

¿Cómo justifican los alumnos el desacuerdo científico relacionado con una controversia socio-científica? El caso de la reintroducción del oso en los Pirineos

Ana M^a Domènech Calvet y Conxita Márquez Bargalló

Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. anama.domenech@gmail.com

[Recibido en agosto de 2013, aceptado en marzo de 2014]

En este trabajo se analizan las interpretaciones de los estudiantes sobre el desacuerdo científico vinculado a una CSC y la influencia que ejerce su posicionamiento respecto la CSC en sus justificaciones. Para ello se ha diseñado una secuencia de actividades sobre la reintroducción del oso en los Pirineos y se ha implementado con 125 estudiantes de 2º ESO de 2 institutos de Barcelona. El análisis de sus respuestas escritas muestra que atribuyen el desacuerdo a la existencia de diferentes opiniones entre los científicos o a la realización de investigaciones distintas. Su posicionamiento respecto la CSC influye de manera significativa en el tipo de estrategias que proponen para que se alcance el consenso y en el reconocimiento y la justificación de la necesidad de desarrollar más investigaciones en este campo antes de seguir con esta iniciativa.

Palabras clave: Controversias socio-científicas (CSC); desacuerdo científico; propuestas didácticas basadas en CSC.

How do students justify scientists' disagreement related to a Socio-scientific Issue? The case of Bear reintroduction in the Pyrenees

The objectives are to analyze how students justify scientists' disagreement related to a SSI and to examine the influence of their positions concerning the SSI on their justifications. A sequence of activities about the reintroduction of bears in the Pyrenees was carried out with 125 secondary students in two high schools from Barcelona. The analysis of students' written responses suggests that they justify scientists' disagreement by referring to the existence of differences between scientists' beliefs and the researches that had been done. Students' positions influenced significantly on the strategies proposed to reach scientific consensus and in the justification of the need of carrying out more investigations before making more decisions in this field.

Keywords: Socio-scientific Issues; scientists' disagreement; SSI-based instruction.

Introducción y objetivos de la investigación

El uso de las células madre con fines terapéuticos o de investigación, la selección genética, la existencia y el origen del cambio climático, el efecto del uso de la telefonía móvil, el diagnóstico y tratamiento de ciertas enfermedades o la construcción y localización de un cementerio nuclear o un vertedero son ejemplos de controversias socio-científicas (CSC) que aparecen frecuentemente en los medios de comunicación.

Según Jarman y McClune (2007) las noticias que aparecen en los medios de comunicación son la principal fuente de conocimiento científico para la ciudadanía y muestran una ciencia bien distinta a la que usualmente se presenta en las clases de ciencias (Reis y Galvao, 2009; Oliveras, Márquez, y Sanmartí, 2013). A lo largo de la escolarización la mayoría del alumnado acaba desarrollando, una visión de ciencia sinónimo de conjunto de teorías incuestionables que explican fenómenos (Etkina, Murthy, y Zou, 2006; Kung y Linder, 2006; Rollnick, Lubben, Lotz, y Dlamini, 2002). En muy pocas ocasiones se explican las preguntas a las que la ciencia da respuesta o el proceso de diálogo mediante el cual se ha llegado a este conocimiento y al consenso en torno a él (Lederman, El-Khalick, Bell, y Schwarth, 2002). En contraposición a esta imagen, las CSC son situaciones nuevas que se sitúan en la llamada ciencia frontera (Ekborg, Idelan y Malmberg, 2009). Se caracterizan por ser temas abiertos, complejos y controvertidos sobre los que en ocasiones no existe un consenso científico ni una respuesta

única y definitiva. Como señala Kolstø (2001a) es precisamente este desacuerdo entre científicos el motivo por el que el alumnado, y la ciudadanía en general, tienen dificultades para entender y tomar decisiones sobre estos temas.

La literatura acerca de CSC indica que, tanto la evaluación de información científica controvertida, como la toma de decisiones acerca de CSC son procesos complejos. Distintos estudios muestran que el alumnado tiene dificultades para considerar todos los aspectos que se deberían tener en cuenta al evaluar estas cuestiones y que tienden a enfatizar alguno de ellos (Albe, 2007; Simonneaux, 2007; Sadler y Zeidler, 2009; Domènech y Márquez, 2014). Ejemplo de estos aspectos son el conocimiento científico-tecnológico (Sadler, Chambers, y Zeidler, 2004; Zeidler, Walker, Ackett, y Simmons, 2002), las experiencias personales previas (Grace, y Ratcliffe, 2002) o los valores sociales y consideraciones epistemológicas (Ryder, 2002). Paralelamente, otros estudios han puesto de manifiesto la dificultad que tienen los estudiantes para aceptar pruebas que se contradigan con sus posicionamientos iniciales (Evagorou, Jiménez-Aleixandre y Osborne, 2012; Simonneaux y Simonneaux, 2009) y la influencia de diferentes aspectos de la naturaleza de la ciencia en la visión que tienen sobre las CSC y el desacuerdo intrínseco a ellas (Sadler *et al.*, 2004; Eastwood *et al.*, 2012).

En nuestra opinión identificar la ciencia como una actividad humana, ser conscientes de la provisionalidad del conocimiento científico y entender el rol que tiene el desacuerdo científico en la generación de nuevo conocimiento son factores que ayudarían al alumnado a comprender la naturaleza de las CSC. Sin embargo, para poder intervenir de manera crítica y activa en estas temáticas, aparte de desarrollar este conocimiento científico, es importante que los estudiantes sean capaces de analizar los factores ambientales, éticos, políticos y socio-económicos que también intervienen en la CSC (Jiménez-Aleixandre, 2010). Por estos motivos, consideramos que es de especial relevancia diseñar e implementar actividades para promover el desarrollo de estos conocimientos y competencias.

Con este trabajo se pretende contribuir al conocimiento acerca de cómo los alumnos interpretan el desacuerdo científico con el objetivo de aportar ideas sobre qué tipo de actividades se pueden llevar a cabo en las clases para ayudar al alumnado a construir una visión más real de la ciencia y de la construcción del conocimiento científico. Por este motivo, en este trabajo se ha diseñado e implementado una secuencia de actividades basada en la reintroducción del oso en los Pirineos con el propósito de analizar:

- Los argumentos con los que los alumnos de 2º de ESO justifican:
 - ✓ La existencia del desacuerdo científico relacionado con la CSC.
 - ✓ Las propuestas que deberían seguir los científicos para lograr el consenso científico en relación a este tema.
 - ✓ La necesidad de llevar a cabo más investigaciones científicas antes de tomar nuevas decisiones sobre esta iniciativa.
- La influencia del posicionamiento de los alumnos respecto la reintroducción del oso en los Pirineos (si están a favor o no) en el tipo de argumentos que mencionan en sus justificaciones.

