

Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias

Mariano Martín Gordillo

Instituto de Enseñanza Secundaria "N° 5", Avilés, España. E-mail: marianomartin@campus-oei.org

Resumen: Las visiones deformadas que se transmiten frecuentemente en la enseñanza de las ciencias son, más bien, visiones conformadas en la socialización profesional de los docentes de ciencias. Para superarlas se propone que la didáctica de las ciencias naturales utilice metáforas de la ciencia como herramienta reflexiva para interpretar críticamente los significados de las prácticas de enseñanza. Asimismo, se presentan diversos casos simulados CTS como estrategias educativas para el aprendizaje social de la participación pública en los temas tecnocientíficos y la reconstrucción crítica de las prácticas de enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: ciencia posnormal, didáctica de las ciencias, enseñanza de las ciencias, metáforas, participación pública en ciencia y tecnología, simulaciones CTS.

Title: Metaphors and simulations: alternatives for didactics and the science education.

Abstract: Deformed visions that is often transmitted in science education made up in professional socialization visions of science teachers. To overcome them proposes that didactics of the natural sciences use metaphors of science as reflexive tool to critically interpret the meanings of teaching practices. Also, various simulated cases CTS as educational strategies are presented social learning of public participation in the topics tecnoscientific and critical reconstruction of education practices of the sciences.

Keywords: posnormal science, didactics of science, science education, metaphors, public participation in science and technology, CTS simulations.

El papel de la enseñanza de las ciencias en el conjunto de la educación

Cuando se pregunta a los escaladores qué es lo que les lleva a trepar hasta lo más alto de las montañas su respuesta suele ser siempre la misma: "porque están ahí". Las montañas son para los alpinistas un reto que no tiene otro objetivo que el de su superación. No se trata de saber qué se divisa desde la cumbre, para eso podrían elegirse itinerarios menos complicados. Se trata de subir por el lugar más penoso y de hacer precisamente lo que la mayoría no es capaz de hacer.

Para muchos alumnos el aprendizaje de las ciencias tiene algo que ver con el alpinismo: han de trepar por las paredes verticales de diversas

montañas sin otra compensación que haber superado cada tramo y encarar el siguiente. Por qué se escalan esas cumbres científicas y no otras, para qué sirven esas escaladas o qué se divisa desde las cimas son cuestiones que no tienen respuesta para los alumnos y que tampoco es frecuente que ellos se planteen. Bien es cierto que las motivaciones del alpinismo escolar en las cordilleras científicas no son muy diferentes de las que impulsan a escalar las cordilleras humanísticas o los, más recientemente descubiertos, macizos tecnológicos. La orografía de los currículos escolares se presenta para los alumnos como algo que ha de recorrerse "porque está ahí" aunque, a diferencia del alpinismo, la motivación de las escaladas no procede de la libre voluntad individual sino que se presenta como una obligación para la mayoría.

Que los alumnos no puedan dar una respuesta cabal a la pregunta de por qué se estudian las ciencias quizá no sea importante mientras las están aprendiendo. Más grave es, sin embargo, que al término de cada etapa tampoco puedan dar cuenta del valor de sus aprendizajes científicos más allá de la mera superación de retos académicos y, tal vez, esa sea la situación para muchos de ellos.

Puede ser que los propios docentes de ciencias tampoco tengan una perspectiva de su labor como enseñantes muy diferente a la de los alumnos como aprendices o la de los alpinistas como escaladores. ¿Por qué se enseñan las ciencias? "Porque están ahí". ¿Dónde es ese "ahí"? Dentro del ámbito educativo, principalmente en la norma. Por eso los mayores debates sobre los temas curriculares suelen darse en tiempos de reformas que plantean modificaciones en la orografía de las materias que han de ser enseñadas y aprendidas. Los choques entre *ciencias* y *letras* o entre ambas y las *nuevas tecnologías* alcanzan en esos momentos la virulencia de seísmos gremiales confrontándose las fuerzas de las viejas masas geológicas con las nuevas que buscan emerger y proponer nuevas cumbres para ser escaladas por las generaciones de escolares. La *ciencia enseñada* reduce muchas veces su legitimación a la de la *ciencia prescrita*, considerándose que lo que puede y debe ser enseñado de las ciencias es lo que aparece en los boletines oficiales y, finalmente, en los libros de texto.

Poco espacio queda entonces para la *ciencia pensada*, para el cuestionamiento del valor de lo que se enseña, para la consideración de lo que puede y debe enseñarse en cada momento, para la revisión en profundidad de las prácticas de enseñanza, es decir, para hacer posible la *ciencia reconstruida*. Reconstruir las prácticas de enseñanza de las ciencias requiere pensar sobre ellas, y no sólo sobre lo que se hace (o lo que está prescrito que se haga), sino también sobre lo que no se hace y, quizá, podría hacerse.

Si las ciencias no deberían aprenderse sólo "porque están ahí", mucho menos deben ser enseñadas con esa idea como fundamento implícito. Los saberes científicos que están en los currículos prescritos son sólo una parte de los saberes científicos que podrían ser enseñados. Verdaderas cordilleras cognoscitivas quedan sin ser exploradas por los jóvenes, mientras año tras año se enfrentan a las dificultades que entraña subir a los mismos picos por su cara más difícil y desde las que es menos posible detenerse a contemplar su lugar en la cordillera o la perspectiva sobre los pueblos del entorno.

Considerar que es mejor la escalada que la travesía, que el mejor método es la cordada (con el profesor en cabeza abriendo camino y los alumnos en fila tras él), que es más interesante explorar lugares deshabitados que recorrer los territorios en los que vive la gente, son algunas de las decisiones que se adoptan muchas veces en la enseñanza de las ciencias pero que, por el hábito de considerar que las cosas “están ahí”, llegan a tal grado de naturalización que no parecen ser decididas por nadie.

Convendría, por tanto, repensar el lugar y el papel de la enseñanza de las ciencias en el conjunto de la educación. Para ello no es la mejor estrategia dar por supuesto su valor por el hecho de existir ya en la organización de las enseñanzas. Por el contrario, se debería justificar explícitamente su utilidad y conveniencia para la formación de los ciudadanos y los profesionales. Que las ciencias “estén ahí” en la organización de las enseñanzas no garantizan que deban estarlo. Tampoco qué contenidos y qué métodos “están ahí” en las prácticas de enseñanza de las ciencias legítimas que esos sean los más adecuados. Pero ¿adecuados para qué? Se supone que para el aprendizaje de las ciencias. Pero ¿cómo son esas ciencias cuya enseñanza debe ser la más adecuada? ¿Se adecua la ciencia que se enseña a la ciencia real?

Las referencias a los contenidos de las ciencias y al método científico que suelen aparecer en los textos normativos y en las presentaciones de los libros escolares tienden a mostrar una imagen de “la ciencia” (con artículo determinado y casi con mayúsculas) como un tipo especial de saber que ha logrado conocimientos verdaderos sobre la realidad mediante el uso de métodos preestablecidos y rigurosos. La adquisición de esos conocimientos o la replicación de esos métodos serían los polos de los énfasis más tradicionales (de aula y pizarra) o más innovadores (de laboratorio y proyectos) entre los que se sitúan las prácticas habituales de enseñanza de las ciencias. Pero, en todo caso, se comparte la idea de que las ciencias son algo que “está ahí”, aportando verdades desde la investigación más desinteresada y básica. La formación del científico y el valor de la enseñanza de las ciencias para la formación del ciudadano consistiría, por tanto, en la inmersión en la cultura científica, ya sea por el contacto con sus resultados más básicos o por el adiestramiento en las estrategias de investigación propias de la ciencia.

