
EDUCAR PARA PARTICIPAR EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA. UN PROYECTO PARA LA DIFUSIÓN DE LA CULTURA CIENTÍFICA¹

Mariano Martín Gordillo y Carlos Osorio M. (*)

SÍNTESIS: Las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad pueden ser interpretadas de diversos modos, aunque cada día es más evidente la necesidad de que la sociedad esté presente en el gobierno y en el control de la actividad tecnocientífica. Por ello, es importante que la educación tecnocientífica se oriente a propiciar una formación de la ciudadanía que la capacite para comprender, para manejarse y para participar en un mundo en el que la ciencia y la tecnología están cada día más presentes. Sin duda, el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) es especialmente apropiado para fomentar una educación tecnocientífica dirigida al aprendizaje de la participación, aportando un nuevo significado a conceptos tan aceptados como *alfabetización tecnocientífica*, *ciencia para todos* o *difusión de la cultura científica*. En ese marco, los casos simulados CTS, desarrollados en los últimos años en el ámbito iberoamericano en relación con iniciativas de innovación educativa y de formación docente, suponen una propuesta significativa para orientar la educación tecnocientífica hacia el aprendizaje de la participación como elemento central de la educación ciudadana. En este trabajo se presentan los resultados de un proyecto desarrollado durante el año 2003, en el que se experimentaron varios de esos casos simulados en más de 40 aulas españolas de educación secundaria. En dicho proyecto participaron más de 800 alumnos y más de 30 docentes, desarrollando coordinadamente las experiencias en sus aulas.

165

¹ En este artículo se exponen algunos resultados del proyecto «Desarrollo de nuevos materiales y nuevas técnicas didácticas para la difusión de la ciencia y la tecnología con enfoque CTS en educación secundaria», seleccionado y financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología y desarrollado por el Observatorio de Cultura Científica de la Universidad de Oviedo, con la colaboración de la Organización de Estados Iberoamericanos y el Grupo Argo.

(*) Mariano Martín Gordillo es profesor de enseñanza secundaria en Avilés (España). Carlos Osorio es profesor de la Universidad del Valle, en Cali, Colombia. Ambos participan activamente en la Red Iberoamericana de Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad de la OEI.

SÍNTESE: *As relações entre ciência, tecnologia e sociedade podem ser interpretadas de diversas maneiras, ainda que, a cada dia, seja mais evidente a necessidade de que a sociedade esteja presente no governo e no controle da atividade tecnocientífica. Por isso, é importante que a educação tecnocientífica esteja orientada para propiciar uma formação da cidadania que a capacite para compreender, para ser manejada e para participar de um mundo no qual a ciência e a tecnologia estão, a miúdo, mais presentes. Sem dúvida, o enfoque da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é especialmente apropriado para fomentar uma educação tecnocientífica dirigida à aprendizagem da participação, trazendo um novo significado para conceitos tão aceitos como alfabetização tecnocientífica, ciência para todos ou difusão da cultura científica. Nesse sentido, os casos simulados CTS, desenvolvidos nos últimos anos no âmbito ibero-americano relativos às iniciativas de inovação educativa e de formação docente, supõem uma proposta significativa para orientar a educação tecnocientífica direcionada à aprendizagem da participação como elemento central da educação cidadã. Neste trabalho são apresentados os resultados de um projeto desenvolvido durante o ano 2003, no qual foram experimentados vários desses casos simulados em mais de 40 salas de aula espanholas de ensino médio. Em tal projeto participaram mais de 800 alunos e mais de 30 docentes, desenvolvendo coordenadamente as experiências em suas aulas.*

1. EDUCACIÓN CTS, EDUCACIÓN PARA LA PARTICIPACIÓN

1.1 TRES IMÁGENES SOBRE LAS RELACIONES ENTRE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Hoy no se discute la importancia que para la sociedad tienen la ciencia y la tecnología. Sea como determinantes del desarrollo económico de los países y de la calidad de vida de las personas, sea como responsables de la transformación del medio natural y de los cambios en las formas de vida humana, la ciencia y la tecnología están presentes en las agendas gubernamentales y no gubernamentales. La discusión no se centra, por tanto, en la importancia de la ciencia y la tecnología en la conformación de la realidad presente y en la futura. De lo que se discute es, más bien, de los objetivos, la financiación, los mecanismos de evaluación y de control, y, en general, sobre las decisiones que afectan a la orientación y al gobierno de la actividad tecnocientífica.

La idea de una ciencia básica motivada por valores exclusivamente epistémicos, de una tecnología cuyo desarrollo tiene en la eficacia y en la eficiencia sus únicos valores, y de una sociedad que recibe y valora como buenos los saberes científicos y los artefactos tecnológicos,

forma parte del conjunto de imágenes tradicionales que no se ajustan en absoluto a las realidades del presente. Esa supuesta relación lineal entre la ciencia (como conjunto de saberes conceptuales), la tecnología (como conjunto de prácticas ante todo materiales) y la sociedad (como único escenario de las disputas valorativas) que conformaría los tres eslabones de una cadena bien ordenada, sólo resulta clara desde interpretaciones ingenuas y poco atentas a los datos de la realidad.

Si alguna vez lo fue, hoy ya no es cierto que puedan distinguirse con nitidez los perfiles de la actividad científica y tecnológica y establecerse una nítida prelación entre ellas. Tampoco cabe aceptar que la ciencia y la tecnología son ajenas a las controversias valorativas y al juego de intereses que caracterizan a la vida social. Las decisiones, las controversias, los intereses y los valores afectan a la actividad tecnocientífica en un grado no menor que a otros ámbitos de la vida social. En la actualidad se habla de sociedad del riesgo porque el desarrollo tecnocientífico, lejos de propiciar escenarios deterministas y controlables, ha supuesto la aparición de nuevas formas de vida en las que la incertidumbre y la indeterminación, aunque distintas, no son menores que las que afectaban a las sociedades pre-científicas. Hoy no son las fuerzas de la naturaleza las principales fuentes de temores e inquietudes para la mayoría de los seres humanos. Las incertidumbres actuales proceden, más bien, de la forma en que la tecnociencia va transformando la naturaleza y generando esa sobrenaturaleza artificial en la que vivimos. De hecho, buena parte del conocimiento científico actual tiene que ver con el manejo de esa incertidumbre, con el asesoramiento para la toma de decisiones en situaciones complejas, y, muchas veces, controvertidas. Lejos de las certezas tradicionales de la ciencia normal, la postnormal (Funtowicz y Ravetz, 1993) trabaja en escenarios plagados de incertidumbres que la propia actividad tecnocientífica ha ido configurando. Las ventajas y los inconvenientes de los alimentos transgénicos, la viabilidad y sostenibilidad de las diferentes fuentes de energía, la orientación de la investigación biomédica y hasta los interrogantes que despiertan los desarrollos de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, son ejemplos de situaciones controvertidas y de ámbitos en los que han de tomarse decisiones que entrañan riesgos en los que no cabe simplificar las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad al modo en que lo hacía la tradicional metáfora lineal.

Para superar esa idea lineal de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, se podría proponer una imagen algo más compleja a partir de una metáfora bidimensional. Las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad podrían ser representadas por un telar en el que, sobre la

urdimbre del conocimiento científico, se entretijera la trama que hace posible el desarrollo de vistosos artefactos tecnológicos, siempre que aquella urdimbre se encontrara asentada en la sociedad que le sirve de bastidor. Sin embargo, la sociedad no es, ni puede ser, aquel soporte que, con mayor o menor tensión, facilita o dificulta la innovación tecnocientífica. Más allá de su papel como soporte o como destinataria de la actividad tecnocientífica, la sociedad tiene y debe seguir teniendo un mayor protagonismo en la orientación y en el control de la actividad tecnocientífica.

Las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad tienen un carácter mucho más complejo y dinámico que el sugerido por las anteriores metáforas de la linealidad o el *entreteljimiento*. Más que eslabones de una cadena o de hilos que se van trenzando para ir formando un tejido acabado y definitivo, las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad pueden ser vistas como un proceso de construcción y reconstrucción recíproca y dinámica. Quizá la imagen de las redes viarias, de los vehículos que transitan por ellas y de las personas que los conducen o que viajan en ellos, sería una metáfora más adecuada para entender esas relaciones. La extensa red de carreteras que se tiende y ramifica sobre la superficie del territorio, va haciendo accesibles nuevos lugares de un modo similar a la manera en que el desarrollo de los diversos campos científicos va permitiendo conocer nuevos ámbitos de la realidad. Pero, además, el propio desarrollo de las redes de comunicación va configurando el territorio en un proceso constructivo no muy distante del que caracteriza las relaciones entre los campos epistémicos y las realidades tratadas por ellos. De otra parte, no cabe entender la construcción de vías en el territorio sin tener en cuenta el tipo de vehículos que se va a desplazar por ellas. Éstos, además de artefactos tecnológicos, son una buena metáfora de la propia tecnología al mostrar que sus relaciones con la ciencia son tan estrechas e interdependientes como las de los carros con las calzadas, los ferrocarriles con las vías y los automóviles con las carreteras. De hecho, la historia de la ciencia y de la tecnología, como la de las vías de transporte y los artefactos que por ellas transitan, es la historia de continuas interacciones y de transformaciones mutuas. Pero el principal interés de esta imagen está en el papel que asigna a los sujetos, a los conductores y a los pasajeros, a la sociedad. Ningún sentido tendría imaginar carreteras y vehículos sin las personas que los utilizan. Y es que las carreteras y los automóviles permiten a las personas trasladarse y vivir en diferentes lugares, pero también es cierto que son los trazados de las carreteras y el uso de los automóviles los que, a su vez, van determinando los hábitos, los territorios y los escenarios en los que va transcurriendo la vida humana.

