

Debates y argumentación en las clases de física y química

Jordi Solbes
Universitat de València,
IES J Rodrigo Botet,
Manises (Valencia)

Juan José Ruiz
IES Cid. Valencia

Carles Furió
Universidad de Valencia

La utilización de debates y la adquisición de capacidades argumentativas son muy necesarias en caso de que existan posturas controvertidas sobre un tema CTS que impliquen valoraciones éticas distintas. En este trabajo se han planteado dichos debates en clase de física y química y se ha comprobado que los alumnos tienen un nivel muy bajo de competencia argumentativa oral, que los aspectos afectivos influyen en el debate y que dichos debates mejoran la actitud hacia las ciencias de los alumnos más pasivos.

Palabras clave: *debates, capacidades argumentativas, educación CTS, actitud hacia la ciencia.*

Debates and argumentation in physics and chemistry classes

The use of debates and developing argumentation skills is key when there are opposing positions on an STS topic with different ethical assessments. In this article we look at these debates in physics and chemistry classes and see that students have a very low level of competence in oral arguing, that emotional aspects influence debate and these debates improve more passive students' attitude toward sciences.

Keywords: *debates, arguing skills, STS education, attitude towards science.*

Existe, en didáctica de las ciencias, un creciente interés por el estudio de las competencias argumentativas del alumnado y por la creación de estrategias que potencien estas competencias. Como ejemplo de la vigencia de estos estudios podemos mencionar los informes PISA, que incluyen la evaluación de las competencias relacionadas con la interpretación de evidencias y conclusiones científicas, o también la gran cantidad de estudios llevados a cabo por diferentes investigadores (Sardá y Sanmartí, 2000; Jiménez y Díaz, 2003; Driver y otros, 2000; Osborne y otros, 2004; Maloney y Simon, 2006).

Este interés se justifica por la relevancia que tiene la discusión argumentativa en la construcción del conocimiento científico. Así, según Giere (1999), el razonamiento científico es un proceso de elección entre diferentes modelos que compiten en dar la explicación más convincente a determinados hechos o fenómenos. De esta forma se generan nuevas ideas, que deben ser contrastadas con la realidad y aceptadas por el resto de la comunidad científica.

Por otra parte, uno de los retos de la enseñanza obligatoria es el de conseguir la alfabetización científica de la población. Muchas de las

cuestiones medioambientales, médicas o económicas a las que se enfrentan las sociedades implican relaciones CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) (Aikenhead, 1994; Solbes, 2003) y requieren de los ciudadanos el análisis de diferentes argumentos y la toma de decisiones en función de la racionalidad de las diferentes opciones que se plantean (Sadler y otros, 2005). La adquisición de capacidades argumentativas es aún más necesaria en el caso de que existan posturas controvertidas sobre un tema que impliquen diferentes valoraciones éticas (Solbes, 1999), es decir, en el caso de temas controvertidos en la sociedad actual.

Así las cosas, nos planteamos el *problema* de determinar qué competencias argumentativas en ciencias tienen los estudiantes de secundaria en el ámbito de los debates en las clases de física y química y en qué medida la enseñanza de la física y la química promueve estas competencias. Entendemos por competencia argumentativa la habilidad y voluntad de elaborar discursos orales y escritos en los que se aporten pruebas y razones con la finalidad de convencer a otros de alguna conclusión u opinión entre diferentes posibles. En el caso de la argumentación científica, las pruebas, razones o argumentos han de estar fundamentados en el conocimiento científico contemporáneo, el cual no tiene una función dogmática, sino que evoluciona, es tentativo, sujeto a cambios que se producen de forma gradual a partir de evidencias experimentales y de razonamientos y discusiones.

En física y química consideramos fundamental la característica de pensar según modelos, es decir, simplificando y modelizando los problemas. Es importante trabajar con datos experimentales y tener en cuenta las consecuencias que esto comporta, representar e interpretar los datos analizando los errores experimentales y la incertidumbre de los resultados. También es importante expresar las conclusiones de la forma más sencilla general, habitualmente utilizando el lenguaje matemático.

