



Debates sobre cuestiones sociocientíficas

Una herramienta para aprender física y química

Juan José Ruiz
IES Cid Valencia

Jordi Solbes
Carles Furió
Universidad de Valencia

En este trabajo se muestra la importancia de hablar y escribir ciencia y, en particular, de iniciar a los estudiantes en la argumentación científica. Así mismo, se presentan los resultados de una investigación que pone de manifiesto el bajo nivel de competencias argumentativas que tienen los estudiantes de física y química y cómo los debates sobre cuestiones sociocientíficas pueden contribuir a mejorarlo.

Debates on socioscientific issues: a tool for learning physics and chemistry

This paper stresses the importance of talking and writing about the sciences and, in particular, introducing students to scientific reasoning. In addition it also presents the findings of research that reveals physics and chemistry students' low level of reasoning competences and shows how debates on socioscientific issues can help to improve this situation.

Palabras clave: *cuestiones sociocientíficas, argumentación, enseñanza ciencias.*

Keywords: *socioscientific issues, reasoning, science teaching.*

En la actualidad existe un gran consenso entre los estudiosos de la ciencia en considerar el papel fundamental del lenguaje en la actividad científica. En sus estudios, Latour y Woolgar (1995) pusieron de manifiesto la importancia de las conversaciones entre científicos del mismo equipo que discuten respecto de sus diseños experimentales, sobre la interpretación de las pruebas y la validez de las conclusiones obtenidas. La comunicación es también imprescindible entre científicos de diferentes equipos, y gracias a la difusión y al intercambio de ideas se entiende el crecimiento exponencial que ha tenido el conocimiento científico a lo largo de los últimos tiempos. Longino (1990) y Kitcher (1993), desde la filosofía de la ciencia, justifican la objetividad de la ciencia por el funcionamiento de las comunidades científicas: las nuevas ideas aparecen como

fruto del consenso obtenido en procesos de puesta en común y revisión por iguales en publicaciones o ponencias de congresos.

Es muy importante el papel de la lengua en el aprendizaje de la ciencia. Diversas investigaciones, como se puede ver en Solbes (2009), consideran que para que el alumno consiga aprender ciencia necesita aprender tanto los conceptos como los procedimientos de ésta y ha de integrar las actitudes y los valores implicados en la actividad científica. Es decir, que el alumno no sólo ha de conocer las leyes y teorías científicas aceptadas en este momento, sino que también ha de ser capaz de realizar aquellas actividades básicas en ciencia, como analizar, formular preguntas, elaborar hipótesis, diseñar experiencias, predecir, explicar, concluir y argumentar. Como dicen Pedrinaci y otros (2012):

El aprendizaje de la ciencia implica leer, escribir y hablar ciencia o hacerlo sobre ella; en consecuencia, cualquier propuesta de enseñanza científica debe preocuparse de incluir actividades que promuevan esta competencia comunicativa.

Lemke (1997) dice que «hablar ciencia... significa hacer ciencia a través del lenguaje». El lenguaje en el aula tiene una gran influencia en el aprendizaje del alumnado y depende, fundamentalmente, de la intervención del profesorado. De hecho, el tipo de discurso de aula puede relacionarse con la forma en que los profesores entienden la enseñanza de la ciencia y con la comprensión que tienen de ésta. Para aprender ciencia se considera conveniente que se produzca una verdadera comunicación entre los alumnos. Deben discutir problemas entre ellos e intercambiar ideas, la clase ha de ser activa y cooperativa y el papel de la profesora o el profesor debe ser más coordinar, orientar y motivar que meramente transmitir conocimientos.

El lenguaje utilizado en el aula de ciencias debe de ser un lenguaje lo más próximo posible al lenguaje científico, pero, a diferencia de lo que a veces se piensa, no necesariamente ha de ser un lenguaje rígido y elitista. Según Sutton (1997), el lenguaje de los científicos cuando elaboran nuevos conocimientos va evolucionando desde unas fases iniciales en las que es un lenguaje interpretativo, donde se pretende la reexpresión de ideas y es muy habitual la utilización de metáforas y analogías, hasta unas fases finales, cuando el conocimiento es totalmente aceptado y la función del lenguaje es más informativa, dado que actúa como sistema de etiquetaje. Por tanto, también en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia, el lenguaje utilizado en el aula deberá evolucionar desde unas fases iniciales en las que sea más próximo al lenguaje de los alumnos, para

Para que el alumno consiga aprender ciencia necesita aprender tanto los conceptos como los procedimientos de ésta y ha de integrar las actitudes y los valores implicados en la actividad científica

ir aproximándose a lo largo del proceso formativo a este lenguaje considerado característico del área científica.