Con respecto a la terminología, en este estudio, de acuerdo con el marco descrito por Wu y Tsai (2007) entendemos por “argumentos” el tipo de información al que hacen referencia los alumnos (por ejemplo, si mencionan aspectos sociales, científicos o morales) mientras que por “consenso científico”, coincidiendo con Wong y Hodson (2008), nos referimos a la ausencia de desacuerdo por parte de la comunidad científica respecto un determinado problema o situación.

Fundamentación teórica

En las últimas décadas se ha propuesto e investigado la incorporación de las CSC en las clases de ciencias (Albe, 2007; Sadler y Dawson, 2012). Según Jiménez Aleixandre (2010, pp.133) las CSC son “dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas y en las que están implicadas cuestiones sociales, éticas, políticas y ambientales”. De acuerdo con Díaz y Jiménez Liso (2012, pp.55), “de manera más general entendemos por CSC un asunto de opinión científica y/o tecnológica en el que existe discrepancia entre los diversos actores y fuerzas sociales que participan en el proceso ya sea por desacuerdo, discusión o debate”.

Como apunta Kolstø (2001a), estas controversias suelen ir acompañadas de discrepancias a nivel científico y es difícil para la ciudadanía, y para el alumnado, tener una opinión clara sobre las mismas cuando existe falta de consenso entre los expertos. Los resultados de otro trabajo de este mismo autor reflejan que los estudiantes tienden a interpretar que la ausencia de consenso es fruto de la posible influencia de los intereses socio-económicos sobre los científicos y sus investigaciones, a pensar que las decisiones de los científicos se basan principalmente en opiniones personales o entender que los datos científicos “hablan por sí solos” (Kolstø, 2001b). Todas estas concepciones dificultan que el alumnado pueda entender la existencia de información científica contradictoria y desarrollar estrategias para evaluarla. En nuestra opinión, una de las razones que pensamos que conduce al alumnado a tener estas ideas es lo que se conoce como “el mito del método científico”.

Una de las creencias más extendidas entre el alumnado, y la ciudadanía, es que *existe un método científico universal que es seguido por todos los científicos* (Lederman *et al.*, 2002, p.501). Un conjunto de pasos que marcan todas y cada una de las investigaciones como si fueran una receta y que ineludiblemente llevan a obtener resultados claros que no necesitan ser interpretados a la luz de ninguna teoría científica (Tang *et al.*, 2010). Observar, hacer hipótesis, experimentar y generalizar son los pasos típicos que se identifican como el “método científico” y que hoy en día siguen estando en los libros de texto o en las explicaciones de los profesores (Wong y Hodson, 2009). Ya en 2005, Rudolph (2005) puso de manifiesto la necesidad de romper con este mito y mostrar a los estudiantes que, aunque hay una serie de metodologías que pueden ser definidas como científicas, no hay un único procedimiento y hay muchos factores que influyen en él. Como señala Lederman *et al.* (2002), factores socio-económicos, filosóficos, culturales, así como conocimientos y experiencias previas pueden influenciar en qué investigan los científicos, como se desarrollan estas investigaciones y, lo más importante, como se analizan los resultados obtenidos y se definen las conclusiones. El desarrollo de la actividad científica es sinónimo de desacuerdo, de debate y de consenso a través de la aportación de nuevos datos y pruebas. Promover que los estudiantes entiendan este proceso, saber qué factores facilitan o dificultan esta comprensión y diseñar actividades para ayudarles a romper el “mito del método científico” son objetivos importantes dentro de la didáctica de las ciencias.

Además de la visión del alumnado respecto a la ciencia y “el método científico”, otro aspecto que puede influenciar la evaluación de datos y pruebas disponibles respecto una CSC es el grado de implicación del alumnado con la CSC. Como destacan López-Facal y Jiménez-Aleixandre (2009), los resultados de la investigación desarrollada por Simmoneaux y Simmoneaux (2009) muestran que el hecho de estar implicado emocionalmente con la CSC e identificarse, mediante representaciones sociales, con uno de los agentes protagonistas de la CSC provoca que el estudiante omita las pruebas que están en contra de su sistema de valores. En su estudio, Simmoneaux y Simmoneaux (2009) analizan el rol que desempeñan las identidades en la argumentación de estudiantes de tercer año de universidad ante tres CSC, siendo una de ellas precisamente la reintroducción del oso en los Pirineos. Este estudio analiza

la influencia que desempeña el posicionamiento personal del alumnado en las justificaciones aportadas.

Metodología

Participantes

Los participantes son cuatro aulas de 2º de ESO de dos institutos de Cataluña (España), un total de 125 estudiantes (13-14 años de edad, 62 chicas y 63 chicos). La Tabla 1 resume las características de los participantes.

Tabla 1. Características de los participantes.

Instituto	Nº de participantes	Nivel socio-económico	Porcentaje alumnado inmigrante y principal país de origen
1	65	bajo	65% (América del Sur y El Magreb)
2	60	alto	10% (América del Sur)

En cada centro educativo, un profesor de ciencias implementó la secuencia de actividades en los grupos de 2º de ESO en los que impartía ciencias de la naturaleza. Ambos profesores, aunque no tenían experiencia en la implementación de secuencias basadas en CSC, fueron seleccionados porque formaban parte de un grupo de investigación en didáctica y porque habían colaborado con las autoras de este trabajo en estudios previos. Después de discutir en detalle la metodología que se debería seguir en el aula, cada profesor implementó la secuencia en sus clases y recogió el material escrito generado por el alumnado. Las respuestas escritas de algunas preguntas serían los datos a analizar.

El diseño de la intervención

Selección de la CSC. La reintroducción del oso en los Pirineos fue la CSC seleccionada para la secuencia de actividades.

A principios del año 1990 se cazó el último oso de la zona central de los Pirineos. Solo quedaban siete u ocho ejemplares en la zona occidental y, para evitar su extinción, en 1996 se empezó su reintroducción en el Pirineo francés. En el marco del programa LIFE de la Unión Europea se financió, entre otras cosas, la captura, el transporte y la liberación de tres osos de Eslovenia (debido a su similitud genética con la población de los Pirineos) y en 2006 se liberaron cuatro ejemplares más. Desde el primer momento se convirtió en una polémica local en la que diferentes agentes manifestaron (y siguen manifestando) su posicionamiento a favor y en contra de esta iniciativa. Además, a nivel científico se sigue estudiando la viabilidad de esta iniciativa y se cuestiona la necesidad de reintroducir más ejemplares.

En la selección de esta CSC se tuvieron en cuenta diferentes aspectos y se siguieron diferentes pasos. En primer lugar, se consultaron los contenidos y competencias establecidas por el currículum de nuestro país para 2º ESO, ya que la controversia debía estar relacionada con los conocimientos y competencias científicas trabajadas previamente con los estudiantes. De acuerdo con este documento, el alumnado participante en esta investigación había estudiado diferentes conceptos relacionados con la ecología, como por ejemplo, los factores bióticos y abióticos en el medio ambiente y las características de las poblaciones y las comunidades. Por este motivo, una temática relacionada con la ecología podía ser adecuada.

