

Conectar el aprendizaje por investigación con controversias socio-científicas. Contribuciones del proyecto europeo PARRISE

Ariza, M.R., Abril, A.M., Quesada, A., García, F.J

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Jaén.
mromero@ujaen.es

RESUMEN

El proyecto europeo del 7º Programa Marco PARRISE (Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education) intenta promover la alfabetización científica a la sociedad, cuyos ciudadanos deben de contribuir al debate de problemas socio-científicos de una forma fundamentada e informada, y participar en diferentes fases de investigación e innovación.

Para conseguir este objetivo, se integran diferentes conceptos clave en una nueva aproximación educativa, llamada aprendizaje basado en la investigación de problemas socio-científicos (SSIBL).

Basándose en experiencias que han demostrado su utilidad formativa, este trabajo pretende abordar el análisis de materiales de aula y de formación de profesorado estrechamente relacionados con el enfoque del mencionado proyecto europeo, con objeto de fundamentar la nueva actividad en demostradas buenas prácticas y discutir cómo estos materiales pueden ser adaptados para contribuir al objetivo planteado en el proyecto PARRISE.

Palabras clave

Aprendizaje por investigación guiada en ciencias (IBSE), alfabetización científica, desarrollo profesional, controversias socio-científicas (SSI).

INTRODUCCIÓN

La sociedad actual está fuertemente influenciada por la sociedad y la tecnología, lo que hace necesario prestar atención a los beneficios y a los costes del desarrollo científico y tecnológico. Por lo tanto, es esencial capacitar a los ciudadanos para comprender, analizar y discutir sobre problemas socio-científicos, llegando a ser una parte activa en la investigación e innovación responsable (RRI). La participación de los ciudadanos en este tipo de procesos pondrá en relación los valores, las necesidades y las expectativas con los objetivos de la investigación actual.

La educación científica debe de avanzar para resolver estas demandas y para asegurar no solamente la formación de científicos de élite, sino la educación de ciudadanos críticos, que tomen parte en los debates de problemas socio-científicos. Es decir, la educación científica tiene que formar tanto a científicos como a no científicos con el conocimiento, las competencias y los valores necesarios para poder contribuir a las

demandas de nuestra sociedad. La excelencia en la consecución de estos dos objetivos es fundamental para el desarrollo de sociedades modernas basadas en la tecnología y para conseguir la RRI en un mundo democrático.

PARRISE pretende promover la investigación e innovación responsable en la educación científica (Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education), y es el acrónimo de un proyecto de 7º Programa marco de la Unión Europea, cuyo objetivo es influir sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias para conseguir los objetivos mencionados anteriormente. Con este propósito se desarrolla una aproximación en innovación educativa que integra el aprendizaje por investigación guiada en ciencias o Inquiry Based Science Education (IBSE), las controversias socio-científicas (SSI) y la educación ciudadana (CE). Esta aproximación es llamada aprendizaje por investigación de controversias socio-científicas (Socio Scientific Inquiry Based Learning, SSIBL).

Entre los objetivos del proyecto PARRISE se encuentran la identificación y elaboración de materiales y prácticas en consonancia con el propósito del proyecto, proporcionar un marco teórico para el SSIBL, establecer las competencias del profesorado asociadas al uso de SSIBL en sus clases y proporcionar desarrollo profesional en estos temas a profesorado en ejercicio y en formación tanto de educación primaria, como de educación secundaria.

Este trabajo expone el marco teórico sobre el que se sustenta esta aproximación, y analiza el potencial de materiales y prácticas previamente diseñadas con el propósito de trabajar los objetivos planteados en PARRISE.

MARCO TEÓRICO

La convocatoria de proyectos europeos de 2013 “Ciencia en Sociedad” (SiS.2013.2.21-1) puso en evidencia la necesidad de un proceso de toma de decisiones basado en el conocimiento, competencias y valores tanto de científicos como de no científicos por igual. Del mismo modo, la Comisión Europea (2012), RRI implica que los miembros de la sociedad (ciudadanos investigadores, políticos, empresarios, sociedad en general) trabajen juntos a lo largo del proceso completo de Investigación e Innovación, de manera que se consiga una mejor concordancia entre lo que se investiga y en lo que se innova con los valores, necesidades y expectativas de la sociedad.

Según Sutcliffe (2011), RRI requiere la integración de los valores sociales en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, así como la consideración de diferentes tipos de conocimiento (académico, profesional y el conocimiento a lo largo de toda la vida). En esta línea, Owen (2012) dice que el RRI demanda responsabilidades a diferentes escalas, personal, institucional y política.