En este *hablar y escribir ciencia*, la argumentación científica, entendida como «el proceso de evaluación de enunciados de conocimiento, por ejemplo: hipótesis, conclusiones o teorías, en base a las pruebas científicas disponibles en un momento dado» (Jiménez Aleixandre, 2010, p. 189), tiene una particular relevancia, tanto para las ciencias como para la enseñanza de éstas. Esta gran importancia viene dada porque se considera el procedimiento usado por los científicos para avanzar, revisar y actualizar el conocimiento científico y es fundamental para la validación de las leyes, los modelos o las teorías. Deberíamos aspirar a conseguir que en las clases de ciencias predominara el discurso argumentativo; esto facilitaría un aprendizaje significativo para los alumnos y les proporcionaría una visión más realista de la ciencia.

Un tipo de actividad utilizada para trabajar la argumentación en el aula son los debates sobre cuestiones sociocientíficas (CSC), utilizados con

Un tipo de actividad utilizada para trabajar la argumentación en el aula son las cuestiones sociocientíficas. Representan dilemas sociales en los que también influyen factores relacionados con cuestiones científicas y son importantes para la vida de las personas

cierta frecuencia en las ciencias naturales –como los descritos por Simonneaux (2007)– y, en menor medida, en física y química (Solbes y Torres, 2012). Son actividades en las que se confrontan opiniones diferentes sobre cuestiones en las que se encuentran involucrados factores sociales y científicos. Se presentan en forma de dilemas sociales en los que también influyen factores relacionados con cuestiones científicas y son importantes para la vida de las personas. Pensamos que

la argumentación sobre estos temas contribuye a conseguir la alfabetización científica del alumnado y ofrece la oportunidad de desarrollar el pensamiento crítico, dos objetivos fundamentales de la enseñanza en una sociedad democrática donde grandes retos del futuro están vinculados a conceptos científicos y técnicos, como los problemas ambientales, los problemas morales relacionados con las manipulaciones genéticas, las aplicaciones de las nuevas tecnologías, etc.

Diseño de la experiencia

A lo largo del curso 2008-2009 realizamos un trabajo de investigación (Solbes y otros, 2010) en el que pretendíamos determinar qué competencias argumentativas tenían los alumnos de secundaria y en qué medida la enseñanza de la física y la química promovían la adquisición de estas competencias. Los resultados de este trabajo mostraron que nuestros alumnos tenían una baja competencia argumentativa, inferior en el caso de la argumentación oral en comparación con la argumentación escrita. Un hecho que nos pareció sorprendente y, a la vez, significativo es que no aparecían grandes diferencias en la calidad de la argumentación según el nivel del alumnado, hecho que atribuimos a que no se realizaban suficientes actividades que potenciaran el uso del discurso argumentativo oral en las clases de física y química. Durante la investigación vimos que los debates sociocientíficos eran actividades que no se solían realizar en las clases de física y química, como se puso de manifiesto en los 22 libros de texto que analizamos en este mismo trabajo. En la segunda fase de la investigación, en la que estamos trabajando actualmente, nos planteamos el siguiente problema: ¿qué efecto tiene la inclusión de los debates sociocientíficos en la competencia argumentativa de los alumnos? Nuestra hipótesis era que contribuía a mejorarla y que esta mejora no era debida al incremento de la edad, porque no había diferencias significativas en la argumentación científica del alumnado de 3.º y 4.º de ESO y el de 1.º de bachillerato.