El siguiente paso consistía en escoger la CSC. Con este propósito, se consultaron las definiciones principales de CSC que frecuentemente se encuentran en la literatura.

Como señala Jiménez-Aleixandre (2010, pp.121), *las controversias socio-científicas son, ante todo, cuestiones que forman parte de la ciencia*. Son dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas y reflejan la compleja interacción entre ciencia y sociedad (Fleming, 1986; Kolsto, 2001a). Se trata de situaciones en las que están implicados diferentes agentes y en los que entran en juego sus intereses. Esto hace que existan discrepancias a distintos niveles y por eso suelen representar controversias tanto a nivel local como global (Reis y Galvao, 2009). Una de las características principales es que representan temáticas sobre las que la ciudadanía deberán formarse opiniones y tomar decisiones. Para ello, es necesario ser capaz de integrar conocimientos científicos, valores éticos, ambientales, morales y socio-económicos que están implicados en la problemática (Ekborg et al., 2009). Todas estas características y el hecho de situarse en la llamada ciencia frontera hacen que frecuentemente aparezcan en los medios de comunicación y enfrenten a la ciudadanía a la ciencia y generación de conocimiento científico real (Ratcliffe y Grace, 2003).

Finalmente, teniendo en consideración estas características y la premisa que la incorporación de las CSC en las clases de ciencias debe estar relacionada con los objetivos de aprendizaje establecidos para los estudiantes (Ekborg et al., 2009), se elaboró una rúbrica con los criterios que caracterizan a una CSC adecuada para ser tratada en clase. La aplicación de esta rúbrica respecto una temática permite valorar la adecuación de la misma. En la Tabla 2 se muestran los criterios y su aplicación en el caso de la reintroducción del oso en los Pirineos.

Tabla 2. Criterios para identificar y seleccionar una CSC adecuada. Aplicación de estos criterios en el caso de la reintroducción del oso en los Pirineos.

Criterios para caracterizar una CSC	Aplicación de los criterios en el caso de la reintroducción del oso en los Pirineos
Se trata de un tema social, evento o actividad, con frecuencia un dilema, que tiene su base en nociones científicas.	En un futuro se deberá decidir si se sigue con esta iniciativa y se reintroducen más osos en los Pirineos para disminuir los efectos de consanguinidad que se pueden generar en la población actual de osos en esa zona.
Refleja la interdependencia ciencia-sociedad	La reintroducción del oso, y de cualquier especie, es una estrategia propuesta por los científicos pero depende de la aceptación social para ser un éxito.
Hay discrepancias entre los diferentes agentes que están implicados.	Diferentes agentes manifestaron (y siguen manifestando) su posicionamiento a favor y en contra de esta iniciativa. Entre ellos destacamos: <ul style="list-style-type: none"> • Cazadores y ganaderos: el retorno del oso supone una grave amenaza para el desarrollo de sus actividades económicas. • Hosteleros: hay desconcierto ya que se considera que el oso podría significar un atractivo para los excursionistas pero, a su vez, podría llegar a disminuir el número de visitantes si estos tuvieran miedo de ser atacados. • Científicos y grupos ecologistas: la mayoría están a favor de esta iniciativa pero algunos de ellos piden que se hagan más estudios para disminuir la incertidumbre y garantizar la supervivencia de esta especie. • Políticos: deben mantener satisfechos al máximo de colectivos posibles si quieren asegurarse su permanencia en el poder.
Aparece frecuentemente en los medios de comunicación.	Desde el principio de esta iniciativa, los medios de comunicación se han hecho eco de ella. El impacto mediático llegó a ser tan grande que los expertos tuvieron que abortar una de las primeras liberaciones de osos para evitar que los animales corrieran riesgos. A raíz de este incidente, las liberaciones posteriores se comunicaron a los medios después de haber sido realizadas. A parte de estos episodios, periódicamente van apareciendo noticias sobre los osos que muestran opiniones a favor y en contra de la iniciativa.

Tabla 2. (Continuación)

Criterios para caracterizar una CSC	Aplicación de los criterios en el caso de la reintroducción del oso en los Pirineo
Es una controversia local o global sobre la que aún no existe una respuesta única y definitiva. Refleja la naturaleza y los procedimientos científicos	A pesar de que la reintroducción del oso ha sido precedida por la realización de estudios con el objetivo de evaluar su viabilidad, los científicos aún no están de acuerdo acerca de las probabilidades de éxito que hay. En general, el éxito de una reintroducción es mayor en los casos en el que hay un mayor número de individuos fundadores, se trata de una especie con una alta tasa de crecimiento de la población y una varianza y competencia intra-específica baja (Griffith, Scott, Carpenter, y Reed, 1989). Sin embargo, en el caso de los osos, se ha observado que la población presenta una baja variabilidad genética, un bajo crecimiento con una varianza alta y que está sujeto a las variaciones del medio ambiente. Por estos motivos, los científicos siguen teniendo opiniones distintas acerca de la viabilidad de esta iniciativa y la necesidad de reintroducir más individuos en la zona.
Los estudiantes tendrán que tratar esta problemática a lo largo de su vida.	En los últimos años ha aumentado la preocupación por la pérdida de la biodiversidad. En este contexto, la reintroducción de especies aparece como una actuación posible para mantener la biodiversidad cuando no se ha conseguido preservar una especie de manera natural. En los próximos años, es muy probable que los científicos propongan reintroducir más especies y la ciudadanía deberá estar preparada para enfrentarse a este tipo de situaciones.
Está vinculada a los conocimientos y competencias científicas que deben trabajarse con los estudiantes.	El estudio de la reintroducción del oso podría enmarcarse en el bloque “La vida en acción” del currículum de 2º ESO (BOE-A-2007-238, Real Decreto 1631/2006). Permite el análisis de un ecosistema cercano, la identificación del papel de cada uno de los elementos que lo configuran y la valoración de las posibles consecuencias en la red trófica de su modificación.
Permite que los estudiantes puedan reevaluar, estructurar o aplicar conocimientos y competencias científicas.	La reintroducción del oso permite que los estudiantes apliquen conocimientos que habían estudiado previamente: los factores bióticos y abióticos en el medio ambiente y las características de las poblaciones y las comunidades (relaciones inter e intraespecíficas, cadenas tróficas, el concepto de nicho ecológico y la sucesión ecológica).