Sin embargo, esa idea de una ciencia básica neutra aislada de valores, intereses y prejuicios sociales y, en principio, despreocupada por sus consecuencias prácticas y tecnológicas no concuerda en absoluto con la realidad de la actividad científica del presente. Distinguir entre ciencia básica y ciencia aplicada siempre ha sido difícil fuera de los ámbitos académicos (Acevedo *et al.*, 2003), pero hoy es prácticamente imposible en los sectores considerados punteros como el campo de las biotecnologías o el de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. ¿Es el Proyecto Genoma Humano un ejemplo de actividad científica básica o de desarrollo tecnológico? ¿Procede Internet de alguna disciplina científica cuyos conocimientos hayan servido de base a ese desarrollo tecnológico? Las fronteras entre ciencia y tecnología son, en la realidad exterior a las aulas, mucho más borrosas de lo que podría parecer por lo que se hace dentro de ellas (Acevedo, 1997). Pero, además, las fronteras entre saberes

y valores, entre conocimiento e interés, entre ser y deber ser, tampoco son claras en la actividad científica no escolar.

No nos hallamos ya (si es que alguna vez estuvimos en él) en el tiempo de la ciencia básica, con resultados ciertos e independientes de sus consecuencias sociales (la *ciencia normal*, tanto en el sentido vulgar como en el kuhniano). Hoy la actividad científica tiene más que ver con una realidad y unos problemas que no admiten disecciones parceladas y especializadas, con riesgos ante los que no hay soluciones binarias y certezas absolutas, con controversias y decisiones en las que no cabe apelar únicamente al juicio de los expertos. Lo que algunos han llamado *ciencia posnormal* (Funtowicz y Ravetz, 1993) supone una nueva comprensión de la actividad científica en la que predomina el trabajo interdisciplinar sobre el especializado, la confrontación entre diferentes puntos de vista frente a las perspectivas privilegiadas de los expertos, la aceptación de la incertidumbre como elemento constitutivo de los problemas globales del presente frente a los intentos anteriores de eliminar las incertidumbres de los resultados pretendidamente científicos, así como la aceptación de las implicaciones políticas y, en general, valorativas de los problemas científicos frente a la tradicional asepsia axiológica en la que ha querido moverse la ciencia normal.

Esa *ciencia posnormal* es la que resulta relevante para abordar los problemas del presente, se trate de la gestión de los problemas agroalimentarios, como el caso de las vacas locas en Europa, de la gestión de los recursos medioambientales, como en el caso de la controversia de los eucaliptos en el norte de España (López Cerezo y González García, 2002), o de tantos otros ejemplos de problemas que involucran decisiones en las que aparece el concurso de la ciencia.

Sin embargo, no es a la *ciencia posnormal* a la que habitualmente se adecua la enseñanza de las ciencias en las aulas. La *ciencia enseñada* es habitualmente la *ciencia normal*, la cual, por cierto, no es nada normal (en el sentido estadístico de frecuencia de uso) fuera de las aulas. La ciencia que "está ahí" en la cotidianidad de las aulas es un tipo de ciencia cuya existencia más depurada está principalmente en los imaginarios que conforman las prácticas de los docentes. La enseñanza normal de la ciencia (o la enseñanza de la *ciencia normal*) utiliza frecuentemente como coartada para privilegiar las prácticas de escalada el hecho de que su función es también la formación de los futuros científicos, los cuales no podrán llegar a producir nuevos descubrimientos (a coronar nuevas cumbres) si no son entrenados en los tópicos del paradigma científico dominante. Así, a veces, llegan a criticarse las perniciosas consecuencias de la *alfabetización científica* o la *ciencia para todos* (el senderismo popular) sobre la formación específica propedéutica que necesitan los futuros científicos (los verdaderos profesionales de la montaña).

No obstante, aun obviando la formación de los ciudadanos y pensando sólo en la que precisan los futuros científicos, tampoco parece que pueda defenderse con fundamento la idea de que las bases de las capacidades de los científicos responsables de la ciencia del futuro se cimienten en la asimilación pormenorizada de los conocimientos propios de la ciencia del pasado en cada especialidad. Si fuera cierto que en la formación del

científico es necesaria una larga iniciación en su campo del conocimiento desde edades relativamente tempranas (como si se tratara del adiestramiento necesario para la interpretación musical) no cabría pensar que el científico pueda innovar ni trabajar en campos novedosos (escribir nuevas partituras y no sólo interpretar las ya existentes). Las trayectorias de los científicos posnormales muestran que, muchas veces, la mejor forma de adaptarse a los retos del futuro es liberándose de los lastres del pasado.

La ciencia enseñada es, por tanto, algo bien distinto y distante de la ciencia real fuera de las aulas. Como han señalado algunos autores (Gil, 1993; Vilches y Furió, 1999) incluso la propia imagen de la ciencia que se transmite en las aulas es, muchas veces, una deformación respecto de la ciencia que se hace realmente fuera de ellas. Esas *visiones deformadas* de la actividad científica hacen que en las aulas se transmitan determinados prejuicios no justificados sobre el carácter de la actividad científica. Tales prejuicios consistirían en presentar a la ciencia como algo empirista y ateórico, que sigue fielmente un método rígido, que se desarrolla al margen de la historia o como mera acumulación lineal en ella, que es fruto de los trabajos individuales de determinados genios que integran una élite que puede acceder a conocimientos inalcanzables para la mayor parte de las personas y que tienen que ver con las esencias últimas de la naturaleza al margen de cualquier contexto social y desde la más pura neutralidad valorativa.

Sin duda, esta idea de las *visiones deformadas* de la ciencia, que se transmiten de forma implícita en las aulas, es adecuada para describir lo que sucede. Sin embargo, no aporta explicaciones sobre las razones por las que esas visiones deformadas se han impuesto en los espacios escolares sobre otras visiones más ciertas de la actividad científica. Incluso cabe dudar si es la más apropiada esa expresión de "visiones deformadas" que parece remitir a una esencia pristina de la actividad científica respecto de la cual esas visiones serían formas degradadas o espurias. Se conjuga mal el esencialismo latente en esa expresión con la idea más flexible de una ciencia posnormal a la que antes se ha aludido.

Mejor que de *visiones deformadas* en los docentes sobre la actividad científica, parece oportuno hablar de *visiones conformadas* o incluso *conformistas*. No parece lógico pensar que todos los profesores de ciencias sufran las mismas aberraciones ópticas a la hora de percibir y mostrar a sus alumnos qué es la ciencia si no hay alguna razón o explicación para esa extraña miopía. Seguramente la imagen que los docentes de ciencias tienen de la actividad científica no es sólo una deformación respecto de la realidad. Más bien se trata de algo que se ha ido conformando en su comunidad profesional por motivos que son funcionales a su propio papel como docentes y no sólo porque yerran en la transmisión escolar de la verdadera imagen de la ciencia. En este sentido, habría que sustituir la foto fija de las *visiones deformadas* de la ciencia por la imagen en movimiento de cómo se han venido desarrollando esas visiones de la ciencia en las que los docentes son formados en su propia socialización profesional, ante las que se conforman sin plantear impugnaciones en sus prácticas cotidianas y que acaban generando una actitud verdaderamente conformista en la mayor parte de la comunidad de enseñantes de ciencias.

Ello llevaría a la necesidad de dar una explicación al hecho de que esa imagen elitista, individualista, neutra, teórica, disciplinar, formalizada y rígida de las ciencias ha sido funcional en las propias prácticas de enseñanza y a plantear a fondo cuál ha sido y es el verdadero papel de la enseñanza de las disciplinas científicas (como el de otras disciplinas) en el conjunto de los currículos escolares.