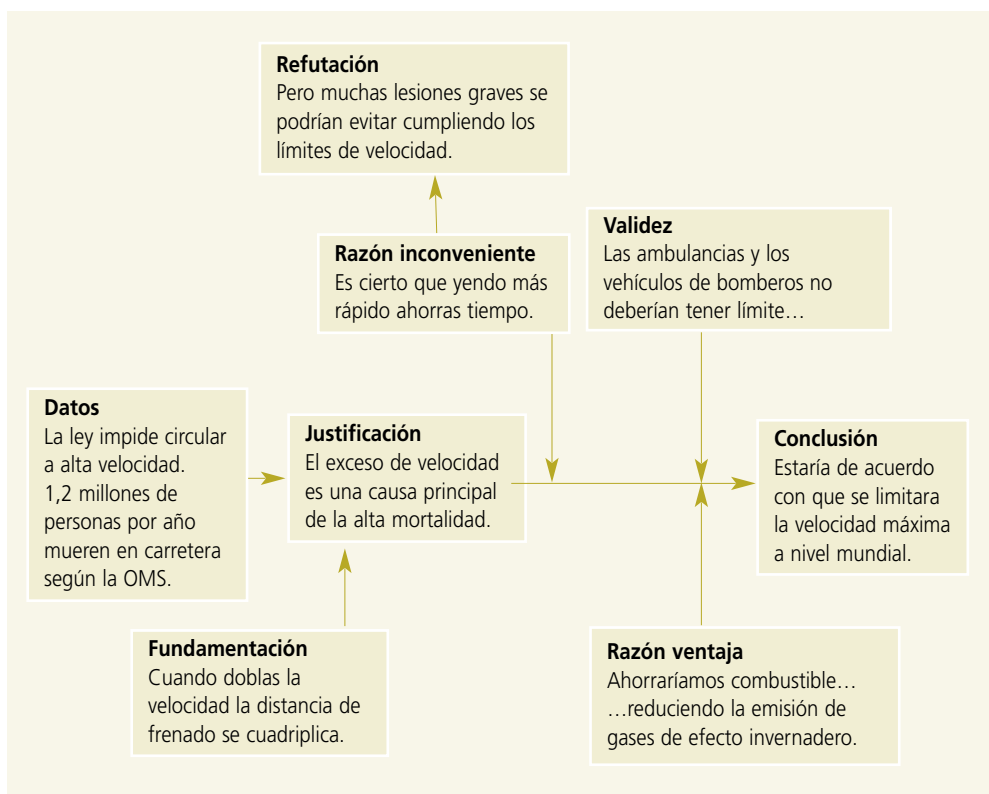
Para contrastar esta hipótesis incluimos la realización de debates sociocientíficos como una actividad habitual en las clases de física y química. Para evaluar la calidad de las producciones de los alumnos utilizamos dos métodos diseñados por Erduran y otros (2004) basados en la teoría de la argumentación de Toulmin (2007).

El primero es el método del *cluster*, que consiste en hacer un análisis del discurso identificando los componentes conectados mediante relaciones lógicas correctas, para después calificar la argumentación en función de la diversidad de los componentes utilizados. Los componentes identificados son:

- Datos (D).
- Justificación o razón principal (J): considerada como la regla o principio que permite pasar de los datos a la conclusión.

- Razones o argumentos (R).
- Fundamentación (F): conocimiento básico teórico que permite asegurar o apoyar la justificación u otras razones.
- Refutaciones (Ref).
- Validez o condiciones de excepción (V): son restricciones o acotaciones del ámbito de aplicación de la argumentación.
- Conclusión (C).

Según Toulmin (2007), una argumentación como mínimo ha de tener datos, justificación y conclusión (DJC, de orden 3). Según las categorías anteriores, el argumento más completo tendrá siete componentes diferentes (DJFRefVC, de orden 7). Este método es muy útil para evaluar de forma individual la calidad de la argumentación tanto escrita como oral de los alumnos. En el cuadro 1 aparece el análisis, en forma de diagrama de Toulmin, de un escrito que responde a la siguiente pregunta: «¿Se deberían construir los coches con limitación de velocidad máxima?». Este argumento, según el método de *cluster*, es de orden 6, puesto que en él se pueden identificar seis elementos diferentes: datos, justificación, fundamentación, razones, refutación y conclusión.



Cuadro 1. Diagrama del discurso de un alumno según Toulmin (2007)

El segundo método, basado en la calidad de las refutaciones, permite identificar las situaciones de oposición explícita o de objeción en el debate oral, es decir, las refutaciones. Para ello hay que identificar y analizar las refutaciones que aparecen en el debate, seleccionar las de mayor calidad y, en base a ellas, asignar el nivel de calidad al debate según las categorías descritas a continuación:

- Nivel 1. Una conclusión frente a una contraconclusión u otra conclusión.
- Nivel 2. Una conclusión frente a otra con datos, justificación o fundamentación, pero sin ninguna refutación.
- Nivel 3. Argumentaciones completas con refutaciones débiles ocasionales.
- Nivel 4. Aparece alguna refutación fuerte que cuestiona algún componente de la argumentación del interlocutor.
- Nivel 5. La argumentación muestra un discurso extenso con más de una refutación fuerte, los participantes aportan refutaciones y contrarrefutaciones justificadas.