Diseño y validación de las actividades. Después de seleccionar la CSC, se diseñó la secuencia de actividades partiendo de la premisa que la CSC debía ser el contexto que guiara toda la propuesta, no aparecer sólo a modo de introducción o aplicación. Además, en la secuencia se incluyeron tres preguntas abiertas específicamente diseñadas para la recogida de datos (ver Tabla 3).

Tabla 3. Preguntas del cuestionario y objetivos de investigación relacionados con cada una de ellas.

Pregunta del cuestionario	Objetivo de investigación
<ul style="list-style-type: none"> ¿Crees que la reintroducción del oso en los Pirineos debería seguir adelante, o por el contrario, crees que debería tener lugar en otro hábitat? Justifica tu opinión. 	Conocer el posicionamiento del estudiante respecto la reintroducción (relación con el objetivo 2).
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo puede ser que los científicos no hayan llegado a un acuerdo acerca de la reintroducción del oso en los Pirineos? ¿Cuáles pueden ser las causas de este desacuerdo? Justifica tu opinión y explica qué estrategias podrían seguirse para alcanzar el consenso en caso que sea posible. 	Conocer cómo justifica el desacuerdo científico (relación con el objetivo 1a), las estrategias que proponen (relación con objetivo 1b) y la necesidad de desarrollar más investigaciones en el campo (relación con el objetivo 1c).
<ul style="list-style-type: none"> ¿Crees que los científicos necesitan llevar a cabo más investigaciones antes de seguir adelante con la reintroducción? Justifica tu opinión. 	Estas cuestiones son una adaptación de dos de las preguntas utilizadas por Sadler <i>et al.</i> (2009, pp.97) en sus entrevistas para determinar el estadio de <i>Reflective Judgment en el que se encuentran los estudiantes participantes de su estudio.</i>

Una vez diseñada la secuencia, se presentó a un grupo de expertos formado por investigadores de didáctica de las ciencias de la Universidad y profesores/as de ciencias de institutos de educación secundaria con el objetivo de validar el instrumento. Estos profesionales analizaron y evaluaron la secuencia. Después de incorporar los cambios sugeridos, los dos profesores seleccionados implementaron la secuencia con sus alumnos/as.

La secuencia de actividades diseñadas

Esta secuencia se implementó en dos sesiones (de 1 hora de duración cada una) durante el mes de febrero de 2010. Los objetivos de aprendizaje que se promueven a través de la propuesta son:

- Identificar la reintroducción del oso como una iniciativa que puede modificar el medio.
- Predecir qué consecuencias puede tener el retorno del oso en la red trófica establecida en los Pirineos.
- Reconocer la reintroducción del oso como una cuestión científica socialmente controvertida.
- Escribir un texto argumentativo manifestando la opinión sobre la reintroducción del oso pardo en los Pirineos teniendo en cuenta los aspectos que están implicados.

A continuación, se explican las actividades relacionadas con esta investigación que se desarrollaron en cada una de las sesiones. En la primera, con el objetivo de introducir la controversia y conocer las ideas previas del alumnado, se leyó una noticia sobre una campaña iniciada por una organización local para elegir el nombre de uno de los oseznos que la osa Hvala (osa liberada en 2006 procedente de Eslovenia) había dado a luz. Después de leer esta noticia, los estudiantes escribieron lo que sabían acerca de esta reintroducción y pusieron en común sus ideas con el resto de la clase. A continuación, *para subrayar la controversia ligada a esta iniciativa*, el alumnado leyó una noticia relacionada con un ataque de un oso a un cazador. En otoño de 2008, un cazador de jabalíes de la Vall d'Aran (Cataluña) fue mordido por un oso y sufrió heridas leves en el pie y la mano. Este hecho provocó que el gobierno aranés pidiera acabar con esta iniciativa declarando que el “experimento de la reintroducción había sido un fracaso” mientras que la organización ecologista Depana, la misma que había organizado la campaña para bautizar a uno de los oseznos, después de lamentar lo ocurrido, responsabilizó a las cacerías de jabalíes desorganizadas y señaló que la presencia de los osos es perfectamente compatible con esta actividad si está bien organizada como ocurre en la Cordillera Cantábrica. Es importante destacar, también, que la protagonista de este ataque fue Hvala, la misma osa a la que hacía referencia la primera noticia leída.

Después de comentar esta información con todo el grupo clase, *y con el objetivo de profundizar en la polémica vinculada a la reintroducción*, los estudiantes, agrupados en parejas, se documentaron y discutieron acerca de los diferentes puntos de vista que mantienen los agentes implicados en esta controversia. Leyeron argumentos a favor y en contra donde aparecían tanto opiniones personales de los distintos protagonistas como datos aportados por cada uno de ellos. Después de compartir esta información con todo el grupo clase, los estudiantes leyeron y discutieron información científica acerca de los osos y sus requerimientos ecológicos. Por último, se les pidió que contestaran individualmente distintas preguntas entre las que se encontraban las mostradas en la Tabla 3.

En la segunda sesión, después de compartir sus respuestas con toda la clase, los estudiantes escribieron un texto explicando su opinión personal sobre la reintroducción. Para hacerlo, trabajaron en grupos y siguieron una pauta para elaborar textos argumentativos. Por último, y de manera individual, explicaron los conocimientos y competencias que creían haber trabajado

y aprendido con esta secuencia de actividades y propusieron cambios para mejorar su implementación en el aula.

Proceso de análisis

De acuerdo con nuestros objetivos y con la metodología descrita en estudios similares (Albe, 2008), en este trabajo se analizaron los datos aplicando métodos cualitativos combinados con parámetros cuantitativos. Después de definir las categorías siguiendo el método inductivo-deductivo descrito por Lincoln y Guba (1985), las categorías consensuadas por los diferentes autores se utilizaron para catalogar las respuestas dadas por los estudiantes. En la definición de las categorías se tuvo en cuenta la información emergente de los datos y su comparación con la obtenida en otras investigaciones. En la segunda fase, se calculó la frecuencia de respuestas de cada categoría teniendo en cuenta los indicadores descritos por el marco de Wu y Tsai (2007) y se realizaron test Chi-cuadrado y test exacto de Fisher para determinar la influencia del posicionamiento personal de los estudiantes sobre la reintroducción en el tipo y frecuencia de sus respuestas.

Resultados y discusión

Al principio del análisis se compararon los datos procedentes de los cuatro grupos clase participantes en este estudio, pero, teniendo en cuenta que tanto las categorías obtenidas como su frecuencia fueron muy similares, se decidió analizar los resultados considerando un único grupo de análisis constituido por todos los participantes. A continuación se presentan los resultados obtenidos organizados por objetivos de investigación.

Analizar los argumentos con los que los alumnos justifican el desacuerdo científico sobre la reintroducción del oso en los Pirineos

Las respuestas que los alumnos dan a la segunda pregunta del cuestionario muestran la existencia de 3 tendencias distintas (ver Tabla 4).