Por tanto, la sociedad tiene respecto de la ciencia –que permite conocer las leyes de la realidad–, y la tecnología –que hace posible su transformación y manejo–, una relación compleja y hasta contradictoria: a la vez que se sirve de ellas, está condicionada por ellas. Esta compleja relación implica un mayor grado de reflexión y de responsabilidad social sobre la actividad tecnocientífica y sus consecuencias. Es necesario asumir que la ciencia y la tecnología no son como hilos que se trenzan de forma lógica y determinada. Las vías de comunicación pueden tener distintos trazados. El territorio «natural» los condiciona pero no los determina. Son los seres humanos quienes, con sus intereses, van construyendo los trazados. Para ir de un lugar a otro podemos disponer de transportes públicos o privados, ferrocarriles o automóviles, y aunque no siempre sea explícito, esas decisiones también son humanas y condicionan la vida. Asimismo, la necesidad de un código de la circulación, la importancia de que los conductores no sean sólo diestros en el manejo de los vehículos sino también responsables de sus consecuencias y de sus peligros, el lugar que deben tener los peatones o la importancia relativa que se concede al riesgo y a los accidentes, sólo son algunos ejemplos de las dimensiones en las que esta metáfora puede resultar adecuada para entender otras vertientes de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

Pero quizá donde esta analogía se hace más patente es en el ámbito educativo. Las personas viajan por las redes viarias mucho antes de saber que pueden tener trazados radiales o circulares, o de ser capaces de distinguir y apreciar las diferentes características de los vehículos. Igualmente, los ciudadanos vienen al mundo y se encuentran con que está conformado por la actividad tecnocientífica sin que deban esperar a llegar a las instituciones educativas para saber qué son las ciencias y las tecnologías. En la escuela se aprenden las normas de la lingüística, pero es en la vida donde previamente se ha aprendido a hablar. Del mismo modo, la enseñanza escolar de la ciencia y la tecnología no las descubre para un ciudadano que ya ha nacido en medio de ellas, cuando no como consecuencia de ellas.

1.2 HACIA UN NUEVO CONTRATO SOCIAL DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

En su versión escolar, el conocimiento científico y tecnológico tiene características singulares que no siempre están orientadas a la formación de una ciudadanía capaz de comprender, de manejarse y de

participar en el gobierno de un mundo en el que la ciencia y la tecnología son centrales. Conocer las distintas categorías de carreteras, los lugares por los que pasan y los kilómetros de distancia entre las ciudades que comunican, pueden ser datos susceptibles de estudio, pero ese conocimiento es mucho menos valioso que saber interpretar un mapa de carreteras. Desmontar el motor de un automóvil y averiguar la función y la relación entre sus piezas tendrá importancia para el profesional que ha de repararlo, pero poco aportará al desarrollo de las habilidades para conducirlo. Nadie podrá discutir que estudiar los mapas de las carreteras y los motores de los automóviles son contenidos relacionados con las redes de transporte y con la automoción, mas también será obvia su impertinencia para la formación de un conductor. Pero es que, más allá del manejo de un vehículo y de la interpretación de un mapa, lo importante es saber elegir el destino y trazar el itinerario del viaje entre las diferentes alternativas, y saber hacer un uso responsable de los medios de transporte. En un país ideal, no todos los ciudadanos deberían estudiar las diferencias entre los materiales de drenaje de los firmes, ni conocer los procesos de diseño de las cadenas en las que se montan los automóviles, pero sería deseable que fueran agentes activos para que las decisiones sobre el trazado de las carreteras fueran las más beneficiosas socialmente y las menos perjudiciales para el medio ambiente, o que, como consumidores, valoraran más los sistemas de seguridad de los vehículos que la potencia de sus motores.

En relación con la enseñanza de las ciencias y las tecnologías, la acción educativa tiene ante sí idénticas alternativas que las que aparecen en la metáfora de las carreteras y los automóviles. Se puede enfatizar la enseñanza de los conceptos centrales de las axiomáticas de las disciplinas científicas y de los procesos de diseño de los artefactos tecnológicos. Incluso se puede profundizar en los mecanismos procedimentales y metodológicos inherentes a ambos con la idea, no siempre justificada, de que esos contenidos son la base fundamental para la formación del científico y del ingeniero. Nadie podrá negar que, si se sigue esa alternativa, los contenidos que se enseñan tienen que ver con ciencias y con tecnologías. Sin embargo, es difícil defender que en eso pueda consistir la alfabetización tecnocientífica de la ciudadanía, y, mucho menos, reivindicar su valor en la formación básica y universal de todos los ciudadanos. Del mismo modo que estudiando mapas de carreteras y desmontando el motor de un automóvil no se aprende a conducirlo, ni mucho menos a viajar, el estudio de los conceptos o de los problemas propios de los paradigmas de cada ciencia, o el mero análisis del funcionamiento de los artefactos tecnológicos, no forma de manera

automática una ciudadanía participativa y capacitada para los constantes procesos de toma de decisiones relacionados con la ciencia y la tecnología del mundo en el que vivimos.

A pesar de su prestigio, la educación tecnocientífica se enfrenta a importantes retos en la definición de sus prioridades a la hora de articular sus currículos y de diseñar la forma que han de tener sus prácticas de enseñanza. El hecho de que la ciencia y la tecnología estén omnipresentes en la vida actual y que el papel de sus protagonistas, los científicos y los ingenieros, esté reconocido en la vida social (aunque no siempre sea del todo percibido), seguramente explica el escaso debate público sobre los contenidos que deben tener las enseñanzas de las ciencias y las tecnologías en los procesos de reformas educativas. En general, se acepta que es bueno que se enseñen más contenidos de matemáticas, de ciencias naturales, de tecnologías (mejor si son «nuevas»), y no es extraño que las propuestas de aumento de la presencia horaria de esas disciplinas en el conjunto de los currículos escolares sean bien recibidas. Pero los contenidos y las formas que deben tener esas enseñanzas no suelen ser muy discutidos. Tampoco lo son las razones por las que no siempre les resultan atractivas a los alumnos y por generar en ellos importantes niveles de fracaso. En cierto modo se ha producido un proceso de naturalización del conocimiento científico escolar, que hace de él algo inercial en el que los contenidos se presentan tan difíciles como socialmente valiosos. Incluso se llega a pensar en si ambas cosas no acaban por estar algo relacionadas. La sociedad demanda de las instituciones educativas una oferta de cultura científica y tecnológica para los nuevos ciudadanos con el convencimiento de que eso es algo importante, pero, una vez hecha esa demanda, no pone condiciones a su cumplimiento, sino que, en cierto modo, entrega un cheque en blanco a quienes diseñan los currículos tecnocientíficos, considerando que su papel como expertos garantizará que sabrán articular del mejor modo las enseñanzas de las ciencias y las tecnologías. Con esta entrega del cheque en blanco a la educación científica y tecnológica, la sociedad se relaciona con ella de un modo no muy diferente al que caracterizó a los modelos lineales de desarrollo de la ciencia y la tecnología promovidos por Vannevar Bush (1945) en los años 40, y que tan inadecuados se han demostrado con el paso del tiempo (González *et al.*, 1996).

Del mismo modo que la sociedad ha sido capaz de reclamar un nuevo contrato con la ciencia y la tecnología, y que en las agendas gubernamentales y no gubernamentales se vienen manifestando distin-

tos enfoques de esa idea compartida, parece necesario revisar también los resultados que la sociedad puede y debe esperar de la educación tecnocientífica, y promover nuevas alternativas sobre lo que las instituciones educativas han de ofrecer en dicho ámbito. Más allá de la evidencia de que las enseñanzas de las ciencias y las tecnologías son importantes para la sociedad, conviene analizar qué objetivos, qué contenidos y qué formas de enseñanza de las ciencias y las tecnologías son las más adecuadas para la formación de los ciudadanos.

Ajustar lo que se ofrece desde la educación tecnocientífica a lo que la sociedad necesita para la formación de los nuevos ciudadanos, no consiste en repetir las viejas fórmulas magistrales o en reducir las dosis para que puedan ser toleradas por todos. Hablar de difusión de la cultura científica, de alfabetización tecnocientífica o de ciencia para todos, son buenas divisas que aportan pedigrí de modernidad a las propuestas pedagógicas que buscan amparo en esos conceptos políticamente correctos. Sin embargo, la buena prensa de esas fórmulas no garantiza que todo lo que a ellas se remita sea lo más deseable. Tras esas invocaciones se encuentran interpretaciones y planteamientos bien diferentes (Acevedo *et al.*, 2003). ¿Por qué es bueno difundir la cultura científica? ¿Qué contenidos tecnocientíficos serán los elementos básicos que permitan esa alfabetización? ¿Qué finalidades generales deben asignarse a la educación tecnocientífica que hagan deseable y necesaria esa ciencia para todos? Plantear a fondo el sentido de estas cuestiones y reflexionar sobre sus posibles respuestas es importante para poder definir un nuevo contrato de la educación tecnocientífica que huya de las inercias y se oriente a satisfacer los compromisos con la formación ciudadana que demanda la sociedad.

Para ese nuevo contrato de la educación tecnocientífica con la sociedad podrían considerarse tres elementos básicos para la definición y justificación del papel de la enseñanza de las ciencias y las tecnologías en la formación de la ciudadanía. Tales elementos podrían resumirse en otros tantos infinitivos: «conocer», «manejar» y «participar». Conocimiento para entender, destreza para manejar y capacidad para participar son, sin duda, los requerimientos esenciales para la ciudadanía del siglo XXI.

Muchas veces se ha considerado que la enseñanza de las ciencias suministraría los conocimientos para comprender el mundo en el que se vive, que la educación tecnológica proporcionaría las destrezas para manejarse en él, mientras que las capacidades para la participación

social serían un tema propio de las enseñanzas sociales y humanísticas o un aspecto transversal a todas las disciplinas escolares. Sin embargo, tal reparto de funciones ha olvidado la íntima relación existente entre esos tres aspectos cuando se habla de la formación de la ciudadanía. Además, y sobre todo en los dos primeros, se produce el problema de que sus finalidades y contenidos pueden ser interpretados hacia la educación general de los ciudadanos, o como bases para la formación específica de los científicos y de los ingenieros. Tal vez ambas interpretaciones son conciliables porque no son contradictorias, pero ha sido frecuente que la segunda se imponga sobre la primera, lo cual explica la habitual prioridad que se ha dado al «conocer» sobre el «manejar», y el casi total olvido del «participar» en las formas de organización y en las prácticas más habituales de la educación tecnocientífica.