Para esas investigaciones la didáctica de las ciencias naturales podría tener en cuenta también algunas aportaciones valiosas procedentes del campo de la didáctica de las ciencias sociales. Ambos campos han tenido un desarrollo bastante distanciado con lo que no ha dejado de ser cierta también en ellos la clásica escisión de las dos culturas denunciada por Snow (1959). El hecho de que los contenidos de ambos campos se desarrollen en los mismos escenarios (las aulas) debería llevar a subrayar más las afinidades entre ellos y a tender puentes que pudieran resultar recíprocamente valiosos. Sin duda, la clara vocación hacia las prácticas reales de enseñanza así como el rigor de las investigaciones desarrolladas en la didáctica de las ciencias naturales son aspectos que podrían ser emulados con mayor intensidad desde el campo de la didáctica de las ciencias sociales. Pero también es cierto que esta última puede aportar a aquélla su capacidad para interpretar de forma más global los procesos que se desarrollan en las instituciones escolares y para pensar social e históricamente tales procesos a fin de comprenderlos de forma más crítica.

Las metáforas científicas como herramienta para una didáctica crítica de las ciencias naturales

Una de las líneas de trabajo más fecundas en la didáctica de las ciencias sociales en España ha sido, sin duda, la apuesta que algunos de sus autores más críticos han hecho por aplicar cierta reflexividad a su propio campo de investigación. En algunas de las investigaciones desarrolladas por miembros de Fedicaria¹ se ha apostado por utilizar la propia disciplina sobre la que se realizan investigaciones y propuestas como herramienta de análisis para comprender su papel educativo. Con la intención de *pensar históricamente* los procesos educativos, se ha analizado desde un punto de vista histórico la propia enseñanza de la Historia en España. Se ha utilizado, por tanto, la propia historia como herramienta para comprender la sociogénesis de las disciplinas escolares y en concreto, el de la Historia como disciplina escolar (Cuesta, 1998).

Y es que, quizá, el mayor hallazgo de este planteamiento haya sido que, para comprender lo que sucede en las clases de Historia y para entender el significado de la evolución de sus planteamientos, se ha distanciado de la idea de que la enseñanza de la Historia en las instituciones escolares consista en el traslado a las cabezas de los alumnos de los resultados (o de parte de los resultados) de las investigaciones de la Historia como ciencia social. Por el contrario, se ha entendido que la propia enseñanza escolar de

¹Fedicaria es una federación de personas y grupos interesadas en la renovación pedagógica desde perspectivas críticas. La integran los siguientes colectivos: Asklepios de Cantabria, Cronos de Salamanca, Gea-Clío de Valencia, Ínsula Barataria de Aragón, Ires de Andalucía y Pagadi de Navarra (www.fedicaria.org). Muchas de las aportaciones de sus miembros y los trabajos de sus encuentros biauñales se recogen en la revista *Con-Ciencia Social*.

la Historia es, ella misma, una disciplina sustantiva que sólo a veces y de forma relativa es deudora de los resultados de la investigación historiográfica. Las claves de la gestación de la Historia como disciplina escolar se encuentran, más bien, en procesos que están más emparentados con los papeles históricos de los sistemas educativos en cada momento y con la propia evolución del gremio profesional de los profesores de Historia que ha ido elaborado sus propios códigos disciplinares específicos. Lo histórico y lo social son, por tanto, las claves con las que se interpreta el significado y la evolución de la propia Historia como disciplina escolar aportando una mirada mucho más crítica y potente de la que se derivaría de suponer que su enseñanza es el reflejo (deformado o no) de los resultados de la investigación en la ciencia histórica.

El pensamiento histórico y social es, sin duda, un elemento relevante para interpretar los procesos de la enseñanza de las ciencias (Mainer, 2002). En este sentido, las investigaciones críticas sobre la historia y la sociología de la enseñanza de las ciencias desvelan que las supuestas *visiones deformadas* de los docentes son, en realidad, *visiones conformadas* históricamente, visiones con las que se han ido formando precisamente los códigos disciplinares de los docentes de ciencias y ante las que, por tanto, la mayoría de ellos son claramente conformistas.

Esta mirada histórica y social sería un fecundo y novedoso campo de investigación, pero no es éste el sentido en el que se defienden aquí este tipo de propuestas procedentes del campo de la didáctica de las ciencias sociales. Lo más relevante sería su capacidad para aplicar la reflexividad en la investigación sobre sus propias disciplinas escolares (para utilizar la Historia y la Sociología para entender los significados y las prácticas de enseñanza de las disciplinas históricas y sociales en las instituciones escolares). Sin embargo, parecería existir una distancia insalvable entre las dos culturas de la didáctica. Es fácil aceptar que la Historia o la Sociología pueden ser relevantes para analizar lo que sucede en las aulas. Pero parece difícil imaginar qué pueden aportar la Biología, la Química o la Física, como tales, para la comprensión de lo que pasa en las aulas en las que se enseñan esas disciplinas. Ese tipo de reflexividad parecería inviable en el campo de la didáctica de las ciencias naturales, quizá, porque en éstas la separación entre el sujeto y el objeto es más nítida que en las ciencias sociales.

Obviamente, al reivindicar esta reflexividad en la didáctica de las ciencias naturales no se trata de suponer que los conceptos de entropía, de ósmosis o de inercia pueden ser útiles para comprender los propios procesos de enseñanza de las ciencias. ¿O sí? ¿No pueden servir esos mismos conceptos y tantos otros con significado original de determinados campos científicos para iluminar como metáforas muchos de los significados menos evidentes de lo que pasa en las aulas de ciencias o, incluso, en el conjunto de las actividades escolares? En su uso original tal vez no sean útiles, pero como metáforas quizá no resulten menos diáfanos y significativos para interpretar lo que sucede en las instituciones escolares que los propios resultados de la investigación histórica y social sobre la escuela.

De hecho, el uso de las metáforas no es ajeno a la propia ciencia, incluso en sus campos más paradigmáticos y *normales*. Einstein dijo que "Dios no

juega a los dados" para aclarar su posición sobre la organización del universo. Pero, más allá de esas afirmaciones generales y del empleo de términos metafóricos que han acabado adquiriendo significados muy precisos en ciencia (los "nichos" ecológicos, la "escalera" del ADN, la "caja negra" de la psicología...), el uso de las metáforas² ha llegado a ser un componente esencial en la formulación de las teorías y hasta de experimentos en campos centrales de la física. Por ejemplo, para ilustrar las diferencias entre interacción y medida en la mecánica cuántica Schrödinger propuso un experimento imaginario que tenía como protagonista a un gato que acabó tomando como apellido el del célebre físico austriaco. También es famoso en termodinámica el *demonio de Maxwell*, un ser imaginario capaz de poner en entredicho el segundo principio de la termodinámica mediante la separación de partículas de diferente cantidad de movimiento haciendo disminuir la entropía y aumentando el orden en el sistema.

Precisamente la analogía para las instituciones educativas de esta última metáfora resulta especialmente reveladora y Bourdieu (1994) ha llegado a plantear la idea de que el sistema escolar en su conjunto pudiera actuar como una suerte de *demonio de Maxwell* que, a cambio de una gran cantidad de energía para llevar a cabo la selección de los alumnos, mantiene el orden preexistente en la sociedad en relación con el capital cultural de cada cual. Según él, más allá de las retóricas progresistas, la escuela es un complejo artefacto capaz de separar y legitimar la distinción de los poseedores de capital cultural heredado respecto de quienes carecen de él por su origen. Al margen de su radicalidad y la discusión sobre su pertinencia, es difícil negar la potencia que tiene la metáfora de Maxwell, en el uso que Bourdieu hace de ella, para revelar aspectos poco visibles de las funciones de las instituciones escolares.