En las clases de física y química no se suelen trabajar las competencias argumentativas y, además, somos conscientes de que aquellas actividades que requieren una respuesta razonada del tipo: «explica», «justifica», «razona» o «argumenta» son las que les resultan más difíciles a los alumnos de secundaria por ser las que suponen un grado de complejidad cognitiva mayor. Por ello, planteamos la siguiente *hipótesis*: los alumnos tienen un bajo nivel de competencia argumentativa puesto que es un procedimiento complejo, difícil de aprender, que requiere de muchas competencias «previas» y el sistema educativo apenas las promueve. Para confirmar esta hipótesis aplicamos dos tipos de diseños experimentales: la elaboración de debates y su evaluación y el análisis de una muestra de libros de texto de física y química.

Los debates en clase de física y química

Se organizaron debates con alumnos de 3.º y 4.º de ESO y 1.º de bachillerato, que se distribuían en pequeños grupos de cuatro a seis componentes. Previamente a la realización de los debates se propuso a cada alumno que desarrollara en casa una argumentación por escrito. Este escrito fue evaluado, para distribuir a los alumnos con posturas diferentes en los grupos. Se informó a los alumnos en aquellos casos en los que aparecían contradicciones en su argumentación, lo que ocurrió con relativa frecuencia.

Se realizaron grabaciones, mediante vídeo o audio, de los debates en el aula, dado que se trataba de grupos poco numerosos, de entre 10 y 24 alumnos. Los debates fueron transcritos y analizados utilizando dos métodos propuestos por Erduran y otros (2004). Ambos métodos están basados en el modelo de Toulmin de la argumentación (Toulmin, 1958).

El método del *cluster* consiste en hacer un análisis del discurso identificando los diferentes componentes que estén conectados mediante relaciones lógicas correctas, para después calificar la argumentación en función de la diversidad de los componentes utilizados. Este método nos resultó muy útil para evaluar los discursos argumentativos, tanto orales como escritos, de los alumnos individualmente. Los componentes identificados son:

- *Datos*: pruebas o hechos que sirven como base para la justificación y pueden ser de diferente tipo: empíricas, hipotéticas, etc.
- *Justificación o razón principal*: son las reglas o principios que permiten pasar de los datos a la conclusión o afirmación de la argumentación.
- *Razones o argumentos* que pueden ser de diferente tipo, como las que plantean ventajas, inconvenientes, comparaciones o ejemplificaciones.
- *Fundamentación*: conocimiento básico teórico que permite asegurar o apoyar la justificación u otras razones.
- *Refutaciones u objeciones*: son razones que cuestionan la validez de alguna parte de la argumentación.
- *Validez o condiciones de excepción*: son restricciones o acotaciones del ámbito de aplicación de la argumentación.
- *Conclusiones*: son las afirmaciones o aseveraciones cuya validez se quiere demostrar.

Según Toulmin, una argumentación, como mínimo, ha de tener datos, justificación y conclusión [(DJC), orden (III)]. Según los componentes anteriormente expuestos, el argumento más completo tendrá siete componentes diferentes (DJFRRefVC) y será de orden (VII).

El segundo método de la calidad de las refutaciones sirve para identificar las situaciones de oposición explícita o de objeción en el discurso de los estudiantes, es decir, las refutaciones. Se establecen categorías desde el nivel 1 al 5, en sentido creciente de calidad.

- 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 contrarefutaciones justificadas.

Presentación de resultados de los debates

Los debates realizados corresponden a las siguientes actividades:

Actividad 1. *Los responsables del tráfico de la ciudad de Valencia han anunciado la reducción del límite de velocidad de 50 a 30 km/h en determinadas zonas urbanas. Presenta todos los argumentos a favor y en contra de esta medida que se te ocurran y finalmente toma una postura razonada al respecto.*

Esta actividad se realizó al finalizar la unidad de Cinemática en los grupos de 4.º de ESO y 1.º de bachillerato. Un contenido de esta unidad que podía ser utilizado en la argumentación es la dependencia de la distancia de frenado con la rapidez inicial.