De ahí que merezca la pena revisar el sentido en el que esos tres aspectos pueden orientar el papel de la educación tecnocientífica hacia la formación de los nuevos ciudadanos, que les permita encarar los retos del futuro. ¿Qué deben conocer los nuevos ciudadanos? ¿Qué se les debe enseñar de las ciencias? La tentación es clara: todo. Todos los saberes tienen valor, y, por tanto, valdría la pena que fueran enseñados y aprendidos. No obstante, se acabó el tiempo en que era posible el ideal de sabio universal que estaba al tanto del desarrollo de todos los ámbitos del saber. Por ello, conviene contar con algún criterio para seleccionar lo que de las ciencias puede ser enseñado, aquello que debe ser aprendido por todos. Y ese criterio lo pueden aportar los otros dos aspectos que aquí se proponen: debería conocerse aquello que permita a los ciudadanos manejarse y participar en el mundo en el que viven. La utilidad práctica de los conocimientos para la vida real y para las decisiones en las que los ciudadanos deben participar sería el criterio para seleccionar cuáles conocimientos científicos susceptibles de ser enseñados serían valiosos para la educación de la ciudadanía. Al lado de este criterio, que puede parecer muy pragmático, cabría rescatar otro que subrayaría el valor estético del conocimiento, es decir, el sentido en el que se pueden y se deben conocer cosas que no tienen utilidad práctica inmediata, ni facilitan de manera directa la participación en las decisiones de nuestras vidas, pero que nos las hacen más felices. El amor a la sabiduría que definía la actitud de los antiguos filósofos, y el asombro y la admiración que provocaba en ellos el espectáculo de la naturaleza, serían unos buenos referentes para reivindicar esos conocimientos sobre los seres vivos, sobre los planetas y las estrellas, y sobre tantas otras cosas que, quizá no sean muy útiles para la vida, pero que sí permiten disfrutar de ella.

Manejarse en la vida cotidiana sería el segundo aspecto que podría orientar los planteamientos de una educación tecnocientífica dirigida a la formación de la ciudadanía. En la medida en que el desarrollo tecnocientífico ha generado un mundo complejo, cabe demandar de la educación tecnocientífica el desarrollo de destrezas y habilidades en los individuos que les permitan manejarse en ese mundo. Por tanto, las enseñanzas de las ciencias, y sobre todo de las tecnologías, deberían hacer posible que los ciudadanos puedan desenvolverse con habilidad en los distintos contextos en los que desarrollan sus vidas, sin la necesidad constante de pedir auxilio a los expertos o de esperar que sean ellos quienes resuelvan los problemas prácticos. Ser capaces de manejarse en los ámbitos domésticos plagados hoy de artefactos tecnológicos, de resolver los problemas ordinarios que surgen con la tecnología presente en la vida cotidiana y en el trabajo, de desenvolverse con soltura en los escenarios virtuales y mediáticos propiciados por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, son aspectos en los que cabe esperar que la educación tecnocientífica (y ante todo la tecnológica) resulte útil para los ciudadanos. Pero manejarse en el mundo es saber elegir también la orientación de la propia vivienda, componer una dieta o la de hacer un itinerario por el bosque otoñal y disfrutar de él. Para todo eso puede resultar oportuna una educación tecnocientífica dirigida por la dimensión estética antes reivindicada por su importancia para la calidad de vida. La autonomía en el manejo de los problemas cotidianos que se le presentan al individuo que supone este segundo aspecto propuesto, hace que ésta no tenga sólo una función pragmática sino favorecedora de la libertad individual, ya que la capacidad de las personas de manejarse entre las circunstancias de su medio es la mejor garantía de que no serán manejados por ellas.

Sin duda, la breve caracterización que se ha esbozado del «conocer» y del «manejar» inherentes a la educación tecnocientífica está orientada a las necesidades prácticas de la vida. Pero lo práctico no tiene la interpretación instrumental que muchas veces se ha privilegiado en la reivindicación de la ciencia y la tecnología, sino que incorpora un sentido axiológico. La importancia estética del conocimiento y la liberación que para el individuo supone la adquisición de destrezas, implica que lo valorativo es un elemento central de la educación tecnocientífica (Martín Gordillo *et al.*, 2001). Sin embargo, en el desarrollo de las capacidades para participar es donde se pone de manifiesto con más intensidad esta afinidad entre la educación tecnocientífica y la educación en valores. La idea de ciudadanía, que es el referente principal de la acción educativa con vocación de universalidad, remite siem-

pre a la de democracia, y ésta es indisociable a la de participación. Una educación tecnocientífica que permita conocer a los individuos los procesos y manejar los artefactos del mundo que les rodea no formará ciudadanos capaces de participar en democracia si no integra, además de los conocimientos para analizar la realidad y las destrezas para manejarse en ella, estrategias para el desarrollo de aptitudes y de actitudes participativas y abiertas al diálogo, la negociación y la toma de decisiones en relación con los problemas asociados al desarrollo científico y tecnológico.

1.3 EL ENFOQUE CTS Y LA EDUCACIÓN PARA LA PARTICIPACIÓN

Seguramente su énfasis en la participación es la aportación más relevante que el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) puede hacer a la educación científica y tecnológica. Sin duda la contextualización social e histórica de los procesos que han dado lugar a la gestación de los conocimientos científicos y al desarrollo de los artefactos tecnológicos tiene su importancia en la presentación educativa de los contenidos de las ciencias y las tecnologías. También la necesidad de establecer relaciones entre éstos y los principales problemas y controversias sociales y medioambientales del presente es otro aspecto importante. Sin embargo, estas dos aportaciones de la perspectiva CTS a la educación científica y tecnológica, siendo importantes, podrían quedar limitadas a la de una parcela o dimensión en la enseñanza de las ciencias y la tecnología; una dimensión CTS que añadiera a la presentación habitual de los contenidos de las ciencias y las tecnologías ciertos aspectos relacionados con el contexto social en la que fueron generados y con las consecuencias para los seres humanos y el medio ambiente que de ellos se pueden derivar. Por desgracia, esta dimensión CTS suele tener sólo un papel adjetivo y marginal, frente a los contenidos sustantivos tradicionales de los currículos de ciencias y tecnologías.

Por eso, más que una nueva dimensión CTS en las enseñanzas de las ciencias y las tecnologías, que, por otra parte, no desborda el carácter analítico del resto de las enseñanzas, cabe rescatar la relevancia educativa del enfoque CTS en sus aspectos más dinámicos y activistas vinculados con la evaluación de tecnologías y con los procesos de participación pública en las decisiones relacionadas con el gobierno y el control de la ciencia y la tecnología. Aprender a participar, junto con conocer y manejarse en un mundo en el que la ciencia y la tecnología están tan presentes, sería el modo en el que la educación tecnocientifi-

ca podría reenfocar sus propósitos haciéndose más coherente con los generales de la educación para la ciudadanía, que deben presidir todos los ámbitos de la acción educativa.

Seguramente el privilegio que los planteamientos más discursivos y analíticos ha tenido en la práctica educativa explique que las propuestas orientadas a la participación hayan sido menos frecuentes entre las de innovación educativa en la enseñanza de las ciencias. En tal sentido, la idea de educar para participar puede dar un nuevo carácter a conceptos tan aceptados como alfabetización tecnocientífica, ciencia para todos o difusión de la cultura científica. Sería más fácil promover la difusión de esa cultura científica si desde las instituciones educativas los ciudadanos se fueran formando en la necesidad cotidiana de participar en las decisiones que tienen que ver con el desarrollo de la ciencia y la tecnología desde los niveles macro (por ejemplo, en la orientación y control democrático de las prioridades en la investigación y el desarrollo tecnológico), hasta los niveles micro (por ejemplo, en las controversias sobre casos cercanos relacionados con la ciencia o la tecnología, o en las decisiones cotidianas que los ciudadanos toman como consumidores). De este modo también será más fácil hablar de ciencia para todos en los contextos educativos, ya que la orientación participativa de la enseñanza de las ciencias y las tecnologías está dirigida al conjunto de los ciudadanos, y no sólo a los expertos, que en los modelos no participativos detentarían la capacidad de tomar las decisiones. Además, la educación tecnocientífica, como educación para la participación, implica esa idea de alfabetización tecnocientífica que supone poner a disposición de todos los conocimientos necesarios para una participación responsable en las decisiones que nos afectan.

Pero la idea de que la educación tecnocientífica debe apostar por la participación no debe quedar reducida a discursos retóricos en favor de dicha participación. Poner de manifiesto las consecuencias negativas de los modelos no participativos de desarrollo tecnocientífico, y resaltar las ventajas de la gestión negociada de los conflictos, no supone que quienes reciben estos discursos hayan aprendido a participar. A participar se aprende participando, por lo que la reivindicación para la educación tecnocientífica de la idea de participación no puede quedarse sólo en un plano analítico o discursivo, como un tópico más que añadir a los que establecen lo que se debe enseñar y aprender. Tampoco se trata de inaugurar un campo de investigación teórica para la didáctica de las ciencias. Se trata, más bien, de reenfocar en la práctica los espacios y los tiempos curriculares para que sean posibles formas participativas, flexibles, abiertas y multidireccionales en las prácticas reales de enseñanza de las ciencias y las tecnologías.