Sin llegar al refinamiento de hacer un uso metafórico de las propias metáforas de la ciencia como en el ejemplo anterior, es evidente que la reflexividad que supone aplicar muchos conceptos científicos de modo metafórico a la realidad de las actividades de enseñanza y aprendizaje en las aulas tiene una enorme potencia para desvelar muchos aspectos de la vida escolar. El desgaste al que se ven sometidos los docentes innovadores en la mayoría de las instituciones escolares frente al predominio de los conservadores que, casi sin esfuerzo, consiguen destruir lo que aquéllos trabajosamente han construido, puede quedar muy bien reflejado y hasta explicado si se sabe cuáles son los *estados inerciales* de muchas instituciones escolares: el reposo o el movimiento rectilíneo y uniforme, del que sólo se apartarán por la acción de alguna fuerza. Que muchas estructuras organizativas se hallan *crystalizadas* y establecen sistemas de relaciones sumamente estables también es algo conocido por cualquiera que haya vivido y pensado sobre lo que ocurre en un instituto de enseñanza secundaria. La tendencia a la *entropía*, la *supervivencia de los más aptos*, y tantas otras imágenes procedentes de las ciencias naturales pueden hacer que se vean más claros los procesos educativos que habitualmente permanecen borrosos o aparecen como deformados. Ni que decir tiene que las propias matemáticas podrían tener también una gran utilidad en esta

²Las metáforas en la ciencia pueden ser interpretadas no sólo como algo pedagógico o heurístico, sino que en ellas se muestran también componentes significativos de las teorías científicas (Fox Keller, 1995; Bustos, 2000).

dilucidación reflexiva de lo que pasa en la educación si se aplicaran sus conceptos estadísticos más básicos no sólo a los resultados de los alumnos sino también a los de los docentes (¿bajo qué parámetros se puede considerar que “es normal que en una evaluación suspenda más del 50 % de los alumnos de una materia”? ¿Qué sucedería si esa *normalidad* la consideraran también *normal* los ocho o diez profesores que componen el equipo docente de un mismo grupo de alumnos? ¿Es normal que algunos docentes consideren *normales* esos resultados? ¿Se diferencia en algo la función escolar de esos docentes *normales* de la que Maxwell asignaba a su demonio?).

No se trata aquí de determinar las posibilidades de este tipo de reflexividad crítica en el campo de la didáctica de las ciencias, ni siquiera de apuntar las líneas por las que podría desarrollarse programáticamente. Tan sólo se pretende esbozar brevemente un panorama posible de trabajo intelectual que, transgrediendo las fronteras entre las dos culturas de la investigación didáctica, rescatara lo más valioso de cada una de ellas a fin de facilitar algo que es fundamental para la reconstrucción de las prácticas docentes: repensar esas prácticas y hacer visible lo cotidiano que se esconde tras visiones no sólo deformadas sino conformadas y conformistas con ciertas funciones sumamente discutibles que, como otras disciplinas escolares, ha acabado teniendo la enseñanza de las ciencias en los espacios escolares (Martín Gordillo y González Galbarte, 2002).

La educación CTS y la superación de las escisiones inerciales en la enseñanza de las ciencias

Del mismo modo que en la mecánica clásica se identifican los estados inerciales de la materia como elementos que configuran las bases de la legalidad natural, en los sistemas educativos también pueden hallarse los estados inerciales que conforman las prácticas de enseñanza habituales. Esas prácticas inerciales suelen ser tan dominantes que no parecen necesitar justificación y se acaban presentando como partes de la naturaleza esencial o normal de la acción educativa. Sin embargo, la educación no es algo natural (bien al contrario, es la voluntad de alejar al ser humano de los estados de naturaleza) sino social, construido y decidido. Es decir, algo que puede ser de un modo u otro. Que la tradición histórica haya ido constituyendo prácticas que se presentan como naturales o inerciales sólo debería llevarnos a intentar identificarlas para saber cuáles han de ser las direcciones y los sentidos de las fuerzas que permitan transformar esas prácticas y dinamizarlas de forma consciente hacia los fines que voluntariamente se establezcan para la acción educativa.

En el caso de la enseñanza de las ciencias los aspectos inerciales que han configurado tradicionalmente las prácticas dominantes pueden ser caracterizadas por una serie de oposiciones o escisiones tópicas. Tales oposiciones pueden constituir parte de los códigos disciplinares de la comunidad de los docentes de ciencias que han conformado con ellos la forma de entender su papel educativo. A la vez, esas escisiones tópicas configuran prácticas de enseñanza que acaban teniendo efectos sustantivos en la formación que los ciudadanos van adquiriendo en el sistema educativo sobre el papel social de la ciencia. A continuación se perfilan brevemente

seis de esas oposiciones o escisiones tópicas en las que las inercias tradicionales en la enseñanza de las ciencias ha tendido a enfatizar la distancia e incompatibilidad entre los dos términos de cada oposición y, si acaso, la primacía o prioridad del primero sobre el segundo.

Ciencia y tecnología *versus* sociedad

Es, sin duda, uno de los tópicos más tradicionales y de los que más contestación han venido recibiendo en los últimos años por parte del movimiento de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Más allá de las invocaciones programáticas (en los textos normativos –cada vez menos–, en los libros escolares –frecuentemente como apostillas complementarias que tienden a obviarse– o en los proyectos curriculares –especialmente en los objetivos más generales que, por tanto, comprometen poco–), la idea de que la ciencia y la tecnología han de ser enseñadas mostrando el contexto social en el que surgen apenas ha calado en las prácticas habituales de enseñanza de las ciencias. Los problemas, hechos y teorías científicas suelen aparecer, en su versión escolar efectiva, con escasas alusiones al contexto social o histórico. Como mucho, se dan referencias puramente biográficas cuya utilidad no va más allá de la anécdota que humaniza (o diviniza, según se mire) los logros de la ciencia (v.g., la caída de una manzana sobre la cabeza de un sietemesino británico, el abnegado amor a la ciencia de cierto matrimonio francés...) o de la simple asociación de ciertos conceptos complejos con nombres propios que acaban reducidos al papel de hitos mnemotécnicos. La pregunta de por qué la geometría (la “medida de la tierra”) apareció en sociedades agrarias sedentarias y no en sociedades ganaderas y nómadas queda sin responder y sin plantear. La relación entre la astronomía y la navegación es algo que tampoco se analiza. Difícilmente se asocia el desarrollo de la mecánica clásica con los procesos de la revolución industrial. De modo que es mucho más difícil que entre en las aulas el análisis y la evaluación de los actuales riesgos sociales y ambientales de carácter global que están asociados a determinadas formas de desarrollo tecnocientífico. Es perfectamente posible que en el momento en el que se produce una catástrofe medioambiental (una marea negra) o aparece en los medios de comunicación una intensa controversia de salud pública (los riesgos de las antenas de telefonía móvil) las alusiones a tales temas no ocupen más tiempo en las clases de Química, Física o Biología que el que se les pudiera dedicar en las clases de Ética.

Saberes *versus* valores

Precisamente los temas valorativos se consideran habitualmente propios de la ética o de la política y ambas contienen controversias y puntos de vista subjetivos que se consideran incompatibles con la pretendida objetividad que parece caracterizar a la ciencia en su versión escolar normal. Los alumnos aprenden pronto que los debates son cosa de las clases de Ética, de Filosofía, si acaso de las de Ciencias Sociales o las de Historia. En ellas se puede, incluso, saber cuál es la ideología del profesor por los contenidos que enseña. Pero esto no es así en las clases de ciencias. Con su bata blanca el profesor de ciencias enseña conocimientos puros, objetivos, no contaminados por prejuicios ideológicos, intereses particulares

o juicios valorativos discutibles. Sus posiciones personales sólo aparecerán cuando se quite la bata y, por tanto, deje de enseñar ciencia. De hecho, no es extraño que algunos profesores de ciencias consideren inoportuno tratar a la vez que la física subatómica las cuestiones relacionadas con la energía nuclear, sus usos en el pasado y el presente, sus riesgos y el papel de los propios científicos en el desarrollo de ciertos proyectos. La excusa de que no hay tiempo para todo hace que siga mostrándose una imagen de la ciencia tan blanca como las mencionadas batas.