Jasanoff (2003) identificó cuatro puntos esenciales para una participación activa en RRI:

- Enfocar los temas de diálogo para promover inclusión
- Reconocer la vulnerabilidad de algunas partes de la negociación
- Conseguir un justo reparto de los productos de la innovación
- Aprender a partir de los diferentes enfoques manifestados por las partes implicadas

Sin embargo, para que la participación en RRI sea efectiva, los ciudadanos deben de estar alfabetizados científicamente, es decir, tener un conocimiento crítico del proceso y

los productos de la ciencia y la tecnología, así como ser capaces de hacer frente a los problemas socio-científicos que se planteen.

Las aproximaciones didácticas IBSE, SSI y CE pueden contribuir definitivamente al desarrollo de la alfabetización científica y a la preparación de ciudadanos para poder participar en RRI. Así pues, en la presente sección ofreceremos una panorámica de las características del IBSE, SSI y CE para que se pueda apreciar cómo pueden ser integradas en el SSIBL y ser utilizadas para conseguir los objetivos que se plantea el proyecto PARRISE.

APRENDIZAJE POR INVESTIGACIÓN GUIADA EN CIENCIAS (IBSE)

La palabra “investigación” a menudo se asocia con acciones tales como *hands-on*, aprendizaje basado en problemas o basado en proyectos, centrado en los estudiantes, aproximaciones inductivas y dialógicas, etc.; todos ellos son términos conectados de una u otra forma a la idea de que son los aprendices los que se implican de manera activa en la construcción de su propio conocimiento (Anderson, 2002; Hayes, 2002).

La investigación en educación se describe como una actividad compleja que implica hacer observaciones, plantear cuestiones, examinar libros y otras fuentes de información para descubrir qué se sabe ya sobre un tema, planificar experimentos, revisar lo que ocurre según las evidencias, usar herramientas para recoger, analizar o interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, así como comunicar resultados. La investigación requiere identificar supuestos, usar de manera crítica y lógica el pensamiento, considerar explicaciones alternativas (National Research Council, 2000), así como construir modelos y basarse en argumentos coherentes (Linn, Davis y Bell, 2003).

La investigación equipa a los niños de oportunidades para desarrollar un amplio espectro de competencias complementarias tales como trabajo en grupo, expresarse correctamente de forma oral o escrita, trabajar la resolución de problemas abiertos y otras (Comisión Europea, 2007). Estos métodos aumentan el interés por la ciencia de los Estudiantes así como la adquisición de competencias y el pensamiento crítico, promueve una visión adecuada de la naturaleza de la ciencia y facilita la comprensión tanto de los procesos como de los productos de la ciencia.

Por último, el IBSE ofrece muy buenas oportunidades para desarrollar el aprendizaje científico significativo y en contexto a través de la investigación y de la comprensión de problemas relevantes (Feldon y otros, 2010; King, Bellocchi y Ritchie, 2008; Minner, Levy y Century, 2010; National Research Council, 2000).

Dado su potencial, el IBSE puede verse como la aproximación ideal para promover la alfabetización científica y capacitar a los ciudadanos para participar en debates socio-científicos.

Controversias socio-científicas (SSI)

La Unión Europea demanda de manera explícita la implicación de la sociedad en todas las fases de la investigación e innovación, haciendo un llamamiento a la integración del IBSE y el SSI en educación para promover así la investigación y la innovación responsable (RRI).

El concepto “controversias socio-científicos” (SSI) hace alusión a problemas que a menudo surgen en nuestro mundo y tienen implicaciones científicas y/o tecnológicas. Se consideran problemas porque no hay un consenso de cómo estos podrían resolverse

y además implican connotaciones éticas y morales (Levinson, 2006; Ratcliffe y Grace, 2003; Sadler, 2011). Los estudiantes, para trabajar en SSI tiene que identificar e interpretar datos, reconocer cuáles son los diferentes factores sociales que afectan de diferente forma el problema, y deben de tener en cuenta opiniones divergentes (Sadler, 2004). Ejemplos de SSI son el uso de embriones, la producción de organismos modificados genéticamente, el desarrollo de fuentes de energía alternativa, los efectos en el ambiente que causa la sociedad o los efectos de las emisiones de dióxido de carbono en el clima. SSI reales pueden abordarse a través de la investigación, incluso creemos que pueden ser vistos problemas científicos complejos.