Los modelos discursivos, secuenciales, rígidos, verticales y unidireccionales en la organización de las actividades en el aula y en la sociedad no son los más adecuados para hacer posible la participación y la vida democrática. Por ello, una educación para la democracia deberá hacer del aula un verdadero laboratorio, un simulador de la participación democrática. Se suele asumir la importancia de las prácticas de laboratorio (y de taller) en la enseñanza de las ciencias (y de las tecnologías), porque en ellas se simulan en situaciones manejables y controladas los procesos de investigación de los saberes científicos y de desarrollo de los artefactos tecnológicos. Pues algo similar a esa simulación entre la ciencia o la tecnología enseñadas y la ciencia o la tecnología reales es lo que se propone para las aulas de ciencias y tecnologías en relación con la sociedad. Si en la sociedad se dan controversias sobre cuestiones tecnocientíficas que involucran a diversos actores con intereses y valores enfrentados, en las aulas de ciencias y tecnologías también se puede y se debe preparar a los alumnos para la participación en esas controversias y en esas decisiones que les esperan como futuros ciudadanos (Désautels y Larochelle, 2003).

Sin embargo, la entrada en las aulas de esas controversias relacionadas con problemas ligados al desarrollo tecnocientífico puede resultar difícil. Si se analizan polémicas del pasado ya resueltas, pueden mostrarse los efectos de ciertas formas de participación, o lo que supusieron las pugnas entre las razones, intereses y fuerzas de los diversos actores en litigio ante determinada controversia pretérita. No obstante, el análisis de controversias resueltas, a pesar de lo manejables que resultan en el aula, poco puede aportar al aprendizaje efectivo de la participación en temas de ciencia y tecnología con implicaciones sociales en el presente. La alternativa parece ser el tratamiento en el aula de controversias que se estén dando en la realidad del momento. Pero, en este caso, la carga emotiva que conllevan y la dificultad de su manejo didáctico hacen que, más que percibir las distintas interpretaciones y puntos de vista que se manifiestan en una polémica, y más que aprender a negociar y consensuar, se refuercen los prejuicios y los puntos de vista que sobre ese asunto cada cual trae de la realidad al aula.

Para resolver esa disyuntiva entre el estudio de casos CTS históricos y clausurados o controversias CTS en tiempo real y abiertos, cabría tomar otra vez la analogía de la relación entre la realidad sobre la que las ciencias investigan y el laboratorio en el que desarrollan sus investigaciones. Las múltiples variables que inciden en un fenómeno dado se aíslan y controlan en el laboratorio para hacerlas manejables y para poder realizar las investigaciones. En cierto sentido, el laboratorio científico es un simu-

lador de la realidad, un artefacto creado para recrearla y hacerla más manejable de cara a los propósitos de la investigación. Al menos eso es lo que los propios científicos dicen que hacen en el laboratorio. Tal relación de simulación entre el laboratorio de las ciencias y la realidad sobre la que se investiga es la misma que podría recrearse en el aula con la simulación de controversias en torno a problemas CTS que fueran a la vez verosímiles y manejables. En la realidad, no siempre resulta fácil identificar a los actores de una controversia mientras ésta se está desarrollando. En la realidad, los actores que pugnan en las controversias no siempre tienen igualdad de acceso a los medios de comunicación ni a las instancias de decisión. En la realidad, los poderes con capacidad de decisión no siempre abren el debate público ni son sensibles a la participación ciudadana cuando han de tomar decisiones. Pero en una simulación en el aula podría crearse una red de actores equilibrada, en la que todos tuvieran idénticas posibilidades de exponer y de defender sus puntos de vista. Las controversias simuladas CTS no serían verdaderas, pero sí verosímiles. Se trataría de crear en el aula, como si se pensara en un laboratorio de participación social, las condiciones en las que fuera posible ensayar fórmulas de participación social con el fin de aprender a discutir, a disentir, a razonar, a argumentar, a negociar y a consensuar sobre los complejos temas de ciencia y tecnología que afectan a la realidad. En definitiva, aprender a participar en la orientación, en la evaluación y en el control del desarrollo tecnocientífico, partiendo de situaciones ficticias pero verosímiles.

178

Esta apuesta por el aprendizaje de la participación como orientador de las enseñanzas tecnocientíficas no puede desarrollarse sin un notable giro en el papel que el docente tiene en el desarrollo curricular. Si es cierto que a participar se aprende participando, también lo es que resulta necesario haber participado para enseñar a participar. No cabe promover propuestas de enseñanza participativa que no cuenten con la participación y el compromiso de los docentes, que serán sus dinamizadores. Por tanto, es necesario contar no sólo con discursos en favor de la participación en la enseñanza de las ciencias y las tecnologías, sino con materiales y estrategias de formación y de cooperación entre docentes ligados a una práctica de verdad participativa.

Presidido por estas ideas, entre octubre de 2002 y junio de 2003 se llevó a cabo un proyecto para el «Desarrollo de nuevos materiales y nuevas técnicas didácticas para la difusión de la ciencia y la tecnología con enfoque CTS en educación secundaria»², financiado por la

² En el anexo se relacionan los participantes en este proyecto.

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)³ y puesto a punto por el Observatorio de Cultura Científica de la Universidad de Oviedo⁴, con la colaboración de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)⁵ y el Grupo Argo⁶. Dicho proyecto estuvo centrado en el desarrollo en aulas de educación secundaria de propuestas de educación CTS ligadas a la participación, partiendo del modelo de los casos simulados que se ha venido utilizando en el Curso Virtual de la OEI sobre el Enfoque CTS en la Enseñanza de las Ciencias⁷. En los siguientes apartados se describen los casos simulados utilizados en este proyecto, así como la exposición y los resultados de las diversas experiencias de las aulas españolas en las que fueron experimentados.

2. LOS CASOS SIMULADOS CTS COMO PROPUESTAS PARA RENOVAR EN CLAVE PARTICIPATIVA LA EDUCACIÓN TECNOCIENTÍFICA

2.1 ¿QUÉ SON LOS CASOS SIMULADOS CTS?

Los casos simulados CTS consisten en la articulación educativa de controversias públicas relacionadas con desarrollos tecnocientíficos con implicaciones sociales o medioambientales. Se trata de una propuesta educativa llevada a cabo por el Grupo Argo, en la que a partir de una noticia ficticia, pero verosímil, se plantea una controversia supuesta en la que intervienen varios actores sociales con ideas, opiniones o intereses diversos. Científicos, ingenieros, empresas, asociaciones ecologistas, grupos vecinales, grupos políticos, asociaciones profesionales, ciudadanos afectados, etc., son el tipo de colectivos que, en cada caso, pueden constituir la red de actores que aparecen en cada uno de los casos simulados CTS para su uso educativo.

En la configuración de esa red se intenta garantizar un adecuado equilibrio de posturas y de argumentos a fin de que, a diferencia de lo que sucede muchas veces en la realidad, no se cierre el debate antes de haberse iniciado. En todas las simulaciones existe un actor social que hace de mediador y moderador, y que se encarga de presentar los distintos puntos de vista y de velar por la limpieza democrática del debate.

³ Ver <<http://www.fecyt.es>>.

⁴ Ver <<http://www10.uniovi.es/observatorio/>>.

⁵ Ver <<http://www.oei.es>>.

⁶ Ver <<http://grupo-argo.org>>.

⁷ Ver <<http://www.campus-oei.org/ctsi/cursovirtual.htm>>.

El desarrollo de cada caso simulado en el aula sigue una secuencia de actividades común en todos ellos. Tras la lectura conjunta de la noticia ficticia y de algunos de 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 los pongan en su piel y busquen argumentos para defender las posiciones que les hayan correspondido en la controversia ficticia. Después de un tiempo en el que el trabajo de los equipos consiste en documentarse y en investigar para preparar argumentos en favor de sus posiciones –que se recogerán en informes escritos elaborados por cada equipo–, se pasa a la defensa pública de los mismos, para luego hacer un debate abierto entre todos los actores. 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. Más tarde, y ya fuera 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 esas 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. Los casos simulados CTS guardan también una estrecha relación con los *congresos de consenso*, como experiencias reales de participación pública de la ciudadanía en ciencia y tecnología (López Cerezo y Luján, 2000; Martín Gordillo, Osorio y López Cerezo, 2001).

Las simulaciones CTS pretenden ser una alternativa educativa para propiciar el aprendizaje social de la participación en las controversias tecnocientíficas. De ahí que su principal significado no esté en la veracidad última de sus propuestas sino en su verosimilitud y relevancia social y educativa. Las situaciones que se proponen son ficticias pero verosímiles. Para el aprendizaje efectivo de la participación parece más apropiado el trabajo con simulaciones que el mero análisis de casos ya resueltos, sobre los que sólo cabe una labor de disección casi forense. Las simulaciones CTS permiten a los alumnos participar de forma efectiva en controversias que se presentan como vivas, y que, de hecho, podrían estarlo (varios casos que se habían diseñado como ficticios se han dado después de forma muy parecida en la realidad). Esa participación simulada en controversias ficticias hace posible que los alumnos entren en ellas con la pasión propia del juego, pero sin el exceso de prejuicios y de implicación personal que supondría discutir sobre controversias reales, ante las que puede haber posicio-

nes predefinidas. En tal sentido, el trabajo con ese tipo de simuladores de participación social tiene una eficacia similar a la que se atribuye a los simuladores de ciertos artefactos que permiten el aprendizaje de su manejo, o al del trabajo con situaciones problemáticas, ideales o de laboratorio, que se presentan como supuestos útiles para el aprendizaje de los conceptos científicos. La novedad consiste en que la simulación tiene como objetivo prioritario el aprendizaje de la participación en controversias sociales que se dan en torno a problemas derivados del desarrollo tecnocientífico. El diseño de cada caso simulado contiene los siguientes materiales:

- Una noticia, ficticia pero verosímil, que se presenta a los alumnos en el formato de un periódico real, y de la que se parte para el desarrollo de la polémica de la que se trata.
- Un cuestionario inicial y final, que sirve para conocer las informaciones y las actitudes previas de los alumnos sobre las cuestiones objeto del trabajo, y para contrastar los cambios producidos al final del mismo.
- Una red de actores que aparece en la polémica descrita en la noticia ficticia inicial, y cuyos perfiles se presentan en forma de fichas independientes en las que también se aportan algunas guías para la búsqueda de informaciones.
- Unos documentos ficticios elaborados para dar apoyo a los argumentos de los actores participantes, relacionando el conocimiento específico del área que el caso trata con la polémica concreta que plantea en forma simulada.
- Unos documentos seleccionados por su pertinencia y claridad entre la información científica del campo en el que se sitúa la polémica.
- Materiales didácticos específicos: pautas de elaboración de informes y preparación de exposiciones, fichas de organización y evaluación del trabajo en grupo.