Teoría *versus* práctica

La prioridad del concepto sobre el problema y del aula sobre el laboratorio se observa en multitud de aspectos de la práctica educativa. El orden de presentación, el tiempo dedicado, la valoración relativa que se concede en la evaluación a los aspectos procedimentales frente a los conceptuales son algunas pruebas del predominio general de lo teórico sobre lo práctico. Es más, lo práctico es visto muchas veces como mera aplicación, consecuencia o ilustración de lo teórico y, en este sentido, no importa tanto el orden secuencial de la acción escolar (comenzar planteando un problema o comenzar por los conceptos básicos) como el valor que se concede a cada uno de los términos. El orden de importancia entre lo teórico y lo práctico se evidencia ya en el orden en que suelen ser enunciados los distintos tipos de contenidos (conceptos, procedimientos y actitudes). Pero el predominio de lo teórico sobre lo práctico no sólo está dentro de la enseñanza de la ciencia sino también en la relación entre ésta y la tecnología. En la imagen tópica de las relaciones entre ciencia y tecnología el hombre que viste de azul debe esperar a que el de la bata blanca concluya sus investigaciones y le facilite los conocimientos con los que posteriormente podrá desarrollar sus artefactos. La superioridad del saber sobre el hacer es uno de los tópicos presentes en la enseñanza de las ciencias de más larga trayectoria histórica y cuyas raíces pueden hallarse en la filosofía platónica (Martín Gordillo y González Galbarte, 2002)

Expertos *versus* profanos

Dada la distancia supuesta de los saberes de la ciencia respecto de la sociedad y sus valores, así como la prioridad de lo teórico sobre lo práctico, no es de extrañar que esta imagen de la ciencia enseñada se asocie también con la idea de que los expertos están más legitimados para tomar las decisiones que los profanos. Si la ciencia es algo ajeno a lo social, a sus prejuicios y controversias, parece mejor dejar en manos de quienes saben, de quienes son objetivos, todas las decisiones. ¿Quién evalúa en la clase? Obviamente quien sabe sobre lo que se evalúa que es el profesor o experto en la materia. Las opiniones de los alumnos son eso, opiniones propias de los profanos, de quienes no saben. ¿Quién debe decidir? Parece también lógico que quien sabe evaluar, nuevamente el experto. El aula no deja de ser, así, también una metáfora y una anticipación de lo que ocurre y se considera que debe ocurrir en la sociedad. Si los temas tecnocientíficos son complejos y, en buena medida, inaccesibles para los profanos acaba pareciendo natural que sean los expertos, los que saben, quienes tomen las decisiones. Esta delegación de la participación democrática en los expertos

tiene importantes consecuencias y peligros ya que las decisiones sobre lo tecnocientífico no son ellas mismas decisiones tecnocientíficas. La incertidumbre sobre muchos de los procesos en los que hoy está involucrada la ciencia y la tecnología, la democratización y universalización de sus consecuencias y riesgos, así como la inexistencia de ese pretendido juicio experto objetivo y desinteresado, debería llevar a enfatizar la necesidad de promover la participación y el compromiso de la ciudadanía con las decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, algo que no se propiciará en las aulas si se amplía la brecha de poder entre el experto y el profano.

Ciencias y tecnologías *versus* humanidades

En las aulas (y no sólo en las de ciencias) sigue lamentablemente viva y reproduciéndose la vieja escisión de las dos culturas criticada por Snow (1959). Pero no es sólo algo que los alumnos aprendan de lo que sus docentes de los diversos ámbitos les enseñan. Es algo, en general, aceptado y asumido por los propios docentes. El analfabetismo científico es reconocido impunemente por los docentes *de letras*. Tampoco la ignorancia y el desinterés hacia el campo humanístico impide que un docente de ciencias se considere bien formado. No es extraño que la elaboración o revisión de un escrito que suscribirá todo el Claustro se encargue a los profesores de Lengua y Literatura. Tampoco es raro ver que al hacer las medias de las calificaciones de los alumnos en la evaluación final de Bachillerato se le ceda la calculadora al profesor de Matemáticas. No deja de ser curioso y significativo que el analfabetismo en el otro campo sea algo asumido sin pudor por profesores *de ciencias* y *de letras* en grados que no se aceptarían en los propios alumnos. Pero además de este respeto a las fronteras de los campos disciplinares se da la idea de que nada tiene que aportar cada uno de ellos al otro. Poco creen que pueden esperar de la Sociología, la Filosofía o la Historia para mejorar los saberes de su campo muchos profesores de ciencias. Como tampoco imaginan muchos docentes de las disciplinas humanísticas que saber más de Biología, Química o Física pueda permitirles comprender mejor los aspectos globales del mundo en que viven.

Racionalidad *versus* creatividad

Se trata de un prejuicio muy relacionado con el anterior. Se entiende que la ciencia es el reino de la racionalidad, del rigor, de la objetividad, mientras que los ámbitos humanísticos estarían más próximos a lo subjetivo, a lo interpretable, a lo creativo. Con estos prejuicios se ha llegado a considerar que existen capacidades especiales para las ciencias entre las que no se consideran incluidos los aspectos lúdicos, imaginativos o creativos. Que un alumno "es de ciencias" se afirma cuando manifiesta aptitudes hacia las Matemáticas o cierto orden en sus trabajos y no cuando muestra gran sensibilidad y gusto por lo estético. Además de una falsificación sobre la propia naturaleza de la actividad científica y tecnológica (en la que la apertura a soluciones creativas y novedosas no es menos valiosa que la capacidad para calcular de acuerdo con los parámetros ya conocidos) esta escisión de los perfiles y aptitudes propias de los científicos y los

humanistas puede llevar a un mundo en el que se suponga que el ingeniero y el científico no han de ser personas con sensibilidad estética, con habilidades comunicativas y con capacidad para imaginar soluciones originales a los problemas planteados. Seguramente esta deficiencia en el perfil del científico puede resultar aún más grave que la correspondiente ausencia de rigor y racionalidad en quienes vayan a trabajar en los campos creativos. Por tanto, no debería considerarse que lo lúdico, lo creativo, lo estético son aspectos de los que pueda prescindir una enseñanza de las ciencias que pretenda ser útil para la formación general de los ciudadanos y para la formación integral de los propios profesionales de la ciencia.

En la descripción de estos seis tópicos inerciales de la enseñanza más tradicional de las ciencias ya se han perfilado las bases para su superación. En cierto modo, las intenciones programáticas de la educación desde el enfoque CTS y su virtualidad innovadora en la enseñanza de las ciencias consistiría en la aportación de propuestas para superar las escisiones de esos seis tópicos.

En este sentido, el enfoque CTS propone la reconstrucción de la enseñanza de las ciencias orientada por propósitos bien distantes de las anteriores inercias: la voluntad de promover una imagen del desarrollo tecnocientífico socialmente contextualizada; la presentación de los saberes científicos mostrando su estrecha interacción con aspectos valorativos frecuentemente controvertidos; la enseñanza de la ciencia y la tecnología poniendo de relieve la continua interacción entre los aspectos teóricos y prácticos que han caracterizado realmente al desarrollo tecnocientífico; la organización de las actividades que se desarrollan en las aulas de ciencias y tecnología para favorecer el aprendizaje social de la participación pública en las decisiones que orientan el desarrollo tecnocientífico y su uso en los diversos contextos sociales y medioambientales; la transgresión de las fronteras disciplinares y la utilización de enfoques interdisciplinares centrados en los problemas socialmente relevantes habitualmente irreductibles a campos disciplinares estancos; y también la interacción entre la racionalidad y la creatividad, entre el rigor y el ludismo, entre lo cognoscitivo y lo estético.