La realización de los debates sobre temas sociocientíficos se lleva a cabo siguiendo el siguiente procedimiento: en una primera fase, tras trabajar algunos contenidos relacionados con el tema sociocientífico en clase, se les plantea a los alumnos una pregunta en forma de dilema, a la que deben responder mediante un texto argumentativo. Para la realización de este texto se les proporciona una base de orientación y se les sugieren algunas fuentes donde podrán obtener información adicional. Los escritos son evaluados por el profesor y se hace una puesta en común en clase, para lo que se analiza algún texto que se considera interesante mediante un diagrama de Toulmin similar al descrito en el cuadro 1.

En una segunda fase, a partir de los escritos argumentativos, se selecciona a alumnos que defienden diferentes posturas respecto del problema y se establece una mesa de debate de 4 a 6 miembros más el profesor como moderador. El resto de los componentes de la clase actúan como observadores activos, participando durante la última fase en turno abierto de palabra. Los debates son grabados en vídeo y evaluados mediante el método de la calidad de las refutaciones. Esta actividad del debate suele durar aproximadamente una hora de clase.

■ Resultados

A lo largo de los cursos 2009-2012 se trabajaron diferentes cuestiones sociocientíficas en las clases de física y química con alumnos de 3.º y 4.º de ESO y 1.º de bachillerato. Los temas de debate se seleccionaron siguiendo los siguientes criterios:

- En su resolución se utilizan nociones científicas que aparecen en el currículo de física y química.

- Son problemas reales que se presentan en forma de un dilema, respecto de los cuales la ciencia no proporciona una respuesta única.
- Son problemas actuales que suscitan el interés de los alumnos.

Los temas de debate propuestos a lo largo de los años 2009-2012 han sido:

- Elección de un envase de cola: ¿aluminio o vidrio? (3.º de ESO)

El análisis de las respuestas de un total de 49 alumnos muestra que 35 han mejorado su discurso a lo largo de estos tres cursos estudiados (71%)

- Instalaciones nucleares cerca de tu residencia: ¿sí o no? (3.º y 4.º de ESO, 1.º de bachillerato)
- Reducción del límite de velocidad en zonas urbanas: ¿a favor o en contra? (4.º de ESO)
- ¿Se deberían construir los coches con limitación de velocidad máxima? (1.º de bachillerato)

El análisis de las respuestas de un total de 49 alumnos muestra que 35 han mejorado su discurso a lo largo de estos tres cursos estudiados (71%), el resto mantiene una calidad del discurso parecida a lo largo del tiempo. Esta mejora se aprecia tanto por la diversidad de elementos utilizados en el escrito como por la calidad de las razones aportadas y la coherencia del discurso, así como por la utilización de justificaciones y pruebas sustentadas en el conocimiento científico.

Los debates iniciales no tenían gran calidad argumentativa, partíamos de niveles 2 y 3 en los grupos de 3.º de ESO, pero tras la intervención, algunos de los debates de 1.º de bachillerato se pueden calificar como de nivel 5, de calidad máxima, por la realización de un discurso extenso en el que los participantes defienden sus conclusiones adecuadamente, con pruebas y justificaciones, y presentan refutaciones fuertes a alguna parte del discurso del interlocutor.

Es destacable la buena valoración que los alumnos hacen de los debates sociocientíficos y su influencia en el cambio de actitud y en el aumento de la motivación respecto de la asignatura por parte de algunos alumnos, como se ha

puesto de manifiesto, por sus declaraciones, mediante cuestionarios y actividades de evaluación. En este sentido, destacamos algunos comentarios respecto de los debates realizados:

- El debate ha sido bastante consistente, muchas razones y contras. Me ha gustado porque aparte de que haces algo diferente, participas y aprendes algunas cosillas. (3.º de ESO)
- Me ha parecido un poco extraño nuestro comportamiento ya que normalmente la clase no está tan callada. Han participado casi todos los compañeros y sus aportaciones o argumentaciones han sido muy buenas. (3.º de ESO)
- Nos permite formar nuestro punto de vista a partir de varios diferentes, nos hace ser más críticos. (4.º de ESO).