2.2 LOS CASOS SIMULADOS EXPERIMENTADOS EN EL PROYECTO

Los casos simulados que se han desarrollado y experimentado en el proyecto financiado por la FECYT para el «Desarrollo de nuevos materiales y nuevas técnicas didácticas para la difusión de la ciencia y la tecnolo-

gía con enfoque CTS en educación secundaria» son, por tanto, unidades didácticas diseñadas con la intención de mostrar las implicaciones sociales de las decisiones tecnocientíficas, de servir para la educación en la participación democrática, y de favorecer el interés crítico de los alumnos por las cuestiones tecnocientíficas al recrearlas en contextos cercanos, abiertos, polémicos, socialmente relevantes y personalmente motivadores.

Aunque en el proyecto inicial se proponía el diseño y la experimentación de cinco casos simulados (los referidos a fuentes energéticas y sostenibilidad; radiaciones y vida cotidiana; farmacología y deporte; automatización, empleo y alimentación; y desarrollo urbanístico y participación social), en algunas aulas se experimentó también otro caso simulado que abordaba cuestiones relacionadas con la investigación sobre vacunas. Por ello, tanto en la descripción de las simulaciones como en los apartados relativos al desarrollo y a los resultados del proyecto, se tuvieron en cuenta los seis casos cuyas temáticas fueron éstas:

- *Fuentes energéticas y sostenibilidad*: «la polémica de las plataformas petrolíferas» (Grupo Argo, 2003a) es un caso simulado en el que se plantean las relaciones entre la explotación de los recursos fósiles y otras formas de producción como la pesca y el turismo. Las ventajas energéticas e industriales, las maneras de transformación de los hidrocarburos, los peligros medioambientales, las repercusiones para la fauna marina, las alternativas energéticas y las implicaciones sociopolíticas en el entorno inmediato y en el marco de la geopolítica mundial, son algunas de las cuestiones que están en el trasfondo de un caso que plantea la posibilidad de que en un litoral concreto se instalen plataformas para explotar nuevos yacimientos petrolíferos.
- *Radiaciones ionizantes y vida cotidiana*: es el tema que se trata en el caso titulado «La controversia de las antenas de telefonía móvil» (Grupo Argo, 2003b), en el que se pone al descubierto la presencia de múltiples formas de radiaciones no ionizantes, sobre todo en nuestro entorno inmediato, sobre cuya inocuidad existe cierta controversia. Las infraestructuras necesarias para el funcionamiento de los teléfonos móviles, los mecanismos por los que transmiten la información, las posibles implicaciones para la salud, las variaciones en la forma de entender la comunicación y el papel que ésta ha jugado y juega en nuestras formas de vida, son cuestiones que sustentan una polémica que surge cuando un

centro educativo se plantea si debe aceptar la propuesta que le ha hecho una empresa de comunicaciones para instalar antenas de telefonía móvil en su tejado.

- *Investigación sobre vacunas:* en «AIDS-2001: La vacuna contra el SIDA» (Martín Gordillo, 2001) se abordan los problemas éticos y políticos que se plantean en los experimentos sobre vacunas, y, en especial, los que tienen efecto frente a una enfermedad tan significativa como el SIDA. Las prioridades de las empresas que realizan las investigaciones, los derechos de los sujetos que participan en los experimentos, los niveles de riesgo aceptables, son algunos de los aspectos que se tratan en una controversia en la que hay que decidir si se acepta una propuesta de experimentación en fase III con una vacuna que ha desarrollado una multinacional farmacéutica, teniendo en cuenta que entre los sujetos experimentales debería haber miles de niños menores de tres años, que, en su mayoría, pertenecerían a países africanos en los que la enfermedad es ya una pandemia.
- *Farmacología y valoración social:* es el tema tratado en «El contrato del dopaje» (Camacho Álvarez, 2003), un caso simulado situado en el contexto del deporte profesional, que sirve de creador y de amplificador de tantos valores sociales por la inmensa relevancia que se concede a los deportistas. Se plantea la disyuntiva entre el patrocinio de un equipo ciclista por una empresa farmacéutica, lo que permite estudiar cuestiones relativas a los usos socialmente aceptados o prohibidos de los fármacos, y la posibilidad de encontrar soluciones químicas para el desenmascaramiento del fraude por dopaje en la competición deportiva, al uso que la sociedad hace de la competición como instancia refrendadora o sancionadora de determinados valores sociales, o a la responsabilidad de los anunciantes respecto de aquello que apoyan. En este caso se presenta el debate entre varios actores sociales de un país sobre las ventajas o inconvenientes de permitir que una multinacional farmacéutica patrocine a su selección ciclista.
- *Automatización, empleo y alimentación:* se aborda en un caso simulado llamado «La cocina de Teresa» (Martín Gordillo, 2003), en el que, sobre el fondo de la modificación de los hábitos alimenticios que conlleva el auge de la comida rápida, se plantea la problemática que supone el crecimiento de las tec-

nologías de organización social propias de las empresas de ese sector en detrimento de las formas tradicionales de organización de los restaurantes, con las implicaciones laborales y culturales que eso representa. Este caso se expone como un debate entre varios actores interesados en el futuro de un restaurante, en concreto «La cocina de Teresa», cuya posible venta a una cadena de comida rápida se somete a deliberación.

- *Desarrollo urbanístico y participación social:* en «Ahormada: una controversia urbana» (González Galbarte, 2003), se plantean las posibilidades de reorganización del degradado centro histórico de una ciudad, cuestión que presume la aparición de variadas propuestas apadrinadas por actores diferentes interesados en la recuperación del pasado histórico, en la creación de equipamientos y de viviendas atractivas para la clase media, en el desarrollo de un sector productivo mediante la instalación de empresas viables según las condiciones del lugar, o en la mejora de las instalaciones sin modificar el tejido social que se ha ido decantando en la zona.

184

Cada uno de esos casos se configura en torno a una controversia suscitada a partir de una noticia concreta. En dicha controversia participan varios actores, cuyos perfiles corresponden a la naturaleza de cada caso. Como ejemplificación de los contenidos de esas simulaciones, a continuación se hace una descripción de la controversia y de la red de actores de dos de los casos: «La polémica de las plataformas petrolíferas» y «La cocina de Teresa».

La polémica de las plataformas petrolíferas

El caso que se propone consiste en una controversia pública en torno a la conveniencia de que el gobierno regional autorice o no la explotación de un yacimiento petrolífero marino recién descubierto por una empresa del sector. El interés de las autoridades políticas por recabar un respaldo social para la referida decisión se concreta en la convocatoria de unas jornadas de trabajo sobre «Energía y desarrollo socio-económico», con el propósito de analizar con detenimiento las alternativas que se abren en el futuro inmediato para la región. En esta controversia participan los siguientes actores:

- *Administración:* los distintos organismos gubernamentales (consejerías de Industria; Trabajo; Agricultura, Pesca y Ali-

mentación; Turismo...) tienen como principal cometido definir el interés general de los ciudadanos y promover la mejora de los indicadores regionales de bienestar social y de calidad de vida. La Administración ha decidido organizar unas jornadas de trabajo en las que los diversos actores implicados debaten la conveniencia o no de que se autorice la instalación de las plataformas petrolíferas, decisión que deberá tomar la propia Administración.

- *United Cantabric Petroleum (UPC)*: es una empresa multinacional que desea iniciar su presencia en las primeras explotaciones petrolíferas del norte de España, por las excelentes perspectivas que presenta el yacimiento tanto en cuanto a la calidad del crudo como a la amplitud de la bolsa. No obstante, le interesa la explotación siempre que pueda hacerla con garantías de escasa conflictividad sociolaboral.
- *Plataforma Cívica para la Defensa del Litoral (PLACIDEL)*: constituida por asociaciones vecinales y ecologistas y por representantes del sector turístico, se opone al proyecto denunciando el impacto medioambiental de la puesta en funcionamiento de la explotación petrolífera, por los posibles daños, que podrían llegar a ser irreparables, como se ha comprobado en la trágica historia de los desastres provocados por las mareas negras.
- *Consejo Social para la Explotación de los Recursos Energéticos del Cantábrico (COSEREC)*: está integrado por empresarios y por sindicatos de la zona. Según este actor, la instalación de las plataformas petrolíferas abre unas perspectivas de desarrollo económico para la región que no se pueden desaprovechar, pues constituyen una oportunidad única para superar la crisis industrial de la zona.
- *Cofradía de Pescadores «Virgen del Alba»*: radicalmente enfrentada al proyecto. Los puertos de la zona son de los de mayor actividad pesquera del Cantábrico. Por tradición, la pesca ha sido una actividad bastante respetuosa con la vida marina. La instalación de las plataformas daría al traste con esta actividad, tanto por el peligro que supone para la fauna marina como por la progresiva sustitución de las lonjas de los puertos por industrias afines al sector petroquímico.

La cocina de Teresa

El caso que se propone consiste en una controversia para analizar cómo afectan los procesos de automatización a la cantidad y a la calidad del empleo en una situación laboral concreta, como la de un restaurante de cocina tradicional en trance de ser absorbido por una empresa internacional de comida rápida, que utiliza productos precocinados y procesos estandarizados. También se plantea la discusión sobre los hábitos alimenticios propios de la cocina tradicional, y los efectos que sobre ellos tienen las nuevas formas de vida asociadas a la comida rápida. El escenario de este debate es «La cocina de Teresa», un restaurante tradicional situado en Cartagena de Indias cuyo propietario acaba de fallecer, y cuyos herederos reciben una oferta de compra por parte de una cadena internacional de comida rápida.