Las simulaciones CTS como metáforas educativas de la participación social en ciencia y tecnología

Si hubiera que enunciar en pocas palabras los propósitos de los enfoques CTS en el ámbito educativo cabría resumirlos en dos: mostrar que la ciencia y la tecnología son accesibles e importantes para los ciudadanos (por tanto, es necesaria su alfabetización tecnocientífica) y propiciar el aprendizaje social de la participación pública en las decisiones tecnocientíficas (por tanto, es necesaria la educación para la participación también en ciencia y tecnología).

Para ese segundo objetivo de la educación CTS es necesario, más allá del aprendizaje de una ciencia socialmente contextualizada, organizar el aula de modo que en ella sea posible el desarrollo de las capacidades, actitudes, hábitos y destrezas que favorezcan el diálogo y la toma de decisiones sobre controversias relacionadas con la ciencia y la tecnología. La ciencia posnormal tiene en la confrontación pública de argumentos y en la

democratización de las decisiones algunos de sus elementos centrales. Por ello ha de superarse una enseñanza normal de la ciencia presidida por el mero aprendizaje de los paradigmas científicos con mayor o menor sensibilidad al contexto social. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias ha de incluir la evaluación de las consecuencias de las decisiones tecnocientíficas y las formas de promover la negociación y el consenso en esas decisiones.

El laboratorio es para la ciencia normal el lugar privilegiado para la investigación sobre la realidad en el que se controlan y manejan las variables de modo que se pueden obtener resultados significativos. Por eso la enseñanza normal de las ciencias ha tenido en las prácticas de laboratorio un lugar privilegiado para hacer posibles los aprendizajes. En el laboratorio la realidad se hace manejable, las variables se aíslan y es posible producir (o reproducir) conocimiento científico sin interferencias debidas a la complejidad del mundo natural. De forma análoga, en un planteamiento de la educación científica que apueste por el aprendizaje social de la participación pública, será necesario crear espacios dialógicos en los que sea posible replicar las controversias sociales sobre aspectos del desarrollo tecnocientífico que requieren evaluación y toma de decisiones. Del mismo modo que sucede en la relación entre el laboratorio y la naturaleza, para promover el aprendizaje de los mecanismos de participación pública no es lo más adecuado la inmersión directa de los alumnos en toda la complejidad que suponen las controversias tecnocientíficas en tiempo real. Es necesario hacer manejables en el aula las situaciones en las que se intenta enseñar y aprender a participar. En este sentido han de crearse en el aula escenarios en los que se simulen situaciones de controversias públicas pero con condiciones manejables que permitan comprender la naturaleza de esas controversias y aprender los mecanismos de negociación y consenso que pueden favorecer la toma de decisiones. Si los laboratorios de la ciencia normal son simuladores de la realidad natural, las aulas de la ciencia posnormal pueden convertirse también en potentes simuladores de la realidad social.

Desde el programa de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación³ (CTS+I) de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) se han desarrollado diversas iniciativas de formación docente y desarrollo curricular entre las que se ha apostado por una propuesta para la educación CTS en la que los *casos simulados* desarrollados por el grupo *Argo*⁴ de renovación educativa son el contenido didáctico principal de su curso sobre el enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias⁵

Los casos simulados CTS consisten en la articulación educativa de controversias públicas a partir de un determinado asunto relacionado con desarrollos tecnocientíficos que tiene importantes implicaciones sociales. A partir de una noticia ficticia, pero absolutamente verosímil, se plantea una situación de controversia en la que intervienen varios actores sociales con ideas, intereses u opiniones diversas en relación con el asunto del que se trate. Científicos, ingenieros, empresas, asociaciones ecologistas, grupos

³<http://www.oei.es/ctsi9900.htm>

⁴El grupo Argo está formado por un grupo de profesores asturianos que vienen trabajando desde hace años en la elaboración de materiales y propuestas didácticas para la educación CTS.

⁵<http://www.campus-oei.org/ctsi/cursovirtual.htm>

vecinales, grupos políticos, asociaciones profesionales, ciudadanos afectados, etc. son el tipo de colectivos que constituyen la *red de actores* que configuran los casos simulados CTS para su uso educativo. En la formulación de esa red se intenta garantizar un adecuado equilibrio de posturas y argumentos a fin de que (a diferencia de lo que muchas veces ocurre en la realidad) no se cierre el debate antes de haberse iniciado. También se coloca siempre un actor social que hace el papel de mediador que se encarga de velar por la limpieza democrática del debate y de garantizar la presencia de los diversos puntos de vista. En el aula, tras la lectura de la noticia ficticia y los documentos complementarios (ficticios y reales) con los que se articula el caso, se reparten los papeles de los actores sociales entre diferentes equipos de alumnos a fin de que éstos se pongan en su piel y busquen argumentos para defender las posiciones que aleatoriamente les han podido corresponder en la controversia ficticia. Tras un tiempo en el que el trabajo de los equipos consiste en documentarse e investigar para preparar argumentos en favor de sus posiciones que se recogerán en informes escritos por cada equipo, se pasa a la defensa pública de los mismos y el posterior debate abierto entre todos los actores de la controversia. Tal debate es moderado por el equipo que juega el papel de mediador que, además, tendrá que tomar la decisión final sobre el asunto que se discute a la vista de los argumentos presentados. Tras ella, y fuera ya de la controversia ficticia, se dedica un tiempo al diálogo abierto en el aula para analizar la decisión tomada y los argumentos que han aparecido en la controversia.

En el ámbito de los estudios CTS estas propuestas se inspiran en la teoría de la *red de actores* de Callon (1986) e intentan ser una forma de llevar al aula los problemas de la flexibilidad interpretativa presentes en la ciencia tal como ha mostrado este tipo de estudios en Europa. Desde las propuestas de participación pública en ciencia y tecnología los casos simulados CTS guardan también una estrecha relación con los *congresos de consenso* (López Cerezo y Luján, 2000; Martín Gordillo, Osorio y López Cerezo, 2001).

Las simulaciones CTS pretenden ser, por tanto, una alternativa educativa para propiciar el aprendizaje social de la participación en las controversias tecnocientíficas. Por ello, igual que sucede en la ciencia normal con las teorías científicas, su principal significado no está en la veracidad última de sus propuestas sino en su verosimilitud y relevancia. Las situaciones ficticias que se proponen son ficticias pero verosímiles. Mejor que analizar casos de controversias CTS ya clausurados sobre los que únicamente cabe una labor de disección casi forense, se propone participar en controversias que podrían estar vivas (varios casos que se habían diseñado como ficticios han surgido posteriormente de forma muy parecida en la realidad) y que hacen posible que los alumnos participen en ellas con la pasión propia del juego y sin el exceso de prejuicios e implicación personal que supondría discutir sobre controversias reales ante las que puede haber posiciones predefinidas.

A continuación se describen brevemente las controversias sobre las que tratan los diez casos simulados que han sido diseñados en los últimos años por los miembros del grupo *Argo*.

Caso 1: *La contaminación industrial del agua. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio ambiente* (González Fernández, Lejarza Portilla y Rodríguez Marcos, 2001).

En una zona virgen del Amazonas se proyecta construir un gran complejo industrial que supondrá un gran desarrollo económico aunque tendrá importantes efectos sobre las formas de vida tradicionales y sobre el entorno natural del río.

Caso 2: *AIDS-2001: La vacuna contra el SIDA. Simulación educativa de un caso CTS sobre la salud* (Martín Gordillo, 2001a).

Una multinacional farmacéutica quiere experimentar una posible vacuna contra el SIDA con varios miles de niños menores de tres años. Si tiene éxito, quedarán protegidos y podrá comercializarse la vacuna en todo el mundo; pero hay quienes consideran que ese ensayo entraña problemas éticos ya que los riesgos a los que se expondría a esos niños serían excesivos y la razón para acelerar el experimento es el beneficio económico de la empresa.

Caso 3: *¿La escuela en la red? Simulación educativa de un caso CTS sobre la educación y las nuevas tecnologías* (Martín Gordillo, 2001b).

