

RELEVANCIA DE LOS FACTORES NO-EPISTÉMICOS EN LA PERCEPCIÓN PÚBLICA DE LOS ASUNTOS TECNOCIENTÍFICOS

José Antonio Acevedo Díaz

Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.
Inspección de Educación. Delegación Provincial de Huelva.
E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

[Recibido en Diciembre de 2005, aceptado en Marzo de 2006]

RESUMEN ^(Inglés)

En este artículo se pretende señalar la insuficiencia de los factores epistémicos (conocimientos científicos y de epistemología de la ciencia) y, a la vez, reclamar más atención hacia los factores no-epistémicos (creencias culturales, sociales, políticas, morales y religiosas; emociones y sentimientos; intereses, valores y normas...) en el análisis de las respuestas a los asuntos tecnocientíficos de interés social; elementos que están en la base de los razonamientos, argumentos y decisiones que toman las personas al enfrentarse a este tipo de cuestiones.

Palabras clave: Factores epistémicos, factores no-epistémicos, percepciones públicas, asuntos tecnocientíficos de interés social (ATIS), decisiones tecnocientíficas.

INTRODUCCIÓN

Es un lugar común proclamar que un mayor bagaje de conocimientos científicos y tecnológicos relativos a un asunto tecnocientífico de interés social (en adelante ATIS) contribuirá a mejorar la percepción pública de éste y, en consecuencia, permitirá a las personas tomar decisiones más apropiadas respecto a las cuestiones puestas en juego, así como dar argumentos de más calidad para justificar y explicar tales decisiones (Sadler, 2004; Sadler y Zeidler 2005b). También se afirma a menudo que un buen conocimiento de la naturaleza de la ciencia (en adelante NdC) –que, sin embargo, se suele plantear desde una perspectiva demasiado limitada al conocimiento de los aspectos epistemológicos¹– también podría ayudar a mejorar la comprensión pública de los ATIS, así como que, posiblemente, facilitará hacer mejores razonamientos y análisis más completos de estas controvertidas cuestiones y, por tanto, tomar decisiones más adecuadas y responsables (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996; Sadler, Chambers y Zeidler, 2004; Zeidler, Walker, Ackett y Simmons, 2002). Ambos elementos –conocimientos científicos y de epistemología de la ciencia– son

¹ Allchin (2004) recomienda diferenciar claramente entre elementos normativos y descriptivos de la NdC y tener en cuenta ambos en la enseñanza de las ciencias, incluyendo las tensiones entre estos dos tipos de factores. De otro modo, este autor sugiere articular los aspectos sociológicos con los epistemológicos a la hora de caracterizar la NdC.

factores epistémicos y constituyen la base de la visión de la ciencia como una práctica epistémica (Sandoval y Reiser, 2004), lo que ha llevado a muchos autores a reclamar la necesidad de incluir más conocimientos de epistemología en la enseñanza de las ciencias (v.g., Adúriz, 2001; Leach, Hind y Ryder, 2003; Sandoval, 2005).

En cambio, otros autores han señalado la insuficiencia de los factores epistémicos para explicar las percepciones públicas sobre la tecnociencia y las decisiones que toman las personas en los ATIS (Acevedo *et al.*, 2005; Kolstø *et al.*, 2004, 2006; Martín-Gordillo, 2005a; Oulton, Dillon y Grace, 2004). Quizás esta insuficiencia se debe en parte a que la mayoría de estas cuestiones se encuentran en la frontera de la tecnociencia y los conocimientos relacionados con ellas son inseguros y evolucionan con cierta rapidez. Además, la naturaleza abierta y controvertida de los ATIS, sin soluciones claras de antemano y con fuertes implicaciones personales y sociales, permite que afloren razonamientos y argumentos diversos acerca de sus causas y consecuencias, así como sobre las ventajas y desventajas de tomar una decisión u otra, en las cuales subyacen actitudes, motivaciones, creencias e ideologías sociales y heurísticos poco lógicos. Sin embargo, en las opiniones acerca de la tecnociencia y en los razonamientos², argumentos y decisiones sobre ATIS, se ha prestado en general menos atención a la influencia de aspectos como las creencias culturales³, sociales, políticas, morales y religiosas, las emociones y sentimientos, los valores y normas, los intereses, etc., que se denominarán *factores no-epistémicos*, de naturaleza personal y social, relativos a las actitudes y la axiología aunque ello no excluya alguna relación con lo epistémico.

No puede decirse que la didáctica de las ciencias se haya olvidado de plantear y analizar teóricamente la influencia de tales factores no-epistémicos (v.g., Bingle y Gaskell, 1994; Driver, Newton y Osborne, 2000; Kolstø, 2001a; Oulton, Dillon y Grace, 2004; Sadler y Zeidler, 2004; Zeidler, 1984, 2003; Zeidler, Sadler y Simmons, 2003; Zeidler, Sadler, Simmons y Howes, 2005), pero son menos las investigaciones empíricas que se han ocupado de ellos en el análisis de la percepción pública sobre ATIS y en la correspondiente toma de decisiones ante las controvertidas situaciones planteadas en los mismos (Sadler, 2004; Zeidler *et al.*, 2005).

El propósito de este artículo es señalar la insuficiencia de los modelos explicativos que se basan fundamentalmente en factores epistémicos para analizar las percepciones acerca de la tecnociencia, así como los razonamientos, argumentos y decisiones que toman las personas en sus respuestas a los ATIS. Al mismo tiempo, se reclama la necesidad de prestar más atención en estos análisis a los factores no-epistémicos que se han apuntado. Para ello, desde el marco teórico del movimiento CTS⁴ (Acevedo *et al.*, 2005; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002, 2003), que promueve una educación científica más humanista (Aikenhead, 2003; Donelly, 2004; Vázquez, Acevedo y

² Sadler y Zeidler (2005a,b) denominan *razonamiento informal* a esta modalidad de razonamiento. Así mismo, distinguen tres tipos de razonamiento informal: (i) *racional*, relacionado con las respuestas basadas en argumentos bien fundamentados (aplicaciones deontológicas, principios utilitarios, análisis de coste-beneficio...), (ii) *emotivo*, relativo a las respuestas basadas en emociones y afectos (simpatía, empatía, aspectos actitudinales...) que, sin embargo, no deben considerarse respuestas irracionales, e (iii) *intuitivo*, como un tipo de respuesta afectiva que se hace como reacción inmediata y poco reflexiva al contexto.

³ El acervo cultural incluye en parte conocimientos científicos y tecnológicos, pero se proyecta también sobre los valores y otros aspectos no-epistémicos.

⁴ Acrónimo de Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Manassero, 2005), se revisará información procedente de los análisis sociológicos de las encuestas de opinión pública sobre la ciencia y la tecnología, de los proyectos internacionales de evaluación de la formación científica y la relevancia social de la ciencia, y de las investigaciones experimentales realizadas en el ámbito de la didáctica de las ciencias.

CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS Y ACTITUDES SOBRE LA CIENCIA

Una creencia muy extendida es la que sostiene que mayores conocimientos de ciencia y tecnología van en paralelo con una actitud⁵ positiva respecto a ambas (Osborne, Simon y Collins, 2003). Sin pretender hacer por nuestra parte atribución causal alguna entre ambos factores –conocimientos y actitudes–, cabe recordar que, a menudo, se ha propuesto actuar en una de las dos variables para incidir en la otra⁶. En esta sección se prestará atención a la creencia mencionada en dos grandes ámbitos: (i) las encuestas de opinión pública sobre la ciencia y la tecnología y (ii) las evaluaciones comparativas internacionales que se vienen aplicando en educación.

Hay dos tradiciones con finalidades diferentes en la investigación de las percepciones públicas sobre la ciencia y la tecnología. La primera trata de medir el grado de alfabetización científica⁷ –*scientific literacy*– de las personas mediante encuestas que plantean preguntas limitadas a hechos y principios científicos bien establecidos. Por el contrario, la segunda intenta conocer la capacidad de la población para comprender la ciencia –*public understanding of science*– y la tecnología utilizando encuestas de opinión más próximas a la evaluación de actitudes. La orientación de esta segunda línea de investigación permite incluir preguntas de carácter social, político, económico, etc. Por su mayor amplitud de perspectiva, nos centraremos en esta última.

La medida de las percepciones públicas sobre la ciencia y la tecnología es una tarea bastante complicada. Por un lado, la dificultad se debe sin duda a la complejidad del objeto que se pretende medir (Muñoz, 2001). Por otro, a que las metodologías empleadas –en general basadas en encuestas de opinión del tipo Eurobarómetro– muestran serias debilidades que no se discutirán aquí⁸, aunque conviene señalar que algunas de ellas son semejantes a las apuntadas por la investigación educativa relativa a la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología⁹. No

⁵ La actitud relacionada con la ciencia es un concepto complejo con muchas dimensiones, que se ha tratado con profusión en la bibliografía. No es posible hacer aquí una discusión seria de su significado, por lo que se remite al lector a revisiones como las de Osborne, Simon y Collins (2003) o Vázquez y Manassero (1995).

⁶ En este planteamiento subyace, posiblemente, cierta confusión entre actitud y motivación. La actitud tiene múltiples componentes y uno de ellos es la motivación, pero no debe identificarse una parte con el todo.

⁷ No hay acuerdo general sobre el significado y la finalidad de la alfabetización científica y, en consecuencia, aún lo hay menos sobre la manera de lograrla (Martín-Díaz, Gutiérrez-Julián y Gómez-Crespo, 2005), siendo muy extensa la bibliografía sobre el debate en torno a ella. Desde la posición que sostiene el movimiento CTS, puede consultarse el trabajo de Acevedo *et al.* (2003), donde el lector interesado encontrará muchas referencias sobre este tema –hay una versión más breve en Acevedo, Manassero y Vázquez (2005)–. Así mismo, puede resultar de interés conocer puntos de vista como el de Gil-Pérez *et al.* (2005), los cuales desarrollan un modelo de enseñanza de las ciencias coherente con un determinado planteamiento de la alfabetización científica –véase también la manera de entender ésta en Gil-Pérez y Vilches (2005)–.

⁸ Una excelente crítica de los aspectos metodológicos más problemáticos puede consultarse en Pardo y Calvo (2002).

⁹ Véanse, *v.g.*, Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez (2001), Manassero, Vázquez y Acevedo (2001a,b), Vázquez, Manassero y Acevedo (2005, 2006).

obstante, pese a las múltiples dificultades, la investigación de las percepciones públicas sobre ATIS ha crecido en intensidad y complejidad, habiéndose perfeccionado poco a poco durante las dos últimas décadas. En esta línea, hay que destacar un importante estudio comparativo de los conocimientos, imágenes y actitudes sobre la ciencia y la tecnología de las poblaciones de Canadá, Estados Unidos, Europa y Japón, realizado por Miller, Pardo y Niwa (1998). Esta investigación tiene un gran valor instrumental, porque intenta construir un conjunto de indicadores útiles para el avance de la metodología estadística y la investigación comparada. En dicho estudio, también sobresalen los fundamentos conceptuales que se introducen respecto a las relaciones entre conocimientos y actitudes, así como su papel en la participación pública en las controversias sobre ATIS.

El nivel de alfabetización científica y tecnológica de la población ha sido interpretado tradicionalmente desde un punto de vista que presta atención preferente a los factores epistémicos, como puede comprobarse cuando se revisan las numerosas encuestas internacionales que se han realizado para intentar medir la formación científica y tecnológica de la ciudadanía y la percepción pública sobre la ciencia y la tecnología, en general, y sobre diversos ATIS especialmente controvertidos en particular; encuestas que, con frecuencia, han sido construidas e interpretadas utilizando modelos que, en esencia, se basan en un déficit social del conocimiento tecnocientífico.

En efecto, como se ha indicado más arriba, suele considerarse que las actitudes más o menos favorables hacia la ciencia y la tecnología guardan relación directa con el grado de información o conocimiento tecnocientífico de las personas. Por tal motivo, numerosas encuestas internacionales se han diseñado para intentar medir el nivel de conocimiento tecnocientífico y correlacionarlo luego con las actitudes hacia la ciencia y la tecnología, contempladas éstas de modo general (Cabo, Enrique, García-Peña y Cortiñas, 2005). Sin embargo, muchos resultados obtenidos son contrarios a los argumentos en los que se basa este tipo de análisis de las opiniones públicas. Por ejemplo, la sociedad estadounidense suele mostrar menor nivel de conocimientos tecnocientíficos que algunas sociedades europeas desarrolladas o la japonesa, pero su actitud ante determinadas tecnociencias controvertidas –v.g., la biotecnología– tiende a ser mucho más favorable. Por el contrario, los países europeos con mayor grado de conocimientos en ciencia y tecnología –v.g., los países nórdicos, Alemania y Gran Bretaña– se muestran en general más escépticos y desfavorables respecto al futuro de ciertas tecnociencias, como ocurre con la biotecnología. Así mismo, otros países europeos con menor nivel de conocimientos tecnocientíficos –v.g., España y Portugal– tienen posiciones más positivas (Muñoz, 2004).

Estos resultados concuerdan, en general, con los que se derivan de un análisis combinado de los datos correspondientes a determinadas evaluaciones comparativas internacionales, realizadas en el ámbito educativo, que se han centrado en contenidos curriculares de ciencias (TIMSS, *Trends in International Mathematics and Science Study*), en la alfabetización científica (PISA, *Programme for International Student Assessment*) y en las actitudes y sentimientos hacia la ciencia y la tecnología (ROSE, *The Relevance of Science Education*). En efecto, como hemos manifestado en otro lugar (Acevedo, 2005a, p. 442):

"El caso de Japón es muy llamativo. Este país ha ocupado uno de los primeros puestos en los resultados del rendimiento en ciencias del TIMSS aplicado en 1995 y en los correspondientes a la alfabetización científica del PISA en los años 2000 y 2003 (véanse las referencias sobre estos dos proyectos en Acevedo, 2005b). Sin embargo, la actitud de los estudiantes japoneses hacia la ciencia es bastante baja (Fensham, 2004). Los primeros resultados del proyecto ROSE muestran que a los alumnos japoneses, y aún más a las alumnas, no les gusta demasiado la ciencia, no quieren estudiar más ciencias en la escuela y tampoco desean ser científicos o ingenieros en el futuro (Sjøberg, 2004; Sjøberg y Schreiner, 2005b). Algo parecido les sucede a los estudiantes finlandeses (y, en general, a los nórdicos), que también se sitúan en los primeros lugares en los resultados de las pruebas de ciencias del PISA. Así pues, los resultados escolares en ciencias, basados en contenidos curriculares más tradicionales –como ocurre en la evaluación del TIMSS– o en pruebas de alfabetización científica –como la define el proyecto PISA–, no van siempre paralelos con las actitudes y los sentimientos hacia la ciencia y la tecnología. En consecuencia, tiene gran interés per se la realización de una evaluación comparativa internacional centrada en las actitudes como la que plantea el proyecto ROSE."