- *Herederos de «La cocina de Teresa»*: son los hijos del dueño a los que ha dejado la propiedad del restaurante, con la condición de que no tomen ninguna decisión sobre el futuro de éste sin contar con la conformidad de las personas que trabajan y se reúnen en él. Están dispuestos a respetar la voluntad del padre, e intentan conseguir que todos los afectados se pongan de acuerdo para tomar una decisión sobre el futuro del restaurante.
- *McExpress*: gran empresa internacional de comidas rápidas, con miles de establecimientos en todo el mundo, que ofrece menús cerrados a precios baratos y con rapidez en el servicio. La empresa está buscando un local amplio en la parte vieja de Cartagena de Indias para ofrecer a los turistas sus conocidos menús. El local de «La cocina de Teresa» es el lugar ideal. Además de una buena oferta de compra a los herederos, la empresa está dispuesta a proponer condiciones ventajosas a todos los que son citados en el testamento, aunque en ningún caso aceptaría condiciones sobre la forma de gestionar el establecimiento en el futuro, que seguiría los estándares establecidos por la empresa para todos sus locales.
- *Círculo Gastronómico y Cultural*: fundado hace casi cuatro décadas, sus miembros se reúnen todas las semanas para hablar de cultura, a la vez que degustan las magníficas comidas que se ofrecen en el restaurante. Son, por tanto, un grupo de intelectuales que hacen de la defensa de «La coci-

na de Teresa» un símbolo de resistencia frente a los procesos globalizadores y normalizadores a los que se asiste en todo el mundo.

- *Meseros de «La cocina de Teresa»*: ven con buenos ojos la venta del restaurante. Creen que para ellos, jóvenes en su mayoría, es una buena oportunidad de futuro. Consideran que su trabajo es propio de otros tiempos, y se sienten más próximos a los nuevos hábitos de los clientes que prefieren, cada vez más, el autoservicio al agobio de unos meseros vigilando el nivel de su copa. Piensan que en este tipo de empresas tienen mucho más que ganar que los cocineros, ya que no se sienten tan vinculados a su quehacer profesional y aceptan la flexibilidad del mercado laboral propio de las empresas multinacionales de comida rápida.
- *Cocineros de «La cocina de Teresa»*: saben que no tienen sitio en empresas como *McExpress*, pues sus habilidades culinarias no tienen nada que ver con los procedimientos de elaboración de los menús rápidos que ellos llaman comida basura. Con argumentos relacionados con la cultura alimenticia y con hábitos saludables, se oponen a la venta del restaurante y plantean como alternativa que todos los trabajadores gestionen directamente el negocio en régimen de cooperativa, pagando a los herederos del local un alquiler con opción de comprarlo más adelante si el negocio da suficientes beneficios.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto tuvo como objetivo la experimentación de esos casos simulados, y el contraste de su puesta en práctica por docentes distintos y en contextos distantes de los que correspondieron a su diseño. Los participantes fueron, por tanto, docentes de distintas regiones de España, que, entre enero y mayo de 2002, llevaron los casos simulados descritos a sus aulas de educación secundaria, y, en uno, al nivel universitario. El proceso llevado a cabo incluyó tres grandes fases:

- Desarrollo de tres talleres presenciales, de una jornada de duración, para conocer la didáctica de las simulaciones CTS participando en una de ellas (enero-febrero de 2003).

- La experimentación en el aula de uno de los casos simulados diseñados para el proyecto, y la elaboración de los informes de cada una de estas experiencias. El proceso estuvo acompañado de la habilitación de un aula del curso virtual de la OEI para la enseñanza de las ciencias con enfoque CTS, destinada a facilitar información y asesoramiento continuo a los docentes que participaron en el proyecto. Para tal fin se utilizaron las herramientas de los foros, correo electrónico interno, enlaces y documentos de discusión, entre otros (enero-mayo de 2003).
- Realización en Oviedo de una reunión final para la presentación de resultados de las experiencias, y la definición de acciones futuras por la red de docentes que se ha constituido en torno a este proyecto (30-31 de mayo de 2003).

Se describen a continuación, con un poco más de detalle, las actividades realizadas en los talleres presenciales y en la reunión final del proceso.

3.1 LOS TALLERES Y REUNIONES PARA LA CONSTITUCIÓN DE LA RED DE DOCENTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Los tres talleres iniciales se realizaron en las ciudades de Madrid (25 de enero), Barcelona (31 de enero) y San Sebastián (8 de febrero), y la reunión final en Oviedo (30 y 31 de mayo), todos en el 2003.

En el taller de Madrid se contó con 26 participantes, en Barcelona con 19, y en San Sebastián con 9. Constituyeron la fase preparatoria de la aplicación de los casos simulados, ya que se aportaron ideas de cómo trabajar, y se abrió la posibilidad para el futuro desarrollo de estrategias en el aula.

La estructura de trabajo en cada taller se inició con una ponencia en la que se presentaba el proyecto, se reflexionaba sobre el enfoque CTS en el ámbito educativo, y se planteaban a los participantes las propuestas de experimentación. La convocatoria abierta para participar en los talleres presenciales se planteó a través del boletín electrónico del área de cooperación científica de la OEI.

Tratándose de un proyecto para promover el aprendizaje participativo en el desarrollo de cada taller, se utilizó una de las simulacio-

nes, concretamente «AIDS-2001: la vacuna contra el SIDA». En ese sentido, el trabajo incluía la preparación de los argumentos por parte de los diferentes equipos de docentes que encarnaban a los diferentes actores sociales implicados en el caso, y el posterior debate en el que se confrontaron dichos argumentos antes de que el equipo que representaba al actor social que hacía de mediador en esa controversia adoptara la decisión final. En los tres talleres los docentes tuvieron ocasión de participar en una versión abreviada de uno de los casos sobre los que se les proponía la experimentación en sus aulas. Tras ese taller, cada docente eligió uno de los casos simulados propuestos y lo llevó a la práctica al menos en una de sus aulas.

A finales de mayo se convocó a todos los docentes que participaron en el proyecto a una reunión de presentación de resultados. Dicha reunión contó con la participación de 30 personas. En una primera fase, se presentó un avance de los resultados extraídos a partir de los informes de las experiencias en el aula que los propios docentes habían remitido en las semanas anteriores. Después se hizo un trabajo organizado en diversos equipos para discutir cuatro grandes temáticas.

El primer día se abordó la cuestión de las nuevas finalidades y las nuevas relaciones que acarrea este tipo de experiencias de educación participativa en clave CTS. A este respecto, se valoró el papel del aula como espacio de conocimiento, en donde la experiencia realizada con la aplicación de los casos simulados fue considerada por todos como altamente satisfactoria. Se destacó también la importancia de articular el aula como un espacio dialógico y participativo, en el que los alumnos pueden aprender otras formas de relación entre ellos y con los contenidos educativos. De igual manera, se enfatizó acerca del nuevo papel del docente, que en estas estrategias adopta el rol de dinamizador y de facilitador de los procesos de participación y de aprendizaje cooperativo de los alumnos.

El segundo día las temáticas se orientaron a la prospectiva sobre el eventual desarrollo de nuevos casos simulados, a la difusión del enfoque CTS y a la exploración de nuevas propuestas didácticas. Todos estuvieron de acuerdo en la necesidad de continuar con la experiencia, poniendo en práctica otros casos simulados en diversas materias. También se valoró la posible coordinación entre profesores españoles e iberoamericanos, mediante el uso de las plataformas virtuales de la OEI y del grupo Argo. Todo eso permitiría un permanente intercambio de experiencias.

3.2 HERRAMIENTAS Y PROTOCOLOS PARA LA EXPERIMENTACIÓN DE LOS CASOS SIMULADOS

Varias fueron las herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto y para el posterior análisis y evaluación de los resultados. Entre ellas cabe destacar la utilización de un guión común de registro, en el que los docentes fueron recogiendo información sobre cada experiencia con el caso simulado elegido en su aula. Así mismo, se diseñó un protocolo para la evaluación de los cuestionarios inicial y final realizado por los alumnos antes y después de su participación en el caso simulado.

Para la redacción de los informes sobre la experiencia en el aula, cada docente que participó en el proyecto utilizó un mismo guión, en el que se intentó combinar la presencia de una serie de elementos comunes que permitieran obtener resultados globales de todas las experiencias, con una cierta flexibilidad en la forma de realizar los informes para no perder los elementos cualitativos de las descripciones de cada experiencia. Dicho guión contenía seis apartados en los que el docente iba aportando diversas informaciones sobre el desarrollo de la experiencia en su aula. El primer apartado se refería a la descripción del contexto educativo (nombre del centro y población en la que se encuentra, características de la zona y del centro, contexto curricular en el que se desarrolló la experiencia, modo de integración entre las actividades ordinarias, alumnos que participaron...). En el segundo el docente debía justificar las razones por las que había seleccionado un determinado caso simulado de los propuestos (comentarios justificativos de la elección, adecuación de la temática del caso al perfil y a los intereses de su grupo de alumnos...). El siguiente se refería a la organización y desarrollo efectivo de la experiencia en el aula (temporalización, configuración y funcionamiento de los equipos, descripción de la fase de presentación o sensibilización, descripción de la fase de trabajo y elaboración de los informes, desarrollo de las exposiciones y su debate, decisión final adoptada por el equipo mediador, proceso seguido en la evaluación del trabajo...). El cuarto aludía a la evaluación de los materiales de la unidad, y, en su caso, a las adaptaciones realizadas (valoración de la guía didáctica que acompañaba a los materiales de cada caso, valoración de los materiales de apoyo para los alumnos y adaptaciones realizadas, valoración de los documentos del caso, y referencias a otros documentos utilizados...). En el quinto se abría la posibilidad de añadir otros comentarios no incluidos en los apartados anteriores, y se proponía hacer una valoración global de la experiencia. Por último, al informe debían acompañarse como anexos los originales de todas las encuestas iniciales y finales cumplimentadas por cada alumno, la evaluación final de la experiencia (también se diseñó un cuestionario al efecto que los alumnos rellenaron

de forma anónima), los extractos de los informes realizados por los alumnos que el docente quisiera añadir, así como algunas grabaciones o transcripciones de las exposiciones y de los debates realizados en el aula.