Actividad 2. *Como componente del Consejo ecológico del instituto has de participar en la decisión del tipo de recipiente en el que se venderá el refresco de cola en la cantina del instituto. Las posibilidades son: lata de aluminio, botella de vidrio o botella de plástico. Presenta todos los argumentos a favor y en contra de cada uno de ellos y finalmente toma una decisión respecto de la opción que propondrás al Consejo.*

La actividad se realizó en 3.º de ESO al finalizar la unidad La estructura corpuscular de la materia, donde se estudian los conceptos de masa, peso, volumen y densidad de los materiales. En concreto, en la unidad se trabaja la importancia práctica del aluminio como metal de baja densidad. Del enunciado de la actividad se sobreentiende que será necesario tener en cuenta en la argumentación criterios medioambientales.

Estos dos debates se realizaron sin la participación del profesor como moderador para evitar que éste orientara el desarrollo del debate.

Cuadro 1. Argumentaciones escritas y orales analizadas en el trabajo

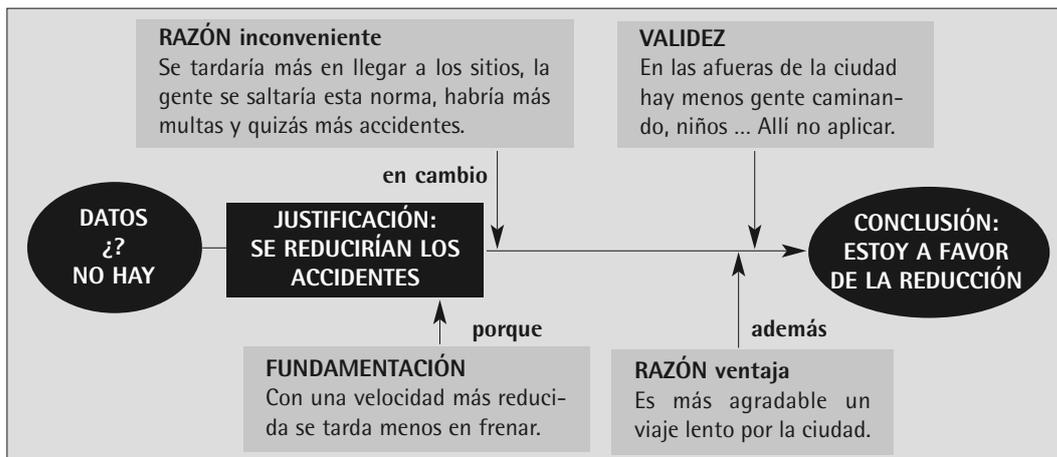
Activ	Título	N.º escritos	N.º de grabaciones de grupos	Nivel educativo
1	Límite de velocidad	10	2	4.º ESO
		22	6	1.º bachillerato
2	Envases para un refresco de cola	12	6	3.º ESO
				4.º ESO
3	Centrales nucleares		1	3.º ESO
			1	4.º ESO
			1	1.º bachillerato

Actividad 3. *En España, ¿se deberían construir nuevas centrales nucleares para producir energía?*

Esta actividad se realizó durante el proceso inmediatamente anterior a la decisión por parte del Gobierno español de prolongar la vida útil de la central nuclear de Garoña. La actividad se realizó en tres grupos, de 3.º y de 4.º ESO y 1.º de bachillerato, pero en este caso el debate se llevó a cabo con la participación del profesor como moderador. Previamente a la realización de esta actividad se dedicó una sesión de clase a reflexionar sobre el funcionamiento del debate anterior y se proporcionaron algunas orientaciones para mejorar las argumentaciones.

En el cuadro 1 aparece un resumen de los debates y materiales analizados. A continuación, en el cuadro 2 se expone un ejemplo de análisis de la respuesta por escrito de una alumna de 4.º de ESO a la actividad 1.

Cuadro 2. Diagrama del discurso de Julia en la actividad 1 según Toulmin [(JFR2VC) Orden (V)]



En el cuadro 3 aparece un fragmento de la transcripción de la grabación 1 de la actividad 1 de 1.º de bachillerato. Este fragmento, junto a otros cuatro similares, permitió clasificar este debate como de nivel 4 según el método de la calidad de las refutaciones.