Un grupo de familias de diversos países se han asociado para pedir a los gobiernos que deroguen las leyes que obligan a la escolarización obligatoria de los niños. Consideran que con Internet ya pueden educar a sus hijos desde sus casas y que la escuela ha sido superada por las nuevas tecnologías, por lo que no tiene sentido, según ellos, el mantenimiento de la obligación legal de llevar a los niños a la escuela.

Caso 4: *¿Vías o autovías? Una controversia sobre las redes de transporte. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio humano* (Camacho Álvarez y González Galbarte, 2001).

En la autovía que conecta tres ciudades son continuos los atascos, la situación está ya al borde del colapso. Se proponen diversas soluciones a este problema. Hay quienes reclaman nuevos carriles o la construcción de otra autovía paralela, y hay también quienes sostienen que la solución sería el transporte público por ferrocarril.

Caso 5: *¿Qué hacemos con la basura? La gestión de los residuos urbanos. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio ambiente* (Arribas Ramírez y Fernández García, 2001).

Una ciudad tiene un serio problema con la gestión de sus basuras. Hasta ahora se depositaban en las afueras, pero se está planteando emprender un tratamiento sistemático para los residuos sólidos urbanos. Las alternativas son varias: desde dejar las cosas como están hasta aceptar la oferta de una empresa privada para instalar una planta incineradora.

Caso 6: *El contrato del dopaje. Simulación educativa de un caso CTS sobre la salud y el deporte* (Camacho Álvarez, 2003).

Un equipo ciclista recibe una oferta para ser patrocinado por una empresa que se dedica a la producción de fármacos que pueden ser utilizados como sustancias dopantes. La empresa quiere dar una imagen saludable con su mecenazgo de una actividad deportiva, pero hay quienes

piensan que podría ser la imagen de los propios deportistas la que saldría perjudicada. Algunos ciclistas consideran que el beneficio económico es la razón por la que participan en pruebas deportivas tan duras, por lo que no ven mal aceptar la oferta de patrocinio.

Caso 7: *Ahormada: Una controversia urbana. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio humano* (González Galbarte, 2003)

Una ciudad se plantea regenerar una zona de cierto valor histórico aunque bastante degradada. Los proyectos que se someten al debate público son muy diversos: desde parques tecnológicos hasta viviendas y centros comerciales.

Caso 8: *La cocina de Teresa. Simulación educativa de un caso CTS sobre la automatización, el empleo y la alimentación* (Martín Gordillo, 2003)

Un restaurante tradicional muy afamado recibe una oferta para ser adquirido por una empresa multinacional de comida rápida. Los procesos culinarios tradicionales serían sustituidos por procedimientos estandarizados y automatizados que supondrían un gran cambio para los trabajadores del local.

Caso 9: *La controversia de las antenas de telefonía móvil. Simulación educativa de un caso CTS sobre radiaciones y vida cotidiana* (Grupo Argo, 2003a)

Una empresa de telefonía ofrece a un centro educativo una importante suma por el alquiler de su tejado para instalar en él una antena para la amplificación de la señal de telefonía móvil. La oferta plantea a la comunidad educativa una intensa controversia en la que se discuten los posibles efectos para la salud de este tipo de radiaciones.

Caso 10: *La polémica de las plataformas petrolíferas. Simulación educativa de un caso CTS sobre fuentes energéticas y sostenibilidad* (Grupo Argo, 2003b)

Muy cerca de la costa se ha descubierto una importante bolsa de petróleo. Una multinacional pretende instalar una serie de plataformas para su explotación. La noticia crea un intenso debate sobre los riesgos de la extracción y el transporte del crudo, así como las implicaciones económicas, medioambientales y sociales de esta fuente de energía.

Cada uno de esos diez casos se articula definiendo las posiciones de cinco actores diferentes (un mediador y cuatro posturas en litigio en cada caso) que se enfrentan al problema defendiendo intereses o valores diversos. Los materiales que los desarrollan incluyen diversos documentos sobre los que trabajan los distintos equipos (noticia ficticia, documentos ficticios y reales, guías de trabajo de cada actor.) además de los que permiten su desarrollo completo en el aula (guía didáctica para el profesor, protocolos de evaluación, protocolos para organizar los debates...)

Los casos simulados descritos abarcan diversas dimensiones temáticas (salud, medioambiente, urbanismo, educación...) y dan cabida tanto a asuntos relacionados claramente con las ciencias naturales y las tecnologías materiales (casos 1, 2, 5, 6, 9 y 10) como a cuestiones que se hallan próximas a las tecnologías de organización social (casos 3, 4, 7 y 8). También la dimensión de las controversias es muy variada, en algunos

casos se plantean absolutamente globales y de una dimensión mundial (casos 2 y 3), otros tienen como escenario contextos nacionales o regionales (casos 1, 4 y 6) y otros que se centran en controversias absolutamente próximas y locales, pero que, por su naturaleza, podrían ser transferibles a otros contextos (casos 5, 7, 8, 9 y 10).

En cuanto a su gestación cabe decir que todos los materiales elaborados en los diferentes casos responden a un diseño que ha sido contrastado y revisado tras su utilización en decenas de aulas. Entre el año 1995 y el 2000 el grupo *Argo* diseñó y experimentó varios de estos casos simulados CTS sin ser editados hasta que desde el año 2001 entraron a formar parte de los materiales del curso de la OEI sobre el enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias. Los cuatro primeros casos corresponden a los que se han venido utilizando en dicho curso por los grupos de profesores de diversos países latinoamericanos que han participado él. En el año 2003 se han incorporado también como materiales del curso los cuatro casos siguientes. Los dos últimos son una revisión y actualización de casos que se habían diseñado en los años 1997 y 1998 sin ser editados entonces. Estos dos últimos casos (en realidad fueron los primeros) anticiparon problemas, como los riesgos para la salud de las antenas de telefonía móvil o los riesgos del petróleo en las costas del norte de España, que han suscitado intensos debates recientemente.

Varios de esos casos forman parte también del proyecto seleccionado y financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología⁶ (FECYT) en el que participan profesores del Grupo *Argo* a través del Observatorio de Cultura Científica de la Universidad de Oviedo⁷ en colaboración con la OEI. En dicho proyecto se pretende el diseño y experimentación de materiales y nuevas técnicas didácticas para la difusión de la ciencia y la tecnología con enfoque CTS en educación secundaria. En diversas aulas de toda España se han puesto en práctica en el primer semestre del año 2003 algunos de esos casos de forma coordinada para hacer una valoración cualitativa de los mismos por los profesores y alumnos que protagonizan las experiencias en las aulas.

A nuestro juicio los casos simulados son una interesante alternativa para la reconstrucción de las prácticas de enseñanza de las ciencias en clave CTS de un modo análogo al modo en que las metáforas científicas, aplicadas de forma reflexiva al análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje, podrían ser una alternativa crítica para la didáctica de las ciencias. Los casos simulados CTS hacen posible la implicación personal y directa de los alumnos en temas científicos y tecnológicos que les interesan. También permiten un acceso natural y significativo a las diversas fuentes de información sobre ciencia y tecnología mientras preparan los argumentos en defensa de la posición del actor que les ha correspondido en el debate. Asimismo, favorecen la receptividad y el interés de los alumnos hacia las cuestiones de política científica que habitualmente les resultan ajenas. Y, por último, hacen posible a través de situaciones manejables la participación directa de los escolares en ejercicios de participación pública

⁶<http://www.fecyt.es/>

⁷<http://www10.uniovi.es/observatorio/>

sobre controversias tecnocientíficas análogos a los propios de los congresos de consenso en la vida social.

