCyT, lo que es especialmente interesante teniendo en cuenta la dificultad de obtener buenos materiales para trabajar estos objetivos a través de la indagación de controversias socio-científicas en el aula, así como la importancia de capacitar al profesorado para su diseño.

Finalmente cabe llamar la atención sobre el hecho de que, estos resultados, se refieren únicamente al análisis del diseño de tareas y no a su implementación en el aula, cuya evaluación constituye una línea de interés para futuros trabajos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido elaborado dentro de las líneas de trabajo del Proyecto EDU2015-64642-R (AEI/FEDER, UE) financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS

- ABRIL, A. M., ARIZA, M. R., QUESADA, A., GARCÍA, F. J. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 11, 22-33.
- ARIZA, M. R. y VÁZQUEZ, A. (2013). Investigando dragones una propuesta para construir una visión adecuada de la Naturaleza de la Ciencia en Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 85-99.
- ARIZA, M. R., ABRIL, A. M. y QUESADA, A. (2015). ¿Qué ocurre cuando los maestros/as en formación investigan dragones? Evaluación de una secuencia de enseñanza para facilitar la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia. *Interacciones*, 34, 67-90.
- ARIZA, M. R., QUESADA, A., ABRIL, A. M., y GARCÍA, F. J. (2016). Promoting Responsible Research through Science Education. Design and Evaluation of a Teacher Training Program. En INTED2016 Proceedings (pp. 3941-3950). Valencia: IATED Academy.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P., y Puig, B. (2012). Argumentation, evidence evaluation and critical thinking. En B.J. Fraser, K. Tobin y C.J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1001-1015). The Netherlands: Springer.
- LEDERMAN, N.G., ANTINK, A., y BARTOS, S. (2014). Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. *Science & Education*, 23(2), 285-302.
- MCDONALD, C.V., y McROBBIE, C.J. (2012). Utilising argumentation to teach nature of science. En B.J. Fraser, K. Tobin y C.J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 969-986). The Netherlands: Springer.
- OCDE (2016) PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy, Paris: OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- SADLER, T.D., y DAWSON, V. (2012). Socio-scientific issues in science education: Contexts for the promotion of key learning outcomes. En B.J. Fraser, K. Tobin y C.J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 799-809). The Netherlands: Springer.
- VÁZQUEZ-ALONSO, Á., APONTE, A., MANASSERO-MAS, M. A., y MONTESANO, M. (2016). A teaching-learning sequence on a socio-scientific issue: analysis and evaluation of its implementation in the classroom. *International Journal of Science Education*, 38(11), 1727-1746.
- VENVILLE, G.J., y DAWSON, V.M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.
- ZOLLER, U., y NAHUM, T.L. (2012). From teaching to know to learning to think in science education. En B.J. Fraser, K. Tobin y C.J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 209-229). The Netherlands: Springer.