Tabla 4. Justificaciones para el desacuerdo científico. Sistema de categorías, ejemplos y frecuencia de estudiantes que hace referencia a cada categoría.

Categoría	Ejemplos	% de estudiantes
Los estudiantes no justifican el desacuerdo científico	<i>“La reintroducción del oso debería continuar para evitar su extinción en los Pirineos”</i>	14,4
Los estudiantes justifican el desacuerdo científico focalizando en:		85,6
Los científicos, sus creencias y opiniones	<i>“Los científicos basan sus opiniones en lo que ven”</i> <i>“Han llegado a conclusiones diferentes porque cada uno tiene su opinión sobre la reintroducción y esta puede ser diferente a la que tienen otros”</i>	67,2
El “método científico” y las características generales de la actividad científica	<i>“... se debe a que diferentes científicos han analizado datos distintos”</i> <i>“Depende del objetivo que tenga cada estudio. Los científicos tienen diferentes preguntas iniciales para sus estudios”</i> <i>“... es resultado de la influencia de distintos factores como los conocimientos previos de los científicos o los intereses de la entidad financiadora”</i> <i>“...llegan a diferentes conclusiones porque son equipos constituidos por científicos diferentes (cada uno tiene sus conocimientos, habilidades, intereses,...)”</i>	18,4

La tabla muestra que hay un grupo de estudiantes (14,4%) que explica su opinión sobre la reintroducción sin citar ni justificar el desacuerdo científico. En nuestra opinión, este tipo de respuestas reflejan dificultades para reconocer la polémica e incertidumbre ligada a esta CSC. Por otra parte, los estudiantes que sí hacen referencia al desacuerdo científico y lo justifican, utilizan distintos argumentos para hacerlo. Un 67,2% argumenta que estas discrepancias se deben a que los científicos tienen diferentes creencias u opiniones sobre la reintroducción mientras que un 18,4% hace referencia a la actividad científica. En este último caso, coincidiendo con los resultados de Sadler (2004), hay estudiantes (12%) que explican que lo más probable es que los científicos hayan desarrollado diferentes investigaciones y, como consecuencia, hayan llegado a datos distintos. Además, añaden que, en caso de que hayan realizado los mismos estudios, seguro que han analizado de manera distinta los resultados obtenidos porque de una investigación siempre se derivan los mismos datos. Por último, coincidiendo con resultados obtenidos en Walker y Zeidler (2007) y Albe (2007), un 6,4% de los estudiantes reconocen que hay varios factores que pueden influenciar a los científicos en el momento de diseñar sus investigaciones, llevarlas a cabo o durante la interpretación de resultados y elaboración de conclusiones. Ejemplo de estos factores son los intereses financieros, la falta de datos empíricos en el campo, las influencias sociales. Bajo nuestro punto de vista, son estas últimas respuestas las que hacen referencia a la ciencia como actividad social.

Analizar las estrategias que los alumnos proponen para que los científicos alcancen el consenso acerca la reintroducción del oso en los Pirineos

La segunda parte de la pregunta dos del cuestionario hacía referencia a las estrategias que los científicos podrían seguir para alcanzar el acuerdo científico. La Tabla 5 muestra las categorías establecidas a partir del análisis de las respuestas del alumnado.

Tabla 5. Estrategias propuestas para conseguir el consenso. Sistema de categorías, ejemplos y porcentaje de estudiantes que se refieren a cada categoría.

Categoría	Ejemplos	% de estudiantes
Los estudiantes piensan que se puede llegar a un consenso científico	<i>"Pienso que los científicos pueden llegar a un acuerdo"</i>	80,8
Mediante reuniones y negociaciones entre científicos	<i>"... deben hablar los unos con los otros para compartir sus puntos de vista y llegar a un acuerdo"</i> <i>"... necesitan poner en común sus conocimientos para poder determinar cuál es la mejor decisión respecto la reintroducción del oso"</i>	60,7
Mediante la realización de los mismos experimentos o el análisis de los mismos datos	<i>"... tienen que trabajar conjuntamente y hacer los mismos experimentos para llegar a los mismos datos y poder alcanzar el consenso"</i> <i>"El acuerdo solo puede conseguirse si los científicos hacen exactamente los mismos experimentos o analizan los mismos datos"</i>	20,1
Los estudiantes piensan que no se puede llegar a un consenso científico ya que cada científico tiene su idea o punto de vista	<i>"Pienso que no es posible que los científicos lleguen a un acuerdo, cada uno tiene su opinión respecto la reintroducción"</i>	19,2

Mientras que la mayoría de los estudiantes (80,8%) cree que los científicos pueden alcanzar un consenso siguiendo diferentes estrategias, el resto piensa que no es posible porque cada científico tiene su propia opinión sobre la reintroducción. Para el 60,7% el consenso podría lograrse si los científicos se reunieran o negociaran mientras que el 21,1% propone que realicen las mismas investigaciones y sigan los mismos procedimientos para analizar los datos de los que dispongan. Basándonos en estos resultados, las autoras consideramos que sería interesante analizar la posible relación entre cómo los alumnos justifican la existencia del desacuerdo científico y las estrategias que proponen para que los científicos alcancen el consenso. Las tablas siguientes muestran esta relación (Tabla 6) y la significatividad de las diferencias observadas (Tabla 7).

Tabla 6. Porcentaje de estudiantes que proponen cada una de las estrategias en función de cómo se justifica el desacuerdo científico.

Justificaciones sobre el desacuerdo científico (referencia a...)	Estrategias para conseguir el consenso		
	Negociaciones y reuniones entre científicos	Trabajar en los mismos estudios y con los mismos datos	No se puede conseguir
No se justifica el desacuerdo	44,4	0	55,6
Las diferencias entre las creencias y opiniones personales de los científicos	73,8	10,7	15,5
Al “método científico” y la actividad científica	30,4	65,3	4,3

Tabla 7. Análisis de la significatividad de las diferencias que se pueden observar en las estrategias propuestas para conseguir el consenso científico en función de cómo se justifica el desacuerdo científico.