El análisis completo de la transcripción de las grabaciones nos permitió evaluar individualmente, aplicando el método de cluster, la argumentación de cada alumno participante en el debate y comparar estos resultados con los correspondientes a las argumentaciones realizadas por escrito presentadas previamente a la realización del debate.

Cuadro 3. Fragmento de grabación del debate de la actividad 1. Nivel 4 según calidad de refutaciones

Línea	Actor	Transcripción	Interpretación
64 65 66 67	JJ	Lo que ha dicho el de las multas se puede solucionar con la utilización del transporte público. Si hay más atascos, la gente cogerá menos el coche y pagará más el transporte público, más ingresos para la economía, para el país.	Ref[razón-inc(2)]+razón-ven(5)
68 69 70	S	Ya, pero es que el transporte público también tiene que respetarlo, entonces el transporte público también tiene colas.	Ref[razón-ven(5)]
71 72	JJ	Tiene colas, pero si la gente deja de lado los coches no habrá tantas colas ya.	Ref[ref[razón-ven(5)]]

Cuadro 4. Resultados de los debates de las actividades 1 y 2 según la calidad de las refutaciones

NIVEL DEL DEBATE: MÉTODO CALIDAD DE LAS REFUTACIONES					
Curso	1	2	3	4	5
3.º ESO	0	1	2	3	0
4.º ESO	0	0	1	1	0
1.º bach.	1	0	4	1	0
TOTAL	1	1	7	5	0

La primera observación que se puede extraer del análisis de los resultados es que en el caso del documento escrito los órdenes mayoritariamente son IV y V, mientras que en el debate son III y IV, es decir, que los alumnos argumentan mejor por escrito que en un discurso oral, circunstancia ya descrita por diferentes investigadores (Sarda y Sanmartí, 2000). En segundo lugar, que no se observan diferencias significativas en las argumentaciones orales en función del nivel o curso; por esto haremos una exposición conjunta de los resultados.

En el cuadro 4 aparecen los niveles de los debates, correspondientes a las actividades 1 y 2, y se aplica el método de la calidad de las refutaciones. Observamos que la cantidad de debates con un nivel inferior a 4 es de 9, es decir, aproximadamente dos de cada tres debates presentan un nivel muy bajo puesto que, como mucho, presentan refutaciones débiles. En ningún debate se ha producido un discurso mantenido con refutaciones fuertes, objeciones a la argumentación del interlocutor o a algún componente de ella, argumentaciones y contraargumentaciones, merecedor de la asignación del nivel 5.

En el cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos en la actividad 3 correspondientes al debate sobre la construcción de nuevas centrales nucleares. No se aprecia una mejora significativa ni en los órdenes correspondientes al método de cluster ni en el nivel de los debates obtenido por el método de la calidad de las refutaciones respecto de los resultados de las actividades 1 y 2.

Se ha observado cualitativamente la influencia de aspectos afectivos y sociales en los debates. En algunos debates, la actividad era interpretada como un tipo de concurso competitivo en el que se había de imponer la opción personal. Esto hacía que, a menudo, se utilizaran argumentos de autoridad y descalificaciones, se hicieran afirmaciones sobre hechos o datos deliberadamente falsos o no se permitiera que el

Cuadro 5. Resultados de los debates de la actividad 3 según cluster (individual) y calidad de refutaciones (grupal)

Nivel	Orden individual según el método de cluster	Nivel según el método de calidad de las refutaciones
3.º ESO	III, IV, IV, III, IV, II.	3
4.º ESO	III, V, V, IV.	4
1.º bach.	IV, V, IV, V, I, IV.	4

compañero se explicara. En general, la participación en el debate era poco ordenada, con intervenciones simultáneas e interrupciones, sin respetar el turno de palabra. Aparecen refutaciones o contraargumentos pero sin fundamentar; se exponen posiciones contrarias, pero no se intenta convencer razonando al interlocutor.