Educación Ciudadana (CE)

El último concepto integrado en el proyecto PARRISE es la educación ciudadana (CE), la cual tiene en cuenta la función moral y social de la educación, así como articula aspectos tanto a nivel personal, interpersonal o socio-político.

Los actuales cambios asociados al desarrollo de la ciencia y la tecnología requieren de ciudadanos críticos y democráticos, que según Veugelers (2001) tendrán las siguientes características:

- Aprenden de forma reflexiva: reflexionan sobre sus propias ideas y valores, y son responsables de su propio aprendizaje
- Aprenden de una forma dialógica: debaten en grupo, comparten diferentes perspectivas y analizan las relaciones de poder desde un punto de vista social, cultural y político
- Aprenden de forma democrática: tienen en cuenta la opinión de los demás y reconocen la importancia de construir juntos argumentos y decisiones.

A continuación se analiza y discute cómo se han diseñado previamente materiales para enseñar y aprender habiéndose así beneficiado el proyecto.

BASÁNDONOS EN EXPERIENCIAS PREVIAS

Desarrollo profesional del profesorado en IBL

Promover la alfabetización científica como estrategia para capacitar a los ciudadanos en la participación de RRI requiere equipar al profesorado con conocimientos, competencias y recursos para usar el SSIBL eficientemente en clase. En esta sección se describe un modelo de desarrollo profesional trabajado en un proyecto europeo previo (PRIMAS, <http://www.primas-project.eu/en/index.do>) en el que los autores han estado implicados, intentando identificar características y estrategias útiles para la consecución del proyecto PARRISE. El modelo desarrollado en PRIMAS se implementó en doce países de la Unión Europea, favoreciendo así el uso del aprendizaje basado en la investigación en Europa. Éste se basa en lo que actualmente se sabe sobre la formación eficiente de profesores, y presenta las siguientes características:

- Comienza con las necesidades del profesorado
- Permite al profesorado reflexionar sobre sus propias prácticas de enseñanza
- Utiliza métodos innovadores que el profesorado utilizará en su propia evolución en el aprendizaje.
- Tiene en cuenta el contexto (tales como la evaluación y el currículo)

- Proporciona apoyo a largo plazo al profesorado

A raíz de este modelo se han diseñado siete módulos que pueden utilizarse en programas de desarrollo profesional, y ofrece una guía de desarrollo profesional que ofrece sugerencias para estructurar de manera efectiva los cursos de desarrollo profesional. Cada módulo se centra en un aspecto clave relacionado con el aprendizaje basado en la investigación y ofrece un amplio abanico de actividades de desarrollo profesional para promover la adquisición de competencias necesarias para el profesorado que quiera actuar como un buen guía en la enseñanza basada en la investigación. A continuación se comenta brevemente cada módulo

- Módulo 1. Dirigir su propia investigación: En primer lugar al profesorado se le muestra una situación y se les invita a plantear sus propias cuestiones. Se les anima a comprobar lo que sienten al investigar y reflexionan qué les haría falta a los estudiantes que lleven a cabo esta experiencia en clase. Se enfatiza sobre todo la parte de plantear buenas cuestiones que orienten la investigación. El módulo incluye algunos videos ilustrativos de clases reales donde se muestra cómo los estudiantes investigan de una manera productiva.
- Módulo 2. Abordar problemas no estructurados: En este módulo se trabaja con los profesores en formación la elaboración de actividades menos estructuradas que las que normalmente utilizan en sus aulas. De hecho, en el mundo real las situaciones que se plantean no están estructuradas como las tareas escolares, y las personas deben de simplificar los problemas, construir modelos, elegir la aproximación adecuada, etc., para poder resolverlas.
- Módulo 3. Aprender conceptos a través del aprendizaje por investigación guiada: En este módulo se trabaja el aprendizaje de conceptos científicos y matemáticos. Se intenta superar la idea errónea de que este tipo de metodologías solo son apropiadas para aprender procedimientos, pero no para aprender conceptos.
- Módulo 4. Hacer preguntas para promover el razonamiento: Una de las competencias profesionales del docente que guía a los estudiantes es hacer preguntas que promuevan el razonamiento y la comprensión. Muchos docentes hacen preguntas en sus intervenciones en el aula, pero no todas ellas promueven de igual forma el aprendizaje basado en la investigación. En este módulo se insta al profesorado a reflexionar sobre su propia práctica haciendo preguntas en clase y a desarrollar estrategias de cuestionamiento efectivas para el aprendizaje basado en la investigación.
- Módulo 5. Trabajar de forma colaborativa: el IBL implica trabajo en grupo para así desarrollar competencias complementarias, la comunicación y el debate que promueva la construcción social del conocimiento, pero no todo trabajo en grupo consigue desarrollar lo anteriormente mencionado. En este módulo se trabaja con el profesorado el trabajo colaborativo efectivo.
- Módulo 6. Construir en base a lo que el estudiante ya sabe: IBL se basa en una concepción constructivista del aprendizaje. Los individuos construyen modelos explicativos de su entorno, a partir de la experiencia y la comunicación con los demás. Tener en cuenta estas ideas previas es esencial si lo que se desea es que el aprendizaje sea significativo. Este módulo ofrece al profesorado en formación estrategias y recursos concretos para construir conocimiento a partir de las ideas previas de los estudiantes.
- Módulo 7. Autoevaluación y evaluación entre iguales: Un uso óptimo del IBL requiere estrategias para utilizar la evaluación formativa como herramienta para