Los datos aportados por el proyecto ROSE (Sjøberg y Schreiner, 2005a), en el que han participado estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria españoles –aunque solo de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares (Vázquez y Manassero, 2004)–, muestran que, en conjunto, las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología en la sociedad de los estudiantes españoles pueden considerarse moderadamente positivas, similares a las de griegos y portugueses, pero algo superiores a las de japoneses, nórdicos, ingleses e irlandeses (Sjøberg y Schreiner, 2005b; Jenkins, 2006; Jenkins y Nelson, 2005). Combinando los resultados del proyecto ROSE con los procedentes de las evaluaciones PISA sobre la alfabetización científica, vuelve a obtenerse que los países con mejor formación científica, tales como Japón, algunos países nórdicos, Inglaterra e Irlanda, tienen actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología en la sociedad un poco peores que otros con menos formación científica, como pueden ser España, Grecia y Portugal. Habrá que prestar gran atención a los resultados de la evaluación PISA del año 2006¹⁰ para confirmar si esto continúa siendo así, ya que esta evaluación estará especialmente dedicada a la alfabetización científica y también pretende evaluar actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y el medio ambiente.

En suma, los datos comentados parecen poner en cuestión la creencia apuntada al principio de esta sección, según la cual una mayor formación en ciencia y tecnología correlaciona positivamente con una favorable actitud relativa a la ciencia y la tecnología en la sociedad. Una importante consecuencia de todo esto es la relevancia que adquieren *per se* tales actitudes –un factor no-epistémico en esencia– frente a la importancia concedida a los conocimientos científicos propiamente dichos.

Parece conveniente plantearse ahora la cuestión de la capacidad explicativa de los factores no-epistémicos, frente a la de los epistémicos, acerca de las percepciones de la ciudadanía y sus decisiones al abordar determinados ATIS. Para ilustrar este

¹⁰ Estos resultados no se publicarán hasta finales del año 2007.

análisis, en la siguiente sección la discusión se centrará en la biotecnología, una tecnociencia muy activa que afecta profundamente a nuestras vidas¹¹.

LAS PERCEPCIONES PÚBLICAS SOBRE LA BIOTECNOLOGÍA COMO EJEMPLO

Aunque sus antecedentes se remontan muchos siglos atrás¹², la biotecnología¹³ ha experimentado durante el último cuarto del siglo XX –y continúa haciéndolo hoy– profundas transformaciones, debido a los extraordinarios avances logrados en biología y genética molecular desde la década de los setenta (Muñoz, 2000a)¹⁴.

La biotecnología contemporánea aborda ATIS tan controvertidos como la modificación genética de organismos unicelulares, el diagnóstico genético, la biorremediación, la producción de medicinas por microorganismos, la clonación de células o tejidos humanos con fines terapéuticos, los experimentos con animales y la clonación de éstos para obtener sustancias terapéuticas, la modificación genética de plantas y cultivos para incrementar su resistencia a plagas, la producción de alimentos modificados genéticamente y la mejora de sus propiedades, etc. Sin duda, estas cuestiones han estado en el centro de los debates sociales desde los años setenta del siglo XX. Según Muñoz (2004), la diversidad de temas relativos a los debates sociales sobre la biotecnología es consecuencia de su carácter transversal e interdisciplinar, con profundas relaciones con (i) la economía y el comercio de poderosas industrias como la farmacéutica, la alimentaria, etc., (ii) los intereses nacionales, regionales o locales, (iii) la cultura, (iv) la moral y la religión, etc. Además, la naturaleza poliédrica de la biotecnología condiciona mucho los análisis sobre su percepción pública. Tal y como afirma el mismo autor:

"Varios son los factores que están en el corazón del debate: deficiencia cognitiva, riesgo, incertidumbre, valores religiosos y morales, intereses, confianza, son algunos de los que están en juego. En unos casos, algunos de estos factores emergen con claridad como elemento causal del debate; en otros casos, varios de ellos se entremezclan. En lógica consecuencia, muchos de los cuestionarios preparados acusan esta confusión, al carecer de un marco definido sobre el que armar los elementos del interrogatorio."

(Muñoz, 2004, p. 145)

¹¹ Debido a la relevancia social de la biotecnología y la ingeniería genética en el mundo contemporáneo, la didáctica de las ciencias se ha ocupado mucho de ella en los últimos diez años, incluyendo su enseñanza en las especialidades no científicas (véase, v.g., Dori, Tal y Tsaushu, 2003).

¹² Por ejemplo, la asociación de la biotecnología con la alimentación ha acompañado a la humanidad a lo largo de la historia. Alrededor del año 6.000 a.C. los babilonios consiguieron fabricar cerveza. Hacia el año 4.000 a.C. los egipcios aprendieron a utilizar la levadura para fabricar pan. La obtención del vino por fermentación de la uva se menciona en el Antiguo Testamento de la Biblia. Otros procedimientos artesanales conocidos desde antiguo son la preparación del vinagre, yogur y queso. Muchos siglos después, en el XIX Pasteur contribuyó en gran medida al control de estos procesos por métodos científicos.

¹³ Según Muñoz (2000a, pp. 186-187) *"la biotecnología viene definida por un conjunto de tecnologías de carácter horizontal que abarcan una serie de técnicas derivadas de o relacionadas con la biología molecular, que utilizan las propiedades de los seres vivos, o de algunos de sus componentes, para desarrollar nuevos procesos industriales, bienes o servicios"*.

¹⁴ Un apretado, pero útil, resumen sobre los fundamentos científicos y tecnológicos de la biotecnología puede consultarse en Muñoz (2001, pp. 11-49).

Gaskell (2000) ha basado el análisis general de las opiniones de la población europea acerca de la biotecnología centrándose sobre todo en la percepción de la utilidad que tiene cada aplicación biotecnológica:

"[...] A medida que decrece la percepción acerca de la utilidad de la aplicación [biotecnológica], se produce un aumento en el riesgo percibido, con la consiguiente caída en la aceptabilidad moral y en el apoyo a su desarrollo. El argumento central que Gaskell deriva de estos estudios para interpretar la actitud positiva del público europeo hacia (ciertas) aplicaciones de la biotecnología es la relación con el beneficio (felicidad individual). [...] esta interpretación, acertada en términos amplios, respondería a una ética fundamentalmente utilitarista, que parece acorde con el predominio de una ideología capitalista y liberal al máximo."