Como ya se comentó, todos los alumnos rellenaron antes de comenzar la experiencia y a su término, un cuestionario que, conteniendo diez preguntas referidas al tema de cada caso, permitirían establecer los conocimientos previos y las actitudes que tenían sobre dicho tema. Al distribuir el cuestionario al final de la experiencia, podría comprobarse el grado de variación producido, tanto en los aspectos conceptuales como en los actitudinales, y en las argumentaciones que los alumnos daban sobre las mismas cuestiones al término del trabajo. La información obtenida sobre los aprendizajes en cada uno de los casos simulados será tratada en el siguiente apartado. En todo caso, cabe señalar aquí que en el procesamiento de los resultados de esos cuestionarios se utilizaron escalas de valor del 1 al 4 para las distintas respuestas dadas por los alumnos, teniendo en cuenta que la interpretación de la escala se adaptó a las preguntas de tipo conceptual o informativo (1: no sabe, no contesta; 2: respuesta incorrecta o imprecisa; 3: respuesta incompleta pero aceptable; 4: respuesta completa y precisa), así como a las de contenido valorativo (1: no sabe, no contesta; 2: respuesta tópica o ingenua; 3: respuesta aceptablemente argumentada; 4: respuesta reflexiva y crítica). En los protocolos de vaciado de los cuestionarios también se anotaron aquellas observaciones y comentarios que permitieran registrar detalles relevantes que aparecieran en las respuestas dadas por los alumnos.

Una vez establecidas las medias ponderadas en las respuestas dadas a cada pregunta según los cuatro valores, se compararon los resultados entre el cuestionario inicial y el final de cada uno de los casos. Con ello se pudo estimar la diferencia entre ambos resultados, y, por tanto, la efectiva mejora en la comprensión y en el progreso en las formas de argumentar sobre cada tema. Un resumen de los resultados de esos cuestionarios se incluye en el siguiente apartado.

4. RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS EN LAS AULAS

Aquí se hace referencia a los resultados de las 44 experiencias con casos simulados que participaron en el proyecto en las Comunidades de Asturias, Baleares, Castilla-León, Cataluña, Galicia, Madrid y País Vasco. Las categorías de análisis que usaremos recogen los aspectos contenidos en el guión, que ya ha sido descrito, siguiendo una perspectiva hermenéutica y la de los estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad.

En la tabla 1 se recoge la distribución de los casos por centro docente. El del SIDA, que no fue diseñado para este proyecto, se incluye igualmente dado que algunos docentes lo llevaron al aula en el mismo período y con las mismas condiciones con las que se desarrollaron los otros cinco casos.

TABLA 1
Centros, docentes y casos

Centro docente	Docente	Caso simulado
I.E.S. Juan José Calvo Miguel, Sotrondio	Ana Rosa Frechilla García	Plataformas petrolíferas
I.E.S. Pravia, Pravia	Arabela Carranza Herrero	Plataformas petrolíferas
I.E.S. Juan José Calvo Miguel, Sotrondio	Cristina Lejarza Portilla	Plataformas petrolíferas; Cocina de Teresa
I.E.S. Xunqueira II, Pontevedra	Andrés Tomé Díaz	Plataformas petrolíferas
I.E.S. Galileo Galilei, Navia	María del Carmen Baruque Calzada	Plataformas petrolíferas
I.E.S. Sánchez Lastra, Mieres	Jesús Rosales Pardo	Plataformas petrolíferas
I.E.S. Selgas, Cudillero	Luis Eloy Fernández García	Plataformas petrolíferas
I.E.S. Politécnic, Palma de Mallorca	Jesús Duque Macías	Plataformas petrolíferas
I.E.S. N.º 5, Avilés	Mariano Martín Gordillo	Plataformas petrolíferas; Cocina de Teresa; SIDA
I.E.S. Investigador Blanxart, Tarrasa	Manoli Narváez Ferri	Plataformas petrolíferas
I.E.S. Villa de Vallecas, Madrid	Ladislao Martínez López	Plataformas petrolíferas
I.E.S. Tapia de Casariego, Tapia de Casariego	Mónica Rodríguez Marcos	Plataformas petrolíferas; Cocina de Teresa
I.E.S. Calderón de la Barca, Gijón	María Viejo	Plataformas petrolíferas; Ahormada
I.E.S. Atenea, Fuenlabrada	María Dolores Castro	Plataformas petrolíferas

TABLA 1
Centros, docentes y casos (cont.)

Centro docente	Docente	Caso simulado
I.E.S. Universidad Laboral, Gijón	Victoria Valdés	Plataformas petrolíferas
I.E.S. El Olivo de Plata, Parla	Andrés García Ruiz	Ahormada
I.E.S. Alameda de Osuna, Madrid	Julián Arroyo Pomeda	Ahormada
I.E.S. Baix Montseny, Sant Celoni	Francesc Vilalta Roig	Ahormada
I.E.S. Elgoibarko Herri Institutua, Elgóibar	Miren Apalategui / Iñaki Odriozola	Ahormada
I.E.S. Gabriel García Márquez, Madrid	Antonio Olivares Menéndez y Nieves Gómez Vilaseca	Cocina de Teresa
I.E.S. Elisa y Luis Villamil, Vegadeo	Emilio Ángel García	Cocina de Teresa
I.E.S. Baldiri Guilera, El Prat de Llobregat	Joaquín Mestres	Cocina de Teresa
I.E.S. Corvera, Corvera	Juan Carlos González Galbarte	Cocina de Teresa
I.E.S. Felipe II, Madrid	Elisa Favaro Carbajal	El contrato del dopaje
I.E.S. Comendador Juan de Távora, Puertollano	Josué Barba Martín	El contrato del dopaje
Colegio Concertado San Vicente, Madrid	Leticia Cariño Fraise	El contrato del dopaje
I.E.S. Antonio Machado-Meco, Meco	Soraya García Nogales	El contrato del dopaje
Colegio San Juan Bautista «Salesianos de Estrecho», Madrid	Raúl García Briongos	El contrato del dopaje
I.E.S. Usandizaga-Peñaflorida-Amara, San Sebastián	Miguel Mori	El contrato del dopaje
I.E.S. Sant Josep de Calassanç, Barcelona	Miquel Nistal	El contrato del dopaje
I.E.S. Pintor Luis Sáez, Burgos	Rafael García Romero	El contrato del dopaje
I.E.S. N.º 5, Avilés	Ángel Camacho Álvarez	SIDA; Cocina de Teresa; Plataformas
Facultad de Humanidades y Educación, Universidad de Burgos, Burgos	Jesús Ángel Meneses Villagrá	La controversia de las antenas de telefonía móvil

Algunos docentes experimentaron en sus aulas más de un caso en el mismo centro. En otras ocasiones lo hicieron con el mismo caso en diferentes grupos de alumnos; de ahí que el número de experiencias sobre las que se realizaron informes no coincida con el de centros educativos ni con el de docentes. En la tabla 2 se resumen los datos globales de los participantes con referencia al número de aulas en las que se experimentó cada caso, el de alumnos que intervino y los niveles educativos en que fueron desarrollados.

TABLA 2
Casos, alumnos y aulas

Casos	Alumnos participantes	Grupos
Plataformas petrolíferas: 17	294	ESO: 2; Bachillerato: 15
Ahormada: 5	91	Bachillerato: 5
Cocina de Teresa: 9	153	Bachillerato: 9
Contrato del dopaje: 8	167	ESO: 3; Bachillerato: 5
SIDA: 4	89	Bachillerato: 4
Antenas de telefonía móvil: 1	24	Licenciatura en Pedagogía (Universidad): 1
Total: 44	Total: 818	Total: 44 ESO: 5; Bachillerato: 38; Universidad: 1

Los casos simulados fueron experimentados en su mayoría en grupos de bachillerato (16-18 años), insertándose como unidades didácticas dentro de los currículos de diferentes materias. En lo que sigue se recogen algunos de los resultados extraídos de los informes siguiendo el ya comentado guión.

4.1 LA ELECCIÓN DEL CASO PARA EL AULA

Uno de los apartados más significativos en torno a los criterios para adoptar el enfoque CTS en la educación se corresponde con los elementos que señalan los docentes cuando deciden adoptar uno u otro

caso. Las diversas respuestas consignadas se pueden agrupar en tres bloques, según las justificaciones aportadas por los docentes:

- *Aspectos relacionados con el entorno*: básicamente de tipo ambiental (sobre todo el desastre del *Prestige*⁸) y económico (la coyuntura de la guerra contra Irak; las transformaciones productivas por agotamiento de los sectores tradicionales, el efecto de las migraciones en la composición del empleo); se presentó con mayor incidencia en las simulaciones sobre «Plataformas» y «Ahormada».
- *Aspectos vinculados con las asignaturas*: el caso se enlazaba a aspectos de contenidos y de métodos de trabajo en asignaturas como CTS, Filosofía, Geografía, Psicología, Tecnología, Educación Física y Ciencias. Se presentó con mayor incidencia en el caso del «Contrato del dopaje».
- *Tópicos contemporáneos*: por relacionarse con problemas socialmente relevantes y de actualidad, y que afectan a los alumnos. Se presentó con mucha frecuencia en el caso de «La cocina de Teresa».

En todas las experiencias los casos simulados fueron utilizados como injertos CTS, es decir, como añadidos temáticos relacionados con el desarrollo tecnocientífico de una materia. Ejemplos internacionales conocidos de esta línea de trabajo son los proyectos de elaboración de materiales educativos, tales como los de Science in a Social Context (SISCON), que muestran cómo se han abordado en el pasado problemas sociales vinculados con la ciencia y la tecnología, o cómo se ha llegado a cierta situación incierta en el presente. Así mismo, los casos permitieron abordar los dos grandes campos de una educación CTS: cuestiones científicas y tecnológicas relevantes que afectan a la sociedad, y análisis de los aspectos sociales y culturales de la ciencia y la tecnología (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003).