dirigir y mejorar el proceso de aprendizaje. En este módulo el profesorado dispondrá de ejemplos y herramientas para usar la autoevaluación y la evaluación entre iguales de una manera formativa.

Buenas prácticas: Trabajar las controversias socio-científicas a través de tareas interdisciplinares

Los recursos de aprendizaje desarrollados en el seno del proyecto COMPASS (<http://www.compass-project.eu/>) incluyeron una colección de diez tareas interdisciplinares, para estudiantes de entre 14 y 16 años, que incluían problemas socio-científicos tales como contaminación, ahorro energético, alimentación saludable, plantas de energía solar, etc. Cada una de éstas puede ser utilizada como tareas abiertas a modo de aproximación basada en proyectos o de una forma más guiada.

Todos los materiales incluyen una guía pedagógica y explicaciones para el profesorado, además de hojas de trabajo para el alumnado.

Otra característica interesante de estos materiales es que incluyen software interactivo en forma de simulaciones, proporcionando entornos virtuales para investigar en el tema que cada una de las tareas plantea. Al contrario que en experimentos reales, estos entornos virtuales permite al profesorado y estudiantes concentrarse en los problemas planteados sin distracción instrumental (Autores, 2011). Estas simulaciones (applets) son instrumentos muy útiles para superar los obstáculos derivados de la naturaleza abstracta de muchos conceptos científicos y teorías (Autores, 2014; Linn y otros, 2004). Los applets diseñados promueven la comprensión de conceptos científicos y matemáticos clave a través de la investigación.

De manera muy resumida podemos comentar tres de las diez tareas, diseñadas en el proyecto COMPASS y que han sido seleccionadas por con consorcio de PARRISE como buenas prácticas sobre las que seguir trabajando:

- *Car pollution*: Esta tarea estimula a los estudiantes a buscar información en la web para justificar su postura acerca si una determinada campaña publicitaria es científicamente correcta o no se trata más que una estratagema publicitaria. En esta campaña una compañía de coches ofrece plantar tres árboles para compensar la contaminación producida por un coche durante los 20.000 primeros kilómetros. A través del planteamiento de diversas cuestiones intermedias, los estudiantes explorarán cómo las plantas reducen CO₂ de la atmósfera, investigarán sobre el proceso fotosintético y los factores que en él influyen, producirán un informe basado en cálculos matemáticos y evaluarán la validez científica de la información ofrecida en la campaña publicitaria. De esta forma se permite a los estudiantes desarrollar y aplicar conocimiento científico para tomar una postura frente a un problema socio-científico, en este caso la contaminación atmosférica y el análisis crítico de los spots publicitarios.
- *Bulb lights*: Esta tarea se inicia con el análisis de algunas noticias de periódicos donde se menciona la decisión de la Unión Europea de prohibir las bombillas de luz convencional. De nuevo, a través de diversas preguntas intermedias, se pretende que los estudiantes se planteen el porqué de adoptar esta medida. Deberán de investigar cómo funcionan las bombillas tradicionales, cuál es la diferencia con respecto a las bombillas de bajo consumo, cuáles son los beneficios de la tecnología LED, etc. Además deberán de modelizar y realizar cálculos para estimar los costes derivados del uso de diferentes tipos de

bombillas. Así comprenderán el hecho de que los debates políticos se basan, entre otras cosas, en un conocimiento científico y tecnológico.