(Muñoz, 2004, p. 148)

Pero la cuestión es mucho más compleja cuando se intenta hacer un análisis más fino. Como afirma Muñoz (2004, p. 148):

"Sin embargo, la situación ya no es tan clara cuando se coloca el foco sobre algunas aplicaciones determinadas o se realiza el análisis teniendo en cuenta la dimensión nacional [...] Gaskell contrapone la seguridad alimentaria a la bioseguridad y propone que son las crisis alimentarias las que han aumentado la preocupación social ante los riesgos que puede llevar aparejado el consumo de alimentos modificados genéticamente, razón por la que se rechaza la ausencia de etiquetado, lo que impide, en opinión de los consumidores [europeos], una oportunidad de elección con total libertad. Sin embargo, las plantas modificadas genéticamente suscitan menos rechazo porque el medio ambiente, tan utilizado como elemento de la oposición radical a la agricultura biotecnológica, provoca menos preocupaciones en la ciudadanía."

Muñoz (2000b) manifiesta su acuerdo general con Gaskell respecto a la influencia de la percepción pública de la utilidad o inutilidad de la biotecnología; si ésta se estima útil, esta percepción se superpone a los posibles riesgos que conlleva. No obstante, también considera que es necesario hacer algunas precisiones y continuar avanzando en el marco teórico interpretativo. Así, por ejemplo, señala que:

"La salud, bien colectivo pero de trascendencia inmediata para el individuo, es mucho más valorada que el medio ambiente, bien colectivo pero cuya incidencia inmediata sobre los individuos es percibida desde mayor distancia y con menor repercusión. De ahí las diferencias de apreciación entre la aplicación a usos agrícolas –más incidencia sobre el medio– y a productos alimenticios, con mayor repercusión sobre la salud. Por otro lado, pero en la misma dirección argumental, los intereses de los consumidores, esencialmente individuales, se superponen a los intereses de cualquier otro colectivo, agricultores, comunidades, regiones, estados. [...] estas consideraciones sitúan en su verdadera posición el peso de la cultura y los valores, en cuanto moduladores de intereses [...]"

(Muñoz, 2004, pp. 150-151)

Los párrafos anteriores ponen de manifiesto la influencia de aspectos muy diversos en la percepción pública de la biotecnología, lo que hace mucho más complejo el análisis para explicar las opiniones, creencias y actitudes de la población. En resumen, entre estos factores explicativos pueden destacarse los siguientes:

- (i) Elementos cognitivos que pueden influir en un sentido positivo o negativo.

- (ii) Difusión de la información relativa al desarrollo científico y tecnológico.
- (iii) Intereses particulares, colectivos y generales.
- (iv) Valores culturales, sociales, morales y religiosos.

Como ejemplo, en la tabla 1 se muestra una serie de factores que pueden influir en el debate social sobre los alimentos transgénicos, un resultado muy controvertido de la biotecnología (Muñoz, 2004).

FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR	
✓	Rechazo de los consumidores a asumir riesgos cuando no perciben beneficios directos.
✓	Falta de confianza de la población en las agencias responsables de la regulación de alimentos.
✓	Influencia de "lobbies" y otros grupos de presión.
✓	Coincidencia en el tiempo de la comercialización de alimentos modificados genéticamente con algunas enfermedades de animales (v.g., "vacas locas", "gripe aviaria"...).
✓	Percepción por parte de la ciudadanía de cierta falta de rigor de los expertos, en general, y de los científicos e ingenieros, en particular, para gestionar las consecuencias de las nuevas tecnologías ¹⁵ .
✓	Intereses proteccionistas de muchos gobiernos (v.g., europeos), que ponen fuertes trabas y barreras al comercio de cultivos y alimentos genéticamente modificados.
✓	Escasa respuesta a la demanda de información en el etiquetado de alimentos modificados transgénicamente, de acuerdo con el derecho al conocimiento que tienen los consumidores.
✓	Tratamientos sesgados y sensacionalistas de estos asuntos por parte de muchos medios de comunicación ¹⁶ .

Tabla 1.- Factores relativos a la controversia social sobre los alimentos transgénicos.

Tales factores, entre los que hay epistémicos y no-epistémicos, son bastante similares a los que se han indicado respecto a la toma de decisiones en ATIS controvertidos desde el ámbito de la didáctica de las ciencias (Acevedo *et al.*, 2005). Como posible explicación de la relevancia que adquieren los factores no-epistémicos frente a los epistémicos en los razonamientos asociados a estas decisiones, en ese trabajo se ofrecía la siguiente:

"[...] según Hogan (2000), cuando una estructura cognitiva está fuertemente asociada con el ámbito afectivo y con la identidad personal, incluye, además, una

¹⁵ Uno de los resultados del proyecto ROSE es la escasa confianza en lo que dicen los científicos y otros expertos mostrada por los alumnos y, sobre todo, las alumnas de Japón y los países desarrollados europeos (v.g., Inglaterra, Dinamarca, Noruega, Suecia...). Los estudiantes españoles de las Islas Baleares son moderadamente escépticos respecto a este asunto (Sjøberg y Schreiner, 2005b).

¹⁶ La divulgación científica presenta a veces como ciertos algunos enunciados de dudosa legitimidad científica. Además, aunque se mencionen los diferentes actores que intervienen en un ATIS, no se hace suficiente referencia a sus intereses particulares. En el discurso divulgativo tampoco suele considerarse el contexto social en el que se produce el conocimiento científico y están ausentes los diferentes enfoques y las discusiones planteadas sobre los conceptos y modelos asumidos en la comunidad científica. Por tanto, no se informa de las interpretaciones alternativas sobre los aspectos centrales de la problemática abordada. Por último, en muchos casos, la divulgación científica no es más que una mera actividad propagandista destinada a mostrar al público lego las maravillas que los científicos son capaces de llevar a cabo (Fourez, 1994).

dimensión valorativa y se relaciona con algún tipo de acción a realizar, entonces los razonamientos se basan más en creencias –compromisos o posiciones particulares– que en conocimientos propiamente dichos. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, cuando se tienen que tomar decisiones tecnocientíficas individuales o sociales. Por tal motivo, [...] considera de gran interés la influencia de aspectos como el contexto, las emociones y motivaciones, las creencias de diverso tipo, así como las disposiciones y comportamientos personales [...]"

(Acevedo *et al.*, 2005, p. 129)

Pero, ¿qué resultados experimentales ha aportado a esta temática la investigación en didáctica de las ciencias?

LAS INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS RELATIVAS A LAS DECISIONES TECNOCIENTÍFICAS CONTROVERTIDAS

En un artículo como éste, no es posible hacer un análisis detallado de los diversos estudios experimentales llevados a cabo, pero sí es factible señalar, a grandes rasgos, algunos de los principales resultados globales que se derivan de los mismos. Para ello, se ha optado por recurrir a la revisión de Sadler (2004) sobre los razonamientos informales¹⁷ en las decisiones relativas a los ATIS, completándola con los aportes de otras investigaciones experimentales significativas. En esa revisión, el autor considera cuatro aspectos, que constituyen un esquema adecuado para discutir las implicaciones de esta temática en la investigación, en el diseño del currículo de ciencias y en su puesta en práctica en el aula. Esos aspectos son los siguientes:

- (i) La comprensión de los conceptos involucrados en los ATIS.
- (ii) La relación entre los conocimientos de NdC y la toma de decisiones en ATIS.
- (iii) La evaluación de información relacionada con los ATIS.
- (iv) El papel de la argumentación en los razonamientos empleados para tomar las decisiones sobre ATIS.