■ Conclusiones y perspectivas

Dado que en las investigaciones iniciales encontramos que no aparecían grandes diferencias en la calidad de la argumentación según el nivel del alumnado (de 3.º de ESO a 1.º de bachillerato), se muestra que las actividades sobre cuestiones



Es destacable la buena valoración que los alumnos hacen de los debates sociocientíficos y su influencia en el cambio de actitud y en el aumento de la motivación respecto de la asignatura

sociocientíficas realizadas a lo largo de estos últimos cursos han conseguido mejorar la competencia argumentativa escrita y oral del alumnado. Estas actividades no se han limitado a la realización de redacciones argumentativas y debates sobre CSC, sino que han implicado la realización de actividades previas de orientación y otras posteriores de análisis y evaluación, para lo que hemos utilizado bases de orientación, rúbricas de coevaluación y diagramas de Toulmin como el que aparece en el cuadro 1.

Un objetivo que se ha mostrado difícil de conseguir es que los alumnos utilicen el conocimiento científico, en general, y los contenidos de las materias de física y química, en particular, para justificar y fundamentar sus razonamientos. Esto es más evidente en el caso de los debates, donde utilizan argumentos más basados en su percepción inmediata de la realidad y el sentido común que en los contenidos aprendidos en clase. Parecen pensar que estos últimos son menos persuasivos.

Hemos constatado que es importante realizar el debate tras haber trabajado los contenidos científicos implicados mediante otro tipo de actividades. Por ejemplo, la realización de problemas de distancia de frenado, antes de debates relacionados con seguridad vial. De esta forma, los debates se convierten en una oportunidad de conseguir un aprendizaje significativo.

Destacamos la buena acogida que presentan estas actividades entre los alumnos, en especial entre aquellos con un menor rendimiento acadé-

mico en física y química, que valoran positivamente la realización de los debates; por eso, estas actividades podrían ayudar a cambiar la actitud de alumnos que muestran poco interés por las ciencias.

En resumen, la realización de debates sobre cuestiones sociocientíficas de una forma integrada con otras actividades se ha mostrado como un recurso capaz de mejorar la calidad de las argumentaciones.

Referencias bibliográficas

- ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. (2004): «TAPPING into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse». *Science Education*, núm. 88, pp. 915-933.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2010): *Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona. Graó.
- KITCHER, P. (1993): *The advancement of science*. Oxford. Oxford University Press.
- LATOURET, B.; WOOLGAR, S. (1995): *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid. Alianza Universidad.
- LEMKE, J.L. (1997): *Aprender a hablar ciencia: Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona. Paidós.
- LONGINO, H. (1990): *Science as social knowledge*. Princeton. Princeton University Press.
- PEDRINACCI, E., y otros (2012): *El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona. Graó.
- SIMONNEAUX, L. (2007): «Argumentation in Socio-Scientific Context», en ERDURAN, S.; JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P. (eds.): *Argumentation in Science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht. Springer, pp. 179-200.
- SOLBES, J. (2009): «Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (II): nuevas perspectivas». *Revista Eureka*

sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 6(2), pp. 190-212 [en línea]. <http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen6/Numero_6_2/Solbes_2009b.pdf>.

SOLBES, J.; FURIÓ, C.; RUIZ, J.J. (2010): «Debates y argumentación en las clases de física y química». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 63, pp. 65-75.

SOLBES, J.; TORRES, N.Y. (2012): «Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario». *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, núm. 26, pp. 247-269 [en línea]. <<http://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/1928/1440>>.

SUTTON, C. (1997): «Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje». *Alambique*.

Didáctica de las Ciencias Experimentales, núm. 12, pp. 10-32.

TOULMIN, S. (2007): *Los usos de la argumentación*. Barcelona. Península.

Direcciones de contacto

Juan José Ruiz

IES Cid. Valencia

jruiz124@hotmail.com

Jordi Solbes

Carles Furió

Universidad de Valencia

jordi.solbes@uv.es

carles.furio@uv.es

Este artículo fue solicitado por TEXTOS DE DIDÁCTICA DE LA LENGUA Y DE LA LITERATURA en abril de 2013 y aceptado en junio de 2013 para su publicación.