En algunos debates también detectamos el caso contrario. Parecía que para los componentes de algún grupo de debate era prioritario llegar a un consenso, presentando cada uno su opción para seguidamente pactar una conclusión consensuada, sin establecer ningún tipo de objeción o refutación. Estos debates son los que obtuvieron una peor calificación según el método de la calidad de las refutaciones, lo que es lógico, pues son debates muy poco productivos y muy alejados de los debates científicos.

Una de las cosas que más nos sorprendió es que en algunos casos los alumnos o alumnas que presentan una argumentación de mayor calidad, en vez de convencer al resto de compañeros, consiguen el efecto contrario: el resto del grupo se posiciona en contra, lo que pone de manifiesto que la argumentación ha de formar parte de una comunicación en la que desempeña un papel importante la capacidad de persuasión (Simpson y otros, 1994).

También se observa en las actividades de debate un cambio actitudinal de los alumnos en general y, más marcadamente, en aquellos que suelen ser pasivos al aula.

De resultas de la intervención del profesor en el debate (actividad 3), aparecen ligeras mejoras en el discurso argumentativo de los alumnos y aumenta la cantidad de componentes de los argumentos, sobre todo en cuanto a la referencia a los datos, pero estas mejoras no son apreciables en las categorías de los dos métodos de evaluación utilizados. Donde sí que se nota la influencia de la mediación del profesor es en que se respetan generalmente los turnos de palabra y no se utilizan argumentos de autoridad.

Análisis de los libros de texto

Los libros de texto tienen una influencia apreciable en la enseñanza que se imparte; no sólo incluyen información en diferentes formatos, sino que contienen también una propuesta didáctica explícita o implícita. Por ello consideramos que una forma de analizar si la enseñanza en física y química promueve la argumentación era analizar en qué medida lo hacían los libros de texto.

Este análisis, a diferencia del realizado por Álvarez (1997), en que se analiza la argumentación del texto, consistió en analizar las actividades propuestas a los alumnos.

Como criterios de análisis consideramos que los libros de texto deberían contener actividades que enseñaran a argumentar, es decir, actividades que:

- Enseñen explícitamente a argumentar con actividades que describan con claridad en qué consiste argumentar, poniendo de manifiesto la acción de escoger entre dos o más explicaciones, aseveraciones o conclusiones que puedan explicar las evidencias.
- Soliciten conclusiones basadas en pruebas o justificadas con fundamentos teóricos, a sabiendas de que estas actividades requieren una actividad reflexiva, creativa, por parte del alumnado y no una mera repetición del texto.
- Propongan la realización de debates, actividades en las que se requieren y se potencian al máximo las competencias argumentativas.

Se analizaron 22 libros (ocho de 3.º de ESO, siete de 4.º de ESO y siete de 1.º de bachillerato). Para su selección, se tuvo en cuenta que fueran de editoriales conocidas y, por tanto, utilizadas por gran cantidad de docentes y de edición reciente, posterior a los cambios de currículo de la LOE.

Podemos afirmar que ninguno de los libros de texto analizados contiene actividades que enseñen explícitamente a argumentar. En general, contienen pocas actividades que soliciten conclusiones basadas en pruebas o justificadas con fundamentos teóricos o modelos. Sólo cuatro libros contienen más de una tercera parte de las unidades con actividades de esta tipología (dos de 3.º, uno de 4.º y uno de 1.º). Menor es la cantidad de debates propuestos: tan sólo hemos identificado actividades de este tipo en los libros de texto de 3.º de ESO y el libro que más tiene tan sólo propone dos en todo el texto.

Conclusiones y perspectivas

Los alumnos tienen un nivel muy bajo de competencia argumentativa oral, ya que sólo uno de cada tres grupos ha conseguido nivel 4 en el método de calidad de las refutaciones.

No aparecen diferencias significativas con respecto a las competencias argumentativas según el nivel del alumnado (3.º y 4.º de ESO y 1.º de bachillerato), lo que puede poner de manifiesto lo poco que se trabajan éstas en las clases de física y química, al contrario de lo que sucede con la resolución de ejercicios numéricos.

Se observa la influencia de los aspectos afectivos en el debate. En algunos casos, los alumnos que presentan los argumentos de mejor cali-

dad, en lugar de convencer a los otros, consiguen el efecto contrario. También se observa una mejora en la actitud de los alumnos hacia las ciencias, especialmente de los más pasivos.