Se suele asumir que la comprensión de algunos contenidos científicos claves relativos a los ATIS es necesaria para tomar decisiones más informadas sobre éstos (Lewis y Leach, 2001; Pedretti, 1999). De un modo u otro, los resultados de las investigaciones citadas en la tabla 2 apoyan la hipótesis de la relevancia del conocimiento conceptual que subyace en los ATIS para hacer razonamientos informales sobre éstos. A pesar de ello, Sadler (2004) considera que es necesario seguir investigando para aclarar más este aspecto en una mayor variedad de ATIS.

Las investigaciones realizadas sobre el papel de la comprensión de la NdC son escasas y, además, los resultados que ofrecen son contradictorios (véase la tabla 3). Para interpretarlos, se ha sugerido que la comprensión de algunas ideas sencillas de NdC podría influir, pero no la de otras cuestiones de mayor nivel epistemológico (Acevedo *et al.*, 2005; Sadler, 2004). Por otra parte, en las conclusiones del panel dedicado a la NdC en el Congreso Internacional de la AETS (*Association for the Education of Teachers in Science*) –celebrado el año 2005 en Colorado Springs (EE.UU.)– también se destaca la insuficiente investigación realizada respecto a los fundamentos de los aspectos sociales de la NdC y la influencia de ésta en la comprensión de las relaciones

¹⁷ Véase la nota 2 sobre el término "razonamiento informal".

CTS. Así mismo, en ese panel se reclama la realización de más estudios destinados a demostrar la hipotética conexión entre la comprensión de la NdC y la resolución de una variedad ATIS controvertidos (Bell, 2005). Estas recomendaciones concuerdan con las que hemos hecho en otros trabajos (v.g., Acevedo *et al.*, 2005; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2005).

COMPRENSIÓN DE LOS CONCEPTOS INVOLUCRADOS		
REFERENCIA	ATIS	PARTICIPANTES Y RESULTADOS
Fleming (1986b).	Centrales nucleares; Ingeniería genética.	Estudiantes de Secundaria Superior. La insuficiente comprensión conceptual limita los razonamientos.
Hogan (2002).	Especies exóticas invasoras en el medio ambiente.	Estudiantes de Secundaria (grado 8). La comprensión conceptual permite mejorar algo los razonamientos.
Sadler y Zeidler (2005b).	Terapia genética; Clonación.	Estudiantes de Universidad. La comprensión conceptual influye de modo positivo en la calidad de los razonamientos informales.
Tytler, Duggan y Gott (2001).	Asuntos locales medioambientales.	Personas adultas. La insuficiente comprensión conceptual limita los razonamientos.
Zeidler y Schafer (1984).	Asuntos globales medioambientales.	Estudiantes de Universidad. La comprensión conceptual mejora los razonamientos morales.

Tabla 2.- Investigaciones sobre la comprensión de los conceptos involucrados en los ATIS.

COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA		
REFERENCIA	ATIS	PARTICIPANTES Y RESULTADOS
Bell y Lederman (2003).	Tejido fetal; Cáncer; Calentamiento global del planeta.	Profesores de Universidad. La comprensión de la NdC no influye en las decisiones que se toman.
Sadler <i>et al.</i> (2004).	Calentamiento global del planeta.	Estudiantes de Secundaria (14-17 años). Algunos elementos de NdC influyen positivamente en los razonamientos empleados.
Zeidler <i>et al.</i> (2002).	Derechos de los animales.	Estudiantes de Secundaria (grados 9-12) y de Universidad. Algunos elementos de NdC influyen positivamente en los razonamientos empleados.

Tabla 3.- Investigaciones sobre la relación entre los conocimientos de NdC y la toma de decisiones en ATIS.

Parece evidente la necesidad de que las personas evalúen la información favorable o desfavorable a las diferentes posiciones que pueden adoptarse en las decisiones relativas a los ATIS. Los participantes en las investigaciones señaladas en la tabla 4 suelen reconocer la necesidad de valorar la información procedente de diversas fuentes, así como la fiabilidad de las propias fuentes de información, pero su competencia para hacer una evaluación aceptable es bastante limitada y están poco

preparados para ello. En consecuencia, los análisis que hacen los participantes y las conclusiones a las que llegan son, por lo general, superficiales e inconsistentes. Por tal motivo, se ha sugerido la necesidad de enseñar explícitamente cómo evaluar los informes y cómo distinguir entre pruebas científicas y otros tipos de información suministrada (Kolstø *et al.*, 2004, 2006; Sadler, 2004).

EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN PERTINENTE		
REFERENCIA	ATIS	PARTICIPANTES Y RESULTADOS
Kolstø (2001b).	Líneas eléctricas y cáncer.	Estudiantes de Secundaria (16 años). Se evalúan la información y las fuentes de información, pero las conclusiones suelen ser superficiales y poco relevantes.
Korpan, Bisanz, Bisanz y Henderson (1997).	Fármacos; Asuntos medioambientales.	Estudiantes de Universidad. Se acepta información sin valorarla, se usan criterios de evaluación poco consistentes y la evaluación se centra en aspectos superficiales de la información o de la fuente.
Sadler <i>et al.</i> (2004).	Calentamiento global del planeta.	Estudiantes de Secundaria (14-17 años). Limitaciones acerca del significado y el uso de los datos.
Tytler <i>et al.</i> (2001).	Asuntos locales medioambientales.	Personas adultas. Se usan pruebas poco formales para relacionar la información científica con las creencias personales.

Tabla 4.- Investigaciones sobre la evaluación de la información relativa a los ATIS.

PAPEL DE LA ARGUMENTACIÓN EN LOS RAZONAMIENTOS		
REFERENCIA	ATIS	PARTICIPANTES Y RESULTADOS
Jiménez-Aleixandre, Rodríguez y Duschl (2000).	Genética y consumo.	Estudiantes de Secundaria (14-15 años). Predominan los argumentos relativamente ingenuos.
Kortland (1996).	Gestión de residuos; Residuos sólidos y reciclado.	Estudiantes de Secundaria (13-14 años). La enseñanza explícita de la argumentación mejora el conocimiento sobre los ATIS, pero no la capacidad de argumentar.
Patronis <i>et al.</i> (1999).	Asuntos locales medioambientales.	Estudiantes de Secundaria (14 años). Las conexiones personales con los ATIS pueden mejorar algo la calidad de los argumentos.
Zohar y Nemet (2002).	Ingeniería genética.	Estudiantes de Secundaria (grado 9). La enseñanza explícita de la argumentación mejora el conocimiento sobre los ATIS y la capacidad de argumentar.

Tabla 5.- Investigaciones sobre el papel de la argumentación en los razonamientos empleados para tomar decisiones sobre ATIS.

Las investigaciones de carácter general procedentes de otras áreas (v.g., la psicología) han mostrado las dificultades que tienen las personas de cualquier edad para dar argumentos bien consolidados en sus razonamientos. Excepto en el estudio realizado por Patronis, Potari y Spiliotopoulou (1999), donde se encontró que los participantes mostraban ciertas habilidades de argumentación relativamente elaboradas, las demás investigaciones citadas en la tabla 5 ponen en evidencia la escasa calidad de los argumentos de los participantes. Por otra parte, debe destacarse que los trabajos de Kortland (1996) y Zohar y Nemet (2002) presentan resultados contrarios entre sí respecto al papel del uso de la enseñanza explícita en la consecución de mejores argumentos.