Variable analizada	Test estadístico	P valor	Resultado
Estrategias propuestas para conseguir el consenso	Chi-cuadrado (valor 54,1; gl: 4)	0,001*	Significativo*

Este análisis muestra que la interpretación que los estudiantes hacen sobre el desacuerdo científico influye de manera significativa en el tipo de estrategias que proponen para que se alcance el consenso. Cuando los estudiantes justifican el desacuerdo basándose en la existencia de diferentes opiniones y creencias personales sobre la reintroducción, mayoritariamente mencionan que los científicos deberían recurrir a negociaciones o reuniones. Sin embargo, un 15,5% de los estudiantes que habían mencionado esta razón creen que no se puede llegar a un consenso porque cada científico tiene su propia opinión y no hay ninguna que esté mejor que otra. En cambio, el 65,3% de los estudiantes que habían atribuido el desacuerdo científico al “método científico” y a las características generales de la actividad científica, proponen que los científicos realicen las mismas investigaciones y analicen los datos siguiendo los mismos procedimientos. Las autoras consideramos que con estas respuestas los estudiantes reflejan el papel central que atribuyen a los datos empíricos en el desarrollo del conocimiento científico y la idea ampliamente extendida de que los experimentos muestran de manera explícita los resultados y las conclusiones que de ellos se derivan (Lederman et al, 2002). En otras palabras, los estudiantes suelen creer que los datos empíricos “hablan por sí solos” y que los científicos no necesitan interpretarlos ni aplicar teorías científicas para llegar a las conclusiones. Estos resultados descritos son consistentes con el “mito del método científico” y con los obtenidos en otros estudios como Albe (2007) y Tang *et al.* (2010).

Analizar los argumentos con los que los alumnos justifican la necesidad de desarrollar más investigaciones científicas antes de tomar decisiones sobre la reintroducción en los Pirineos

La Tabla 8 muestra las categorías establecidas a partir de las respuestas de los alumnos.

Tabla 8. Justificaciones sobre la necesidad (o no) de hacer más investigaciones antes de seguir con la reintroducción del oso. Sistema de categorías, ejemplos y porcentaje de estudiantes que hacen referencia a ellas.

Categoría	Ejemplo	% de estudiantes
Es necesario hacer más investigaciones científicas para:	<i>"Pienso que se tendrían que realizar más estudios"</i>	74,4
Evitar las consecuencias sociales y ecológicas de la reintroducción	<i>"... para evitar que vuelvan a ocurrir tragedias como el ataque del otoño del 2008"</i> <i>"... ayudaría a evitar la extinción de más especies de los Pirineos"</i>	32,8
Conocer con más detalle los aspectos sociales y ecológicos relacionados	<i>"... para saber qué consecuencias tendrá la reintroducción del oso en las cadenas tróficas de los Pirineos"</i> <i>"... para conocer los efectos sociales de la reintroducción"</i>	32,8
Tomar decisiones bien fundamentadas	<i>"Los expertos deberían tener más datos sobre los efectos de la reintroducción para poder fundamentar sus decisiones acerca la continuidad de esta iniciativa"</i>	8,8
No es necesario hacer más investigaciones científicas porque:	<i>"No es necesario desarrollar más investigaciones antes de seguir tomando decisiones"</i>	25,6
Ya se sabe qué pasará	<i>"... porque, si analizamos lo que pasaba en los Pirineos antes de la extinción del oso ya podremos saber qué consecuencias podría tener seguir con la reintroducción"</i>	16,8
No se puede saber qué pasará	<i>"... porque es imposible saber qué pasará en los Pirineos si siguen reintroduciendo osos"</i>	8,8

Mientras algunos estudiantes justificaron la necesidad de desarrollar más investigaciones, otros, la negaron. La mayoría (74,4%) manifestó que estaba de acuerdo con la realización de más estudios mencionando razones sociales o ecológicas. En ambos casos, la motivación de los estudiantes era prevenir consecuencias en estos ámbitos o tener más conocimientos acerca de ellos. En cambio, los estudiantes que no creían necesario realizar más investigaciones (25,6%) argumentaron que, o bien los científicos ya podían saber qué pasaría con la reintroducción o bien no podía saberse aunque se realizaran más estudios. En el primero de los casos, los estudiantes proponían el análisis de lo que había ocurrido en otros hábitats parecidos o seguir las opiniones personales de los científicos. Por último, es importante destacar que el 8,8% de los estudiantes hicieron referencia a la incertidumbre asociada a la CSC y a la necesidad de disponer de más datos y pruebas científicas antes de tomar una decisión. Estos resultados concuerdan con los de Albe (2007) y Sadler (2004) ya que en sus investigaciones los estudiantes también reconocieron la incertidumbre, la importancia de los datos y la influencia de las creencias personales. Contrariamente a este reconocimiento y coincidiendo con Zeidler et al. (2002) y Salder et al. (2004), hay un 16,8% de los estudiantes que sugieren que las decisiones pueden ser tomadas basándose únicamente en creencias u opiniones personales.

Identificar la posible influencia que tienen los posicionamientos de los alumnos acerca la reintroducción sobre el tipo de argumentos que ofrecen

El posicionamiento de los estudiantes a favor o en contra de la reintroducción se determinó a partir del análisis de las respuestas a la primera pregunta del cuestionario. Así, se detectó que 46 estudiantes (36,8%) estaban a favor mientras que 79 (63,2%) estaban en contra. Una vez clasificados, se calculó el porcentaje de estudiantes que hacían referencia a cada categoría en cada caso y se realizaron pruebas estadísticas (Chi-cuadrado o test exacto de Fisher) para determinar la significatividad de las diferencias observadas en los patrones de respuesta encontrados.

Nuestra intención es determinar si la distribución de las categorías depende del posicionamiento de los estudiantes respecto la reintroducción del oso. El test Chi-cuadrado (X^2) es actualmente una de las herramientas estadísticas más utilizadas para determinar si dos variables cualitativas son dependientes. El test de Fisher es una variante del test Chi-cuadrado cuando tratamos con un solo grado de libertad y la muestra o las frecuencias observadas son muy pequeñas. En ambos casos, cuando el p-valor del test es menor o igual que 0.05 podemos decir que las variables son dependientes con una confianza del 95% y, por tanto, las diferencias que se observan en la distribución de las categorías entre los distintos grupos de estudiantes no son casuales. En estos casos, hablaremos de diferencias significativas.

En la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos en estas pruebas estadísticas.

Table 9. Análisis de la significatividad de las diferencias que se pueden observar en cada una de las variables analizadas en función de si los alumnos están a favor o en contra de la reintroducción.

Variable analizada	Test estadístico	P valor	Resultado
a) Justificaciones sobre el desacuerdo científico	Chi-cuadrado (valor 3,15; gl: 2)	0,207	No significativo
b) Justificaciones de los alumnos que hacen referencia al “método científico” para explicar el desacuerdo.	Test exacto de Fisher	0,193	No significativo
c) Reconocimiento del consenso como algo posible.	Test exacto de Fisher	0,350	No significativo
d) Propuestas para conseguir el consenso en caso que sea posible.	Test exacto de Fisher	0,027*	Significativo*
e) Propuestas para conseguir el consenso científico en función de cómo se explica el desacuerdo científico	Chi-cuadrado (valor 0,353; gl: 2)	0,838	No significativo
f) Reconocimiento de la necesidad de desarrollar más investigaciones antes de reintroducir más osos.	Test exacto de Fisher	0,033*	Significativo*
g) Justificaciones de los alumnos que piensan que se necesitan más investigaciones.	Chi-cuadrado (valor 11,2; gl: 2)	0,004*	Significativo*
h) Justificaciones de los alumnos que piensan que no se necesitan más investigaciones.	Test exacto de Fisher	0,147	No significativo

Según estos resultados, estar a favor o en contra de la reintroducción no influye de manera significativa en la interpretación que los estudiantes hacen sobre el desacuerdo científico ni en el hecho de pensar que llegar a un acuerdo entre científicos es posible. Sin embargo, el posicionamiento de los estudiantes respecto la reintroducción sí que influye en el tipo de estrategias que proponen los que creen que el acuerdo es posible (ver Tabla 10).