En la actividad 3, que ha estado precedida por una clase de orientaciones y moderada por el profesor, no se observan mejoras en la calidad de la argumentación, más allá de aspectos formales y de orden. Esto pone de manifiesto que potenciar las competencias argumentativas no es tarea de un día ni de un par de actividades aisladas, sino que requiere de una planificación a largo plazo con unos objetivos pautados según su dificultad para ser conseguidos.

Por otra parte, los libros de texto de física y química no promueven la argumentación. Al aumentar el nivel educativo, y en paralelo con el aumento del número de ejercicios numéricos propuestos, disminuye la cantidad de actividades en las que se pide una explicación, una justificación o una argumentación. Es muy habitual encontrar actividades en las que se pide que se explique, justifique o argumente, cuando lo que se solicita es una respuesta meramente descriptiva.

Como perspectivas nos proponemos potenciar las competencias argumentativas y los debates del alumnado sobre temas CTS en las clases de física y química mediante la elaboración de materiales que tengan en cuenta este enfoque de la enseñanza de esta materia. Un aspecto que debe mejorarse, en la argumentación de los alumnos, es conseguir que fundamenten sus razones o argumentos científicamente, ya que suelen hacerlo mediante las reglas lógicas del sentido común y es poco habitual que utilicen los conocimientos aprendidos en las clases de física y química.

Por último, conviene buscar convergencias entre el programa de investigación sobre argumentación del alumnado y el programa de enseñanza-aprendizaje por investigación, puesto que el conocimiento avanza mucho cuando se producen síntesis entre dos teorías.

Referencias bibliográficas

- AIKENHEAD, G.S. (1994): «What is STS science teaching?», en SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (eds.), *STS education: International perspectives on reform*. Nueva York. Teachers College Press, pp. 47-59.
- ÁLVAREZ, V.M. (1997): «Argumentación y razonamiento en los textos de física de secundaria». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 11, pp. 65-74.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. (2000): «Establishing the norms of scientific argumentation in classroom». *Science Education*, núm. 84, pp. 287-312.
- 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.

- GIERE, R. (1999): «Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 63-69.
- JIMENEZ, M.P.; DÍAZ, J. (2003): «Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas». *Enseñanza de las ciencias*, vol. 21(3), pp. 359-370.
- MALONEY, J.; SIMON, S. (2006): «Mapping Children's Discussions of Evidence in Science to Assess Collaboration and Argumentation». *International Journal of Science Education*, vol. 28(15), pp. 1817-1841.
- OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. (2004): «Enhancing the quality of argumentation in school science». *Journal of Research In Science Teaching*, núm. 41, pp. 994-1020.
- PROYECTO IDEAS: *Ideas, Evidències i Argumentació en Ciències*. Página web del CDECT. Traducción de materiales Proyecto IDEAS del King's College London [en línea] <<http://www.xtec.cat/cdec/innovacio/pagines/ideas.htm>>. [Consulta: 28/08/09]
- SADLER, T.; ZEIDLER, D.(2005): «Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making». *Journal of Research of Science Teaching*, núm. 42, pp. 112-138.
- SARDÀ, A.; SANMARTÍ, N. (2000): «Ensenyar a argumentar científicament: Un rep-te de les classes de ciències». *Enseñanza de las ciencias*, vol. 18(3), pp. 405-422.
- SIMPSON, R.D.; KOBALA, T.R.; OLIVER, J.S.; CRAWLEY, F.E. (1994): «Research on the affective dimension of science learning», en GABEL, D.L (ed.): *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York. McMillan Pub.
- SOLBES, J. (1999): «Los valores en la enseñanza de las ciencias». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 22, pp. 97-109.
- (2003): «Las complejas relaciones entre ciencia y tecnología». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 38, pp. 8-20.
- TOULMIN, S. (1958): *The use of argument*. Nueva York. Cambridge University Press.

Dirección
de contacto

Jordi Solbes
Universidad de Valencia
jordi.solbes@uv.es

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en julio de 2009 y aceptado para su publicación en octubre de 2009.