De manera resumida, los principales factores que afloran en las investigaciones experimentales citadas pueden agruparse del siguiente modo: (i) conocimientos científicos relativos a los ATIS y conocimientos de NdC, (ii) creencias culturales, sociales y políticas, (iii) aspectos morales, valores y normas, y (iv) emociones y sentimientos. Hay que hacer notar que la mayoría de estas investigaciones también ponen de manifiesto la influencia de las vivencias personales en las percepciones, análisis, razonamientos y argumentos de los participantes (v.g., Bell y Lederman, 2003; Fleming, 1986a,b; Patronis *et al.*, 1999; Sadler *et al.*, 2004; Sadler y Zeidler, 2005b; Tytler *et al.*, 2001; Zeidler y Schafer, 1984; Zeidler *et al.*, 2002). No obstante, la influencia de estas experiencias personales difieren dependiendo del contexto de los ATIS: los más próximos a los participantes, con implicaciones personales o locales, suelen producir mayor impacto y afectan más que los de carácter general y efectos más globales. Este resultado es coherente con las interpretaciones de las encuestas de opinión pública sobre la biotecnología, tal y como se ha expuesto en la sección anterior. Además, también hay que tener en cuenta la motivación que un determinado ATIS puede provocar en cada individuo, esto es, la relevancia personal del ATIS y no solo su relevancia social (Lewis y Leach, 2001).

Por otro lado, en un estudio experimental realizado por Dori *et al.* (2003) con estudiantes de especialidades no científicas (grados 10-12) se informa de resultados positivos en varios aspectos –motivación, comprensión conceptual, pensamiento crítico, etc.– cuando se emplean en el aula materiales didácticos CTS centrados en ATIS de biotecnología, ingeniería genética y medio ambiente que sacan a la luz conflictos morales y medioambientales. Las unidades didácticas correspondientes a esos materiales son: (i) *Agricultura: incremento de la calidad y la cantidad*, (ii) *Del vino a la insulina: producción de materiales necesarios para las personas*, (iii) *Identidad genética*, y (iv) *Cambios de características genéticas*. Según los autores, la utilización de estos módulos mejora la comprensión de los conceptos involucrados en los ATIS planteados, tanto para estudiantes de alto como de bajo nivel académico. Si bien sigue habiendo diferencias significativas a favor de los estudiantes de mayor nivel académico, son los de menor nivel los que consiguen mejorar más su comprensión conceptual, por lo que las diferencias entre ambos tipos de estudiantes tienden a disminuir. Este importante resultado está de acuerdo con los de otras investigaciones anteriores (v.g., Dori y Herscovitz, 1999; Zohar y Nemet, 2002).

Por último, especial interés para la formación inicial del profesorado de ciencias tiene una investigación empírica llevada a cabo por Kolstø *et al.* (2004, 2006) con

estudiantes universitarios de ciencias. Los participantes en este estudio analizaron información procedente de artículos de revistas y de internet sobre un variado conjunto de ATIS: (i) efectos del alcohol, tabaco, alimentación, radiaciones, dietas alimenticias reducidas, medicinas alternativas, etc. en la salud de las personas, (ii) calentamiento global del planeta, (iii) contaminación y biodiversidad, (iv) clonación, etc. Los resultados muestran que los participantes emplean diferentes tipos de conocimiento en sus análisis de los contenidos de las diversas fuentes manejadas y son capaces de percibir la necesidad de documentación adicional para contrastar y completar los contenidos que ofrecen las fuentes de información. También reconocen que los ATIS pueden contemplarse desde más de un punto de vista, así como el papel y la importancia del consenso en la ciencia. El trabajo concluye afirmando que no es suficiente el conocimiento de contenidos científicos para el análisis crítico de ATIS controvertidos. Para evaluar la adecuación teórica y empírica de la información sobre ATIS y poder dar argumentos de cierta calidad en los análisis, se necesita incluir en el currículo de ciencias la enseñanza explícita¹⁸ de conocimientos relativos a normas metodológicas generales (inferencias y generalizaciones en diversos contextos), a la naturaleza de la comunidad científica y a cuestiones sociales de la ciencia (aspectos institucionales y procesos sociales)¹⁹.

EPÍLOGO

La capacidad para negociar y resolver ATIS controvertidos se considera hoy un componente esencial de la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas y de la comprensión pública de la tecnociencia contemporánea. Incluso se puede decir que la participación en la discusión de ATIS tiene más importancia para el ejercicio democrático en la sociedad civil que el hecho de votar por un partido u otro en unas elecciones. Esta competencia es uno de los objetivos de los currículos de ciencias de distintos países, el cual puede venir formulado explícitamente haciendo referencia al papel de la ciencia y la tecnología en las decisiones que toman las personas en la comunidad, el trabajo, el hogar, el ocio, etc. Además, en las controversias sobre ATIS es donde se manifiesta con más intensidad la relación entre la enseñanza de las ciencias y la educación en valores (o, mejor dicho, la educación para valorar)²⁰.

El uso de ATIS en la enseñanza de las ciencias quizás no sea el único modo de favorecer la alfabetización científica y tecnológica, pero sí es un poderoso recurso para ello, sobre todo cuando se utilizan metodologías apropiadas para su tratamiento en el aula (Acevedo *et al.*, 2005; Dori *et al.*, 2003; García-Carmona, 2006; Kolstø, 2000; Kolstø y Mestad, 2003; Martín-Gordillo, 2005a,b; Martín-Gordillo y Osorio, 2003;

¹⁸ No debe confundirse ésta con una enseñanza transmisiva. La enseñanza explícita se refiere a una enseñanza intencional y bien planificada, en la que los contenidos se desarrollan mediante actividades variadas y se evalúan los procesos llevados a cabo y los resultados conseguidos.

¹⁹ Esta conclusión está de acuerdo con la propuesta de Allchin (2004), indicada en la nota 1, y también se ve apoyada por el análisis de Ryder (2001) de varios estudios cualitativos de caso sobre las interacciones de las personas legas con la ciencia y los científicos.

²⁰ Esta relación es extraña a los hábitos educativos tradicionales y tal vez sea una opción arriesgada intentar promoverla. No obstante, una educación en valores meramente abstracta y no centrada en los problemas del mundo actual, muchos de los cuales tienen que ver con el desarrollo tecnocientífico, puede resultar tan vacía como huera puede ser una educación científica que no incorpore como algo esencial la competencia para negociar y resolver ATIS controvertidos.

Osorio, 2005). De esta manera, se contribuye a promover la participación ciudadana en las decisiones tecnocientíficas, favoreciendo así la difusión de la cultura científica y tecnológica entre la población. Así mismo, resulta imprescindible la formación explícita del profesorado de ciencias en estas cuestiones (Kolstø *et al.*, 2004, 2006).