Tabla 10. Porcentaje de estudiantes a favor o en contra de la reintroducción que hacen referencia a cada una de las categorías.

Categoría	% de estudiantes	
	A favor	En contra
Se puede llegar a un consenso científico	76,1	83,5
Mediante reuniones y negociaciones entre científicos	47,4	13,9
Mediante la realización de los mismos experimentos o el análisis de los mismos datos	28,7	69,6
No se puede llegar a un consenso científico ya que cada científico tiene su idea o punto de vista	23,9	16,5

En ambos casos, tanto los estudiantes que están a favor como los que están en contra, hacen referencia a las reuniones entre científicos y a la realización de los mismos experimentos. Pero, en el caso de los que están a favor, la primera estrategia es la más mencionada mientras que, en el caso de los que están en contra, es la segunda. Estas diferencias son significativas como ya había mostrado el análisis presentado en la Tabla 9.

Finalmente nos gustaría destacar que el posicionamiento respecto la reintroducción sí que influye de manera significativa en el reconocimiento de la necesidad de desarrollar más investigaciones en este campo y en la manera de justificarla. La mayoría de los estudiantes que están en contra de la reintroducción creen que se deberían hacer más estudios alegando que es imprescindible evitar las consecuencias sociales y ecológicas que se pueden derivar de la reintroducción. Sin embargo, los estudiantes que están a favor, aunque también mencionen estos argumentos, manifiestan principalmente que el objetivo debería ser conocer con más detalle los aspectos sociales y ecológicos relacionados con esta iniciativa (ver Tabla 11).

Tabla 11. Porcentaje de estudiantes que hacen referencia a cada una de las categorías sobre la necesidad de desarrollar más investigaciones en el caso de los estudiantes que están a favor de la reintroducción y de los que están en contra.

Categoría	% de estudiantes	
	A favor	En contra
Es necesario hacer más investigaciones científicas para:	63	81
Evitar las consecuencias sociales y ecológicas de la reintroducción	13	44,3
Conocer con más detalle los aspectos sociales y ecológicos relacionados	43,5	26,6
Tomar decisiones bien fundamentadas	6,5	10,1
No es necesario hacer más investigaciones científicas porque:	37	19
Podemos saber qué pasará (analizando datos previos o teniendo cuenta opiniones o creencias personales)	19,5	15,2
No podemos saber qué pasará	17,5	3,8

Conclusiones e implicaciones didácticas

El alumnado participante en este estudio utiliza diferentes argumentos para justificar el desacuerdo científico acerca la reintroducción del oso en los Pirineos y, siendo consecuente con las razones que menciona, propone distintas estrategias para que los científicos alcancen el consenso. La mayoría piensa que el desacuerdo se debe a las opiniones que los científicos

tienen sobre la reintroducción y, en caso de creer que se puede llegar a un consenso, propone la realización de reuniones y negociaciones entre los científicos como estrategia para conseguirlo. Sin embargo, hay otros alumnos (18,4%) que explican el desacuerdo en términos de diferencias en los datos empíricos disponibles, en los métodos que se han seguido para investigar y analizar los datos, y en la influencia que pueden haber ejercido los factores socio-económicos en este proceso. Ante estas razones, los alumnos mayoritariamente proponen la realización de los mismos estudios y análisis para alcanzar el consenso.

Estas respuestas muestran, por una parte, que hay alumnos que piensan que las decisiones se basan en opiniones personales sin tener en cuenta los datos o pruebas disponibles y, por otra, que “el mito del método científico” sigue siendo una idea extendida entre el alumnado. Que los alumnos propongan la realización de los mismos estudios refleja la dificultad que muchos de ellos tienen para entender que los experimentos no siempre conducen a un acuerdo científico. Por este motivo, creemos que sería necesario ayudarles a entender que las decisiones respecto CSC se toman basándose en las pruebas disponibles y que los datos no muestran su significado de manera explícita. Los científicos, y los propios estudiantes, tienen que interpretarlos mediante las teorías científicas disponibles en cada momento. Con este objetivo, y de acuerdo con Kolstø (2001a) y Ryder (2002), creemos que en las clases de ciencias se debería enseñar y construir una imagen de la ciencia a través de la instrucción explícita de la naturaleza de la ciencia y diseñar actividades en las que los estudiantes tuvieran que interpretar resultados obtenidos en experimentos que ellos mismos hayan llevado a cabo.

Las CSC son contextos que pueden ayudarnos a conseguir este propósito. Su análisis permite mostrar que el conocimiento científico está en constante revisión y construcción y que la ciencia, como actividad social que es, tiene un cierto punto de subjetividad y está influenciada por muchos factores. Sin embargo, en el momento de incorporar las CSC en clase es importante tener en cuenta diferentes aspectos. Por una parte, se debe ayudar a los estudiantes a analizar estas situaciones desde la perspectiva de los diferentes agentes que están implicados ya que es difícil para ellos adoptar la perspectiva múltiple que se necesita para tomar decisiones. Además, es fundamental también promover que los estudiantes manifiesten, y sean conscientes, de su posicionamiento sobre la CSC porque éste puede influir su valoración de los datos disponibles y posteriores justificaciones. En nuestro caso, estar a favor o en contra de la reintroducción influye de manera significativa en el tipo de estrategias que proponen los estudiantes para que se alcance el consenso, el reconocimiento de la necesidad de desarrollar más investigaciones en este campo antes de tomar más decisiones y las justificaciones aportadas respecto esta necesidad. Los resultados muestran que el alumnado que está en contra se preocupa más por las consecuencias que puede tener la reintroducción y propone la realización de más estudios para evitarlas mientras que los que están a favor reclaman más investigaciones para ampliar los conocimientos que se tienen entorno esta iniciativa.