- *Desertec*: El inicio de esta tarea también es a través del análisis de varios artículos en periódicos o en algunas páginas web; en este caso los estudiantes son cuestionados sobre la viabilidad de un proyecto que produce y transporta energía solar desde África. De nuevo, a través de varias cuestiones intermedias aprenden matemáticas, física, tecnología, etc. Así mismo comprueban que tomar decisiones desde un punto de vista político implica conocimiento, pero también aspectos subjetivos y en ocasiones irracionales.

CONSIDERACIONES FINALES

Vista la descripción y el análisis previos, y teniendo en cuenta los objetivos del proyecto PARRISE, podemos concluir que el modelo de desarrollo profesional desarrollado en el proyecto PRIMAS puede ser considerado como un buen referente sobre el que seguir trabajando. Las principales razones que sustentan esta conclusión son:

- Se basa en el conocimiento actual y en evidencias de investigación sobre un desarrollo profesional eficiente para el profesorado
- Ofrece siete módulos desarrollados por expertos en diseño de currículo.
- Se ha implementado en doce países europeos de manera exitosa.
- Se centra en las competencias específicas del profesorado asociadas con el uso del IBL, el cual se considera una pieza clave en la aproximación que seguirá PARRISE.

Sin embargo, este modelo no se centra en problemas socio-científicos (SSI), por lo que sería necesario completarlo o reforzarlo en esta línea para poder usado en formación del profesorado.

Por otro lado, los materiales diseñados en COMPASS podrían considerarse buenos referentes para ser utilizados en el proyecto PARRISE por diferentes razones:

- Se diseñaron en una comunidad de diseño que comprendían educadores en ciencias y matemáticas de diferentes países europeos. Esta comunidad incluía expertos en aprendizaje interdisciplinar, en tareas cercanas a la realidad de los estudiantes, en apoyo tecnológico y en educación científica y matemática.
- Fueron validados por diferentes grupos de interés (autoridades escolares y profesores de diferentes países) e implementados tras sucesivos ciclos de diseño y mejora.

Por todo ello creemos que el proyecto PARRISE es una oportunidad para desarrollar el aprendizaje basado en la investigación de problemas socio-científicos (SSIBL), metodología que equipa a los ciudadanos de la sociedad actual con herramientas que favorecen la alfabetización científica, desarrollan en ellos la capacidad de debatir problemas socio-científicos de manera crítica, fundamentada e informada, para así poder participar en las diferentes fases de la investigación e innovación responsable.

✓ BIBLIOGRAFÍA

Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13, 1-12.

Autores (2011).

Autores (2014).

Comisión Europea (2007). Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe. Brussels: European Commission, Directorate-General for Research, Information and communication Unit.

Comisión Europea (2012). 2013 'Science in Society' Call for Proposals.

Feldon, D. F., Timmerman, B. C., Stowe, K. A., y Showman, R. (2010). Translating expertise into effective instruction: The impacts of cognitive task analysis (CTA) on lab report quality and student retention in the biological sciences. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 1165-1185.

Hayes, M. T. (2002). Elementary preservice teachers' struggles to define inquiry-based science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 13, 147-165.

Jasanoff, S. (2003). Technologies of humility: Citizen participation in governing science. *Minerva*, 41, 223-244.

King, D., Bellocchi, A., y Ritchie, S. M. (2008). Making connections: Learning and teaching chemistry in context. *Research in Science Education*, 38, 365-384.

Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28, 1201-1224.

Linn, M., Davis, E. y Bell, P. (2003). *Internet Environments for Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. Maidenhead/Philadelphia: Open University Press.

Minner, D, Levy, A., y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction - What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474-496.

National Research Council, (2000). Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning. Washington, D.C.: National Academy Press.

Owen, R. (2012). Towards a framework of responsible innovation. 2nd Conference on nl/conference/conf11/images/bookofabstracts_responsibleinnovationconference2012.pdf

Ratcliffe, M. y Grace, M. (2003). *Science Education for Citizenship. Teaching Socio-Scientific Issues*.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues : A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536.

Sadler, T. D. (2011). *Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research*. Springer.

Sutcliffe, H. (2011). A Report on Responsible Research and Innovation. Prepared for DG Research and Innovation, European Commission. Responsible Innovation 13-14, December 2012, The Hague, The Netherlands, <http://www.responsibleinnovation>.

Veugelers, W. (2001). Teachers, values and critical thinking. En S. R. Steinberg (Ed.) *Multi/Intercultural Conversations* (pp. 199-215). New York, Peter Lang.