Al enfrentarse a los ATIS las personas, en general, y los estudiantes, en particular, pueden analizarlos, buscar, evaluar y seleccionar información pertinente para ello y, asimismo, valorar las correspondientes fuentes de información; por último, tienen la oportunidad de razonar, dar argumentos y tomar decisiones responsables. En estos razonamientos informales –siguiendo la terminología de Sadler y Zeidler (2005a,b)– no solo intervienen factores epistémicos (conocimientos científicos y de epistemología de la ciencia), sino múltiples y variados factores no-epistémicos, tales como actitudes, diversos tipos de creencias (culturales, sociales, políticas, morales y religiosas), emociones y sentimientos personales, intereses, valores y normas, etc. Así pues, es indispensable conocer el papel de estos factores no-epistémicos en la resolución de los ATIS. De esta forma, cobra todo su sentido la cita de Magris (1999) con la que Martín-Gordillo (2003) termina su artículo sobre las metáforas y las simulaciones como conocimientos alternativos para la didáctica y la enseñanza de las ciencias; cita que se reproduce en parte a continuación:

"La escuela tiene que enseñar una larga serie de nociones y –en respuesta a las exigencias de la época y a las vertiginosas transformaciones del mundo y de las formas de entenderlo y organizarlo– una amplia serie también de técnicas, cada vez más complejas. Pero tiene que enseñar todo esto con espíritu que haga también interiormente libres a los alumnos y estudiantes con relación al mundo y a sus exigencias [...]"

(Magris, 1999, p. 312)

Los estudios sociales sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología muestran claramente la insuficiencia de los modelos explicativos basados en el déficit cognitivo de la población, resultando imprescindible introducir en los análisis otros factores no-epistémicos. Así mismo, como se ha podido comprobar en este artículo, recientes investigaciones procedentes de la didáctica de las ciencias están poniendo de manifiesto la necesidad de prestar atención en los ATIS no solo a los factores epistémicos sino a los no-epistémicos. De este modo, la utilización de los ATIS en la enseñanza de las ciencias podría contribuir a situar los contenidos actitudinales en un plano de igualdad con los otros dos tipos de contenidos –conceptos y procedimientos–, una vieja aspiración del movimiento CTS que también se está reclamando en los informes de las actuales evaluaciones comparativas internacionales sobre la formación científica y la relevancia de la educación científica.

AGRADECIMIENTO

A Mariano Martín Gordillo, que quiso compartir conmigo sus reflexiones al hilo de la lectura de la primera versión de este artículo. Como recuerdo de nuestro encuentro en la frontera del conocimiento especializado; un lugar al que suele ser difícil llegar pero que es el paso obligado hacia un fecundo mestizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, J. A. (2005a). Proyecto ROSE: relevancia de la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 440-447. Consultado 2/4/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2005b). TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301. Consultado 2/4/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A., ACEVEDO, P., MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición digital. Consultado 4/4/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>.
- ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2005). Orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía: un desafío educativo para el siglo XXI. En P. Membiela e Y. Padilla (Eds.): *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTS en los inicios del siglo XXI*, pp. 7-14. Vigo: Educación Editora. Consultado 4/4/2006 en <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. Consultado 2/4/2006 en <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>. Traducción castellana del capítulo 1 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2). Consultado 4/4/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN-GORDILLO, M., OLIVA, J. M., ACEVEDO, P., PAIXÃO, F., MANASSERO, M. A. (2005). La naturaleza de la ciencia y la educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140. Consultado 2/4/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ADÚRIZ, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis de doctorado. Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona.
- AIKENHEAD, G. S. (2003). Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (august 19-23). Consultado 5/4/2006 en http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf.
- ALLCHIN, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934-946.

- BELL, R. L. (2005). The Nature of Science in Instruction and Learning. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science (AETS), Colorado Springs, CO.
- BELL, R. L. y LEDERMAN, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377.
- BINGLE, W. H. y GASKELL, P. J. (1994). Scientific literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, 78(2), 185-201.
- CABO, J. M., ENRIQUE, C., GARCÍA-PEÑA, H. y CORTIÑAS, J. R. (2005). Controversias y dilemas en el aula. El caso de la biotecnología. Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, n° extra (VII Congreso), edición en CD.
- DONELLY, J. F. (2004). Humanizing science education. *Science Education*, 88(5), 762-784.
- DORI, Y. J. y HERSCOVITZ, O. (1999). Question posing capability as an alternative evaluation method: Analysis of an environmental case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 411-430.
- DORI, Y. J., TAL, R. T. y TSAUSHU, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies - can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education*, 87(6), 767-793.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. y SCOTT, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- DRIVER, R., NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- FENSHAM, P. J. (2004). Beyond Knowledge: Other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education. En R. M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Ed.), *Science and Technology Education for a Diverse World – dilemmas, needs and partnerships*. International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XIth Symposium Proceedings, pp. 23-25. Lublin, Poland: Maria Curie-Skłodowska University Press.
- FLEMING, R. W. (1986a). Adolescent reasoning in socio-scientific issues, part I: Social cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 677-687.
- FLEMING, R. W. (1986b). Adolescent reasoning in socio-scientific issues, part II: Non-social cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 689-698.
- FOUREZ, G. M. (1994). *Alphabetisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*. Bruxelles: De Boeck Université. Traducción castellana (1997): *Alfabetización científica y tecnológica. Ensayo sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ed. Colihue.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2006). Interacciones CTS en el aprendizaje del electromagnetismo: una experiencia para el desarrollo de actitudes de responsabilidad. *Investigación en la Escuela*, 58, 79-91.
- GASKELL, G. (2000). Agriculture, biotechnology and public attitudes in the European Union. *AgBioForum* 2000, 3, 87-96. Consultado 5/4/2006 en <http://www.agbioforum.org>.

- GIL-PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A., Eds. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago, Chile: OREALC/UNESCO.
- GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 302-329. Consultado 2/4/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- HOGAN, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84(1), 51-70.
- HOGAN, K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(4), 341-368.
- JENKINS, E. W. (2006) Student opinion in England about science and technology. *Research in Science & Technological Education*, 24(1), 59-68.
- JENKINS, E. W. y NELSON, N. W. (2005). Important but not for me: students' attitudes towards secondary science in England. *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 41-57.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P., RODRÍGUEZ, A. B. y DUSCHL, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- KOLSTØ, S. D. (2000). Consensus projects: Teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22(6), 645-664.
- 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, ... 'Students' ways of dealing with a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- KOLSTØ, S. D., KRISTENSEN, T., ARNESEN, E., ISNES, A., MATHIASSEN, K., MESTAD, I., QUALE, A., TONNING, A. S. V. y ULVIK, M. (2004). Science student' critical assessment of scientific information related to socioscientific controversies. A paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Vancouver, Canadá (31 March-3 April). Consultado 5/4/2006 en <http://www.uib.no/people/pprsk/Dankert/Handouts/>.
- KOLSTØ, S. D., BUNGUM, B., ARNESEN, E., ISNES, A., KRISTENSEN, T., MATHIASSEN, K., MESTAD, I., QUALE, A., TONNING, A. S. V. y ULVIK, M. (2006). Science students' critical examination of scientific information related to socioscientific issues. *Science Education*, 90(4), 632-655.
- KOLSTØ, S. D. y MESTAD, I. (2003). Learning about the nature of scientific knowledge: The imitating science project. A paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands. Consultado 5/4/2006 en <http://www.uib.no/people/pprsk/Dankert/Handouts/>.