Aparte de estas orientaciones que pueden guiar tanto actividades de aula como nuevas investigaciones, consideramos que otra aportación importante de este estudio es la rúbrica de criterios para categorizar una CSC y que se pueden utilizar para seleccionar una CSC adecuada para ser tratada en clase. Los profesores que quieren trabajar con estas temáticas se encuentran con distintas dificultades. Una de ellas es que en pocas ocasiones pueden recurrir a los libros de ciencias y que necesitan ser ellos mismos los que elaboren su material didáctico. En la literatura existente diferentes autores (Klosterman y Sadler, 2010; Outlon, Day, Dillon y Grace, 2004) han puesto de manifiesto la necesidad de ayudar al profesorado en este proceso y han señalado que uno de los aspectos fundamentales es seleccionar la temática a tratar. En este sentido, Barab *et al.* (2007) destacó que uno de los riesgos de trabajar con CSC es que el alumnado “se pierda en el contexto” y le cueste abstraer el conocimiento y prácticas científicas que puedan ser aplicadas a otras situaciones. Por estos motivos, consideramos que es

fundamental seleccionar una CSC adecuada y creemos que la rúbrica presentada en la Tabla 2 puede ayudar a ello.

Seguir investigando la incorporación de las CSC en las clases de ciencias y las estrategias que facilitarían que los alumnos comprendieran la naturaleza de estas temáticas, integraran todos los valores relacionados con la temática, construyeran una imagen más real de la ciencia, aplicaran el conocimiento y prácticas científicas en otras situaciones, son puntos clave dentro de la didáctica de las ciencias.

Agradecimientos

Investigación realizada en el marco de los grupos LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències, grupo de investigación consolidado por la AGAUR, referencia 2009SGR1543) y LICEC (Llenguatge i Contextos en Educació Científica, grupo de investigación reconocido por la AGAUR, referencia 2014SGR1492) y financiada por la Dirección General de Investigación, Ministerio de Educación y Ciencia (referencias EDU-2009-13890-C02-02 y EDU-2012-38022-C02-02).

Referencias

- Albe, V. (2007). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science Education*, 17, 805-827.
- Barab, A., Sadler, T.D., Heiselt, C., Hickey, D., y Zuiker, S. (2006). Relating Narrative, Inquiry, and Inscriptions: Supporting Consequential Play. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 59-82. Springer.
- Díaz, N. y Jiménez-Liso, R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.
- Domènech, A.M. y Márquez, C. (2014). Which perspectives are referred in students' arguments about a Socio-scientific Issue? The case of bears' reintroduction in the Pyrenees. En Bruguière, C.; Tiberghien, A.; Clément, A. (Eds.) *Topics and trends in current science education: 9th ESERA Conference Selected Contributions*. Dordrecht Heidelberg London New York: Springer. DOI 10.1007/978-94-007-7281-6.
- Eastwood, J.L., Sadler, T.D., Zeidler, D.L., Lewis, A., Amiri, L., y Applebaum, S. (2012). Contextualizing Nature of Science Instruction in Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2289-2315.
- Ekborg, M., Idelan, M., y Malmberg, C. (2009). Science for life-a conceptual framework for construction and analysis of socio-scientific cases. *Nordina*, (5), 35-46.
- Etkina, E., Murthy, S., y Zou, X. (2006). Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*. 74, 979-982.
- Evagorou, M., Jiménez-Aleixandre M.P., y Osborne, J. (2012). "Should we kill the grey squirrels?" A study exploring students' justifications and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(3), 401-428.
- Grace, M., y Ratcliffe, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1157-1169.
- Griffit, B., Scott, J.M., Carpenter, J.W. y Reed, C. (1989). Translocation as a species conservation tool: status and strategy. *Science* (245), 477-480.

- Jarman, R. y McClune, B. (2007). *Developing Scientific Literacy. Using news media in the classroom*. New York: McGraw-Hill.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Klosterman, M., y Sadler, T.D. (2010). Multi-level Assessment of Scientific Content Knowledge Gains Associated with Socioscientific Issues-based Instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1017-1043.
- Kung, L.R., y Linder, C. (2006). University students' ideas about data processing and data comparison in a physics laboratory course. *NorDiNa, Nordic Studies in Science Education*, 4, 40-53.
- Kolstø, S.D. (2001a). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Kolstø, S.D. (2001b). "To trust or not to trust,..."-pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23, 877-901.
- Lederman, N.G., El-Khalick, F., Bell, R.L., y Swarth, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lincoln, Y.S., y Guba, E.G. (1985). *Naturalistic inquiry*. (Vol. 23, p. 416). Sage Publications. ISBN: 978-0803924314.
- López-Facal, R. y Jiménez-Aleixandre, M.P. (2009). Identities, social representations and critical thinking. *Cultural Studies of Science Education*, 4 (3), 689-695.
- Oliveras, B., Márquez, C., y Sanmartí, N. (2013). The Use of Newspaper Articles as a Tool to Develop Critical Thinking in Science Classes, *International Journal of Science Education*, 35(6), 885-905.
- Oulton, C., Day, V., Dillon, J., y Grace, M. (2004). Controversial issues: teachers' attitudes and practices in the context of citizenship education. *Oxford Review of Education*, 30(4), 489-507.
- Reis, P., y Galvao, C. (2009). Teaching Controversial Socio-Scientific Issues in Biology and Geology Classes : A Case Study. *Electronic Journal of Science Education*, 13(1), 1-24.
- Rollnick, M., Lubben, F., Lotz, S. y Dlamini, B. (2002). What do underprepared students learn about measurement from introductory laboratory work? *Research in Science Education*, 32, 1-18.
- Ryder, J. (2002). School science education for citizenship: strategies for teaching about the epistemology of science. *Journal of Curriculum Studies*, 34(6), 637-658.
- Rudolph, J.L. (2005). Epistemology of the masses: The origins of "the scientific method" in American schools. *History of Education Quarterly*, 45, 341-377.
- Sadler, T.D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Education*, 41, 513-536.
- Sadler, T. D., y Dawson, V. (2012). Socio-scientific Issues in Science Education: Contexts for the promotion of key learning outcomes. En Fraser, B.J.; Tobin, K.; McRobbie, C.J. (Eds.) *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht Heidelberg London New York: Springer.

- Sadler, T. D., y Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921.
- Sadler, T.D., Chambers, W.F., y Zeidler, D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387.
- Simonneaux, L. (2007). Argumentation in socio-scientific contexts. In S. Erduran, & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education. perspectives from classroom-based research* (pp. 179-200) Springer Netherlands.
- Simonneaux, L. y Simmoneaux, J. (2009). Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education of sustainable development, *Cultural Studies of Science Education*, 4 (3), 657-687.
- Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A. y Levin, D. M. (2010). The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. *Science Education*, 94, 29-47.
- Walker, K.A., y Zeidler, D. (2007). Promoting Discourse about Socioscientific Issues through Scaffolded Inquiry. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1387-1410.
- Wong, S.L., y Hodson, D. (2009). From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, 93(1), 109-130.
- Wu, Y.T., y Tsai, C.C. (2007). High School Students' Informal Reasoning on a Socio-scientific Issue: Qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1163-1170.
- Zeidler, D., Walker, K.A., Ackett, W.A., y Simmons, M.L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.