Por tanto, esta propuesta puede ser una alternativa efectiva para renovar las prácticas de enseñanza de las ciencias ya que, por su versatilidad y flexibilidad, puede ser utilizada de muy diversos modos y en diversos contextos educativos (como injertos de temas CTS complementarios a los currículos de las materias de ciencias, como proyectos más sistemáticos que reformen de forma más radical las prácticas de enseñanza en clave CTS, como actividades para la formación y sensibilización de los docentes...) El planteamiento de los casos simulados supone una importante reconstrucción de las prácticas en la enseñanza de las ciencias en la dirección de los siguientes fines:

1º) Un aprendizaje de los contenidos de ciencia y tecnología en contexto social.

2º) El desarrollo de una percepción de la presencia de aspectos valorativos en la actividad científica.

3º) La conciencia de que existe una estrecha conexión entre la investigación básica y el desarrollo práctico.

4º) El reconocimiento de la necesidad de la participación de los no expertos en las decisiones de política científica.

5º) La interacción efectiva entre las disciplinas sociales y las de las ciencias naturales.

6º) La incorporación de la dimensión creativa y lúdica en el aprendizaje de los contenidos tecnocientíficos.

Estos seis aspectos en los que indudablemente los casos simulados CTS tienen claras ventajas sobre las prácticas habituales de enseñanza de las ciencias son, precisamente, la superación de las seis oposiciones o escisiones tópicas (ciencia y tecnología vs. sociedad; saberes vs., valores; teoría vs. práctica; expertos vs. profanos; ciencias y tecnologías vs. humanidades; y racionalidad vs. creatividad) que han venido caracterizando inercialmente la enseñanza normal de las ciencias.

Indudablemente, la propuesta de los casos simulados está bien alejada de las prácticas de enseñanza como prácticas de escalada y comporta una impugnación radical de la legitimación de la enseñanza de las ciencias basada en que éstas, como las montañas, "están ahí". Seguramente por ello esta alternativa supone un revulsivo lúdico y dinámico que puede resultar poco estimulante para quienes no acaban de ver la relación entre el placer y el aprendizaje, entre la tenacidad y la alegría, entre el debate y la vida, entre el juego y la educación... Para facilitarles esa mirada y para mostrar también algunos de los fundamentos últimos de esta alternativa educativa les dedicamos, a modo de metáfora final, las oportunas palabras de Claudio Magris (1999).

"La auténtica seriedad de los estudios –que puede y debe ser severa, pero nunca grave ni presuntuosa– es inseparable de la vivacidad del juego, que no supone superficialidad ni frívola mofa. El verdadero juego es ligero, pero también apasionado y por consiguiente serio; es raro, en la vida, que uno se entregue luego a otras actividades con el mismo ímpetu con el que

se lanzaba a los juegos de la infancia. El juego –el que aún no ha sido pervertido por el mortal y aburrido fanatismo competitivo, que arruina todo placer para conseguir un récord estulto– es libertad, ironía, conciencia de las ficciones de las que está hecha la vida y participación intensa pero desenfadada en su carrusel; a diferencia de los adultos, que tan a menudo idolatran el papel que representan y hacen de él un falso absoluto que los aplasta, los niños que juegan a policías y ladrones saben que no son ni policías ni ladrones, pero en sus carreras y sus persecuciones se emplean todo lo a fondo que pueden.

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 en relación al mundo y a sus exigencias...”

Referencias bibliográficas

Acevedo Díaz, J.A. (1997). ¿Publicar o patentar? Hacia una Ciencia cada vez más ligada a la Tecnología. *Revista Española de Física*, 11(2), 8-11. En <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo4.htm>

Acevedo Díaz, J.A.; Vázquez Alonso, A.; Manassero Mas, M.A. y P. Acevedo Romero (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, Artículo 4. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Arribas Ramírez, R. y L.E. Fernández García (2001) *¿Qué hacemos con la basura? La gestión de los residuos urbanos. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio ambiente*. Madrid: OEI. [Edición digital, ISBN: 84-7666-139-8]

Bourdieu, P. (1994). *Razones prácticas*. Barcelona: Anagrama, 1997.

Bustos, E. de (2000). *La metáfora. Ensayos transdisciplinarios*. Madrid: FCE/UNED.

Callon, M. (1986). Algunos elementos para una sociología de la traducción: la domesticación de las vieiras y los pescadores de la bahía de St. Brieuc. En J. Manuel Iranzo *et al.* (Coord.), *Sociología de la ciencia y la tecnología* (pp. 259-282). Madrid: CSIC, 1995.

Camacho Álvarez, A. (2003). *El contrato del dopaje. Simulación educativa de un caso CTS sobre la salud y el deporte*. Madrid: OEI. [Edición digital, ISBN: 84-7666-154-1]

Camacho Álvarez, A. y J.C. González Galbarte (2001). *¿Vías o autovías? Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio humano*. Madrid: OEI. [Edición digital, ISBN: 84-7666-137-1]

Cuesta, R. (1998). *Clío en las aulas*. Madrid: Akal.

Fox Keller, E. (1995) *Lenguaje y vida. Metáforas de la biología en el siglo XX*. Buenos Aires: Ediciones Manantial, 2000

Funtowicz, S.O. y J.R. Ravetz (1993). *La ciencia posnormal*. Barcelona: Icaria, 2000.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza aprendizaje de las ciencias como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.

González Fernández S.; Lejarza Portilla C. y M. Rodríguez Marcos (2001). *La contaminación industrial del agua. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio ambiente*. Madrid: OEI. [Edición digital, ISBN: 847666-134-7]

González Galbarte, J.C. (2003). *Ahormada: una controversia urbana. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio humano*. Madrid: OEI. [Edición digital en preparación]

Grupo ARGO (2003a). *La controversia de las antenas de telefonía móvil. Simulación educativa de un caso CTS sobre radiaciones y vida cotidiana*. Madrid: OEI. [Edición digital en preparación]

Grupo ARGO (2003b). *La polémica de las plataformas petrolíferas. Simulación educativa de un caso CTS sobre fuentes energéticas y sostenibilidad*. Madrid: OEI. [Edición digital en preparación]

López Cerezo, J.A. y M.I. González García (2002). *Políticas del bosque*. Madrid: Cambridge University Press.

López Cerezo, J.A. y J.L. Luján (2000). *Ciencia y política del riesgo*. Madrid: Alianza Editorial.

Mainer, J. (2002). Historia y didáctica. Algunas insuficiencias de la memoria balsámica. *Con-Ciencia Social*, 6, 149-153.

Magris, C. (1999). *Utopía y desencanto*. Barcelona: Anagrama, 2001.

Martín Gordillo, M. (2001a). *AIDS-2001: La vacuna contra el SIDA. Simulación educativa de un caso CTS sobre la salud*. Madrid: OEI. [Edición digital, ISBN: 84-7666-135-5]

Martín Gordillo, M. (2001b). *¿La escuela en la red?. Simulación educativa de un caso CTS sobre la educación y las nuevas tecnologías*. Madrid: OEI. [Edición digital, ISBN: 84-7666-136-3]

Martín Gordillo, M. (2003). *La Cocina de Teresa. Simulación educativa de un caso CTS sobre la automatización y el empleo*. Madrid: OEI. [Edición digital, ISBN: 84-7666-153-3]

Martín Gordillo, M. y J.C. González Galbarte (2002). Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 17-59. En <http://www.campus-oei.org/revista/rie28a01.htm>

Martín Gordillo, M.; Osorio, C. y J.A. López Cerezo (2001). La educación en valores a través de CTS. En G. Hoyos Vásquez *et al.*, *La educación en valores en Iberoamérica* (pp. 119-161). Madrid: OEI, Papeles Iberoamericanos. En <http://www.campus-oei.org/salactsi/mgordillo.htm>

Snow C.P. (1959). *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Madrid: Alianza Editorial, 1995.

Vilches, A. y C. Furió (1999). Ciencia, Tecnología y Sociedad: implicaciones en la educación científica para el siglo XXI. Madrid: OEI. En <http://www.campus-oei.org/salactsi/ctseduccion.htm>