- KORPAN, C. A., BISANZ, G. L., BISANZ, J. y HENDERSON, J. M. (1997). Assessing literacy in science: evaluation of scientific news briefs. *Science Education*, 81(5), 515-532.
- KORTLAND, J. (1996). An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, 80(6), 673-689.
- LEACH, J., HIND, A. y RYDER, J. (2003). Designing and Evaluating Short Teaching Interventions about the Epistemology of Science in High School Classrooms. *Science Education*, 87(6), 832-848.
- LEWIS, J. y LEACH, J. (2001). Reasoning About Socio-Scientific Issues in the Science Classroom. Paper presented at the 3rd Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Tesalónica, Greece (august 21-25).
- MAGRIS, C. (1999). *Utopía y desencanto*. Barcelona: Anagrama, 2001.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001a). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001b). La evaluación de las actitudes CTS. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. Consultado 4/4/2006 en <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo11.htm>. Versión en castellano del capítulo 2 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MARTÍN-DÍAZ, M. J., GUTIÉRREZ-JULIÁN, M. S. y GÓMEZ-CRESPO, M. A. (2005). Alfabetización científica ¿Para qué y para quienes? ¿Cómo lograrla? Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, n° extra (VII Congreso), edición en CD.
- MARTÍN-GORDILLO, M. (2003). Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. En línea en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). Consultado 4/4/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- MARTÍN-GORDILLO, M. (2005a). Cultura científica y participación ciudadana: Materiales para la educación CTS. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6, 123-135.
- MARTÍN-GORDILLO, M. (2005b). Las decisiones científicas y la participación ciudadana. Un caso CTS sobre investigación biomédica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 38-55. Consultado 2/4/2006 en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- MARTÍN-GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, 165-210. Consultado 4/4/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.PDF>.
- MILLER, J. D., PARDO, R. y NIWA, F. (1998). *Percepciones del público ante la ciencia y la tecnología. Estudio comparativo de la Unión Europea, Estados Unidos, Japón y Canadá*. Bilbao: Fundación BBV.

- MUÑOZ, E. (2000a). Biotecnología y desarrollo en distintos contextos culturales. Influencias e impactos. En M. Medina y T. Kwiatkowska (Coord.): *Ciencia, tecnología/naturaleza, cultura en el siglo XXI*, pp. 183-204. Barcelona: Anthropos/UAM.
- MUÑOZ, E. (2000b). Los cultivos transgénicos y su relación con los bienes comunes. En M. Palacios (Coord.): *Bioética 2000*, pp. 373-385. Oviedo: Sociedad Internacional de Bioética (SIBI), Ediciones Nobel.
- MUÑOZ, E. (2001). *Biotecnología y sociedad. Encuentros y desencuentros*. Madrid: Cambridge University Press y OEI.
- MUÑOZ, E. (2004). Los problemas en el análisis de la percepción pública de la biotecnología: Europa y sus contradicciones. En F. J. Rubia, I. Fuentes y S. Casado, Coord. (2004): *Percepción social de la ciencia*, pp. 127-166. Madrid: Academia Europea de Ciencias y Artes/UNED Ediciones. Consultado 5/4/2006 en http://www.academia-europea.org/pdf/percepcion_social_de_la_ciencia.pdf.
- OSBORNE, J., SIMON, S. y COLLINS, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- OSORIO, C. (2005). *La participación pública en los sistemas tecnológicos. Manual de educación CTS para estudiantes de ingeniería*. Cali, Colombia: Unidad de Artes Gráficas, Facultad de Humanidades, Universidad del Valle.
- OULTON, C., DILLON, J. y GRACE, M. M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education*, 26(4), 411-423.
- PATRONIS, T., POTARI, D. y SPILIOTOPOULOU, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socioscientific issue: Implications for teaching. *International Journal of Science Education*, 21(7), 745-754.
- PARDO, R. y CALVO, F. (2002). Attitudes towards science among the European public: a methodological analysis. *Public Understanding of Science*, 11, 155-195.
- PEDRETTI, E. (1999). Decision making and STS education: Exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centers through an issues-based approach. *School Science and Mathematics*, 99, 174-181.
- RYDER, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 35, 1-44.
- SADLER, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- 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), 387-409.
- SADLER, T. D. y ZEIDLER, D. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4-27.
- SADLER, T. D. y ZEIDLER, D. (2005a). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.

- SADLER, T. D. y ZEIDLER, D. (2005b). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71-93.
- SANDOVAL, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.
- SANDOVAL, W. A. y REISER, B. J. (2004). Explanation-Driven Inquiry: Integrating Conceptual and Epistemic Scaffolds for Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
- SJØBERG, S. (2004). Science Education: The voice of the learners. Contribution to the Conference on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe. Bruselas, Unión Europea (2 de abril de 2004). Consultado 5/4/2006 en <http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2004/sciprof/pdf/sjoberg.pdf>.
- SJØBERG, S. y SCHREINER, C. (2005a). Students' perceptions of science and technology. Connect: UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, 30(1-2), 3-8.
- SJØBERG, S. y SCHREINER, C. (2005b). Young people and science. Attitudes, values and priorities. Evidence from the ROSE project. Keynote presentation at EU's Science and Society Forum 2005. Session 4: How to foster diversity, inclusiveness and equality in science. Bruselas, Unión Europea (9-11 de abril de 2005). Consultado 5/4/2006 en <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/documents/presentations/>.
- TYTLER, R., DUGGAN, S. y GOTT, R. (2001). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education. *International Journal of Science Education*, 23(8), 815-832.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición digital. Consultado 4/4/2006 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). Consultado 4/4/2006 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2005). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias. Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra (VII Congreso), edición en CD.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, 13(3), 337-346.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2004). Imagen de la ciencia y la tecnología al final de la educación obligatoria. *Cultura y Educación*, 16(4), 385-398.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, J. A. (2005). Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(1).

Consultado 4/4/2006 en <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>.

- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, J. A. (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90(4), 681-706.
- ZEIDLER, D. L. (1984). Moral issues and social policy in science education: Closing the literacy gap. *Science Education*, 68(4), 411-419.
- ZEIDLER, D. L. (2003). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.
- ZEIDLER, D. L., SADLER, T. D. y SIMMONS, M. L. (2003). Morality and Socioscientific Issues in Science Education: Current Research and Practice. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands. Consultado 5/4/2006 en <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/program.shtml>.
- ZEIDLER, D. L., SADLER, T. D., SIMMONS, M. L. y HOWES, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.
- ZEIDLER, D. L. y SCHAFER, L. E. (1984). Identifying meditating factors of moral reasoning in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(1), 1-15.
- ZEIDLER, D. L., 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.
- ZOHAR, A. y NEMET, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

SUMMARY

The purpose of this paper is to show the insufficiency of the epistemic factors (scientific and the epistemology of science knowledge) in the analysis of the answers given to controversial technoscientific issues with social interest. At the same time, we claim more attention toward non-epistemic factors (cultural, social, political, ethical and religious beliefs, emotions and feelings, interests, values and rules...). These elements are in the base of reasoning, arguments, and decisions that people take when facing this kind of concerns.

Key words: *Epistemic factors; non-epistemic factors; public perceptions; socio-technoscientific issues (STSI); technoscientific decisions.*