Como injertos CTS los casos simulados tienen una gran potencialidad, ya que sirven para aprender conceptos y métodos de análisis, para reflexionar sobre cuestiones morales, y para aprender a participar en el mundo tecnocientífico actual. También tienen plasticidad, como

⁸ Se trata del hundimiento, en noviembre de 2002, del petrolero *Prestige*, con miles de toneladas de petróleo.

se desprende de la interpretación de la tabla anterior, adaptándose a diversas materias, a diferentes jornadas, a las particularidades e intereses del alumnado, así como a los diferentes contextos.

4.2 LA PRESENTACIÓN DEL CASO

En la mayoría de las experiencias la noticia ficticia se presentó como si fuera real. Luego se aclaraba su carácter imaginario, sin que por ello se perdiera el interés despertado por el tema de la controversia. Con independencia de su carácter supuesto, la verosimilitud de la noticia resultó motivadora para que en el aula la simulación se comportara como un artefacto tecnológico, es decir, como un producto capaz de involucrar a agentes sociales y a redes sociotécnicas que utilizan conocimientos científico-técnicos, pero también juicios valorativos. Los alumnos sabían que la propuesta de instalación de plataformas petrolíferas podría ser real, o que una antena de telefonía móvil se podría llegar a instalar en su centro; de hecho, hay ejemplos reales de casos similares, con lo que el juego de la noticia ficticia es simplemente el detonante que permite el inicio del trabajo en el aula.

196

4.3 LA TEMPORALIZACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS

El trabajo de las simulaciones se estructuró en todos los casos siguiendo el orden propuesto en la guía didáctica. En términos generales, el trabajo se realizó entre 8 y 16 sesiones de 50 a 55 minutos cada una. Se comenzó siempre con la lectura y el análisis de la noticia ficticia, y se concluyó con el debate y la decisión final, seguida de una valoración del proceso.

La planificación y el correcto desarrollo de las actividades participativas son aspectos muy importantes para propiciar su utilidad en el aprendizaje de la participación social. Las actividades y los tiempos de un instrumento de participación pública real en decisiones tecnocientíficas, como son los congresos de consenso (*consensus conferences*), se limitan a tres días, aunque se celebran actividades y conferencias previas para informar a los participantes sobre el tema. Por ello, la planificación de las simulaciones de controversias CTS participativas, debiendo ajustarse a los condicionantes de los tiempos de las instituciones escolares, debe ser la adecuada para poder tratar con detenimiento el asunto sin llegar a provocar cansancio.

4.4 EL TRABAJO EN LOS EQUIPOS

El trabajo en los equipos comprende varios tipos de actividades: la investigación documental, la elaboración del informe y su exposición, y la participación en el debate. La labor en equipo permite el aprendizaje en red. Las redes explotan la diversidad de experiencias, de necesidades, de percepciones, de recursos, de visiones, etc., y operan como detectoras de nuevos problemas, perspectivas y soluciones. En las diferentes experiencias se observó que los grupos funcionaron como un espacio de negociación permanente, de entrenamiento mutuo y de aprendizaje común.

Con relación a la fase de investigación en los equipos, no se redujo a la documental; también hubo trabajo de campo para tomar datos de primera mano, v. gr., sobre los posibles efectos ambientales por la instalación de plataformas petrolíferas. Los problemas que se reseñaron durante la fase del trabajo en equipo se relacionaron con varios aspectos, que incluyeron desde las actitudes y la falta de hábitos que tienen los alumnos españoles en este tipo de actividades, hasta las dificultades en la lectura e interpretación de los textos, pasando por problemas circunstanciales como las huelgas por causas externas. Otro aspecto que presentó especiales dificultades fue el de la redacción original de los informes escritos, actividad cooperativa en la que también se manifestaron importantes carencias de experiencias previas. Las diferencias en la calidad de los informes no se asoció a los diferentes casos elegidos ni a las posibilidades que ofrecían los distintos actores de cada uno. Más bien consistieron en la propia implicación de los estudiantes que trabajaron en cada equipo, en apoyo prestado y en las orientaciones dadas por el docente, y, en menor medida, en el acceso a las fuentes de información y en las variables que explican las diferencias de calidad de los informes elaborados por cada equipo. Esta parte del trabajo demandó especial atención de parte de los profesores. Implicó al docente como un miembro activo de todos los equipos, actuando en funciones de asesoría, de orientación, de monitoreo para el seguimiento en el trabajo documental, y de contraste en la preparación de los argumentos. Allí donde el trabajo no fue muy supervisado y orientado por el profesor, los informes y la labor en equipo se dificultaron mucho más, lo que demuestra que las estrategias cooperativas, lejos de anular el papel del docente en el aula, exigen de él una nueva y más compleja profesionalidad, lo que quizá explica que no sean tan frecuentes en las formas habituales de enseñanza. En todo caso, el aprendizaje del trabajo en equipo es considerado por algunos autores como un requerimiento de la alfabetización científica y tecnológica (Giordan *et al.*, 1994).

4.5 LAS EXPOSICIONES Y LOS DEBATES

Las exposiciones constituyeron uno de los mayores desafíos del trabajo de los equipos. Según registran los docentes, las hubo de todas las características: desde las muy bien logradas, apoyadas en informes muy documentados, hasta otras de menor calidad pese al buen nivel del informe, y, en un reducido número, las que presentaron desafortunados resultados y no contaron con un buen informe. Ya en el debate la situación podía cambiar, pues no siempre un buen informe o una buena exposición garantizaron un buen desempeño de un actor social. Las habilidades retóricas que se ponen en juego en las actividades muy dialógicas tienen características singulares, para cuya preparación no resultan suficientes, con ser necesarios, los documentos sobre un tema y la preparación de una exposición oral.

Con relación a temas que se suscitaron en los diferentes debates, con frecuencia se analizaron situaciones de futuro. Por ejemplo, en el caso de las plataformas y de las energías renovables se planteó si tales alternativas podían llegar a sustituir en el futuro el papel actual del petróleo. El tema del futuro introduce la ética de la responsabilidad, que supone tener en cuenta la existencia de la naturaleza, ya que las acciones humanas, con la capacidad científico-tecnológica actual, inciden tanto en el presente como en el futuro. Es el futuro indeterminado, más que el espacio contemporáneo de la acción, el que nos proporciona el horizonte de la responsabilidad (Jonas, 1995).

198

En términos generales, tampoco se puede considerar que haya buenas o malas exposiciones y debates, debido a las características y al juego que ofrece un determinado actor social o una u otra simulación. La diversidad de comportamientos mostró una característica muy importante en torno a las controversias tecnocientíficas. El juego de las controversias permitió ver la *flexibilidad interpretativa*, es decir, las diversas interpretaciones de un mismo hecho científico o de un diseño tecnológico.

4.6 LAS DECISIONES AL FINAL DE CADA CASO SIMULADO

Las decisiones que se tomaron en las diferentes experiencias fueron distintas de un aula a otra, incluso en el mismo caso simulado. Por ejemplo, en el de las plataformas petrolíferas, en ocho de las aulas se aprobó su instalación, y también en ocho se rechazó, mientras que una aplazó la decisión.

Que un mismo caso tenga en diversas experiencias diferentes respuestas, a veces a favor y otras en contra, concuerda con lo planteado sobre la flexibilidad interpretativa, y, sobre todo, con la noción de infra-determinación. Este término se refiere al modelado de los factores contextuales propios del proceso tecnocientífico en juego. Dicho modelado social consiste en que, a partir de los diversos datos de una evidencia empírica, es posible tener diversas aproximaciones tecnocientíficas que pueden ser igualmente satisfactorias, y que, por tanto, requieren del concurso de valores y de intereses externos a la propia ciencia para zanjar la incertidumbre presentada (López y González, 2002). En el caso de las simulaciones, eso significa que diversos actores sociales pueden tener criterios tecnocientíficos asimismo válidos y satisfactorios, por lo que tomar decisiones excede este carácter técnico para concentrarse en motivaciones de tipo ético, valorativo o con diversos intereses sociales. Es por eso por lo que la participación informada de los profanos resulta tan relevante para dar legitimidad democrática a las decisiones.

Por último, hay que señalar que cuando se aprobaban las propuestas, por ejemplo la instalación de las plataformas, los alumnos abogaban por decisiones tecnológicas abiertas y por desarrollos tecnológicos sensibles al medio ambiente y a las personas. Este hecho es muy importante, porque se relaciona con la búsqueda de una tecnología más amigable o participativa. Y participativa en dos sentidos. En primer lugar, porque incorpora a las personas, aceptando el hecho de que sus respuestas hacia una tecnología son diferentes y trascendentes. En segundo lugar, por la posibilidad de incorporar a la naturaleza en un sentido creativo en la búsqueda de soluciones tecnológicas que den cuenta de la propia naturaleza (Pacey, 1999).

Se puede considerar que la clausura en las simulaciones se dio en la mayor parte de las experiencias por la redefinición del problema (Bijker, Hughes y Pinch, 1987), es decir, las propuestas iniciales que dieron lugar a las simulaciones fueron modificadas y matizadas en direcciones más cercanas a las personas y a la naturaleza. Por otro lado, las decisiones quedaron abiertas, lo que significó disminuir la tendencia a la irreversibilidad o al atrincheramiento de la tecnología.

4.7 LA EVALUACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS

El proceso de evaluación llevado a cabo a lo largo de la simulación comprendió tres dimensiones. La primera consistió en los comen-

tarios cualitativos del docente en temas relacionados con el alumnado, con los materiales, con el proceso, con las recomendaciones, así como con las nuevas apuestas de la educación CTS en las que estaría dispuesto a participar. La segunda se basó en el análisis obtenido de las respuestas al cuestionario inicial y final diseñado para cada caso. La tercera correspondió al examen de las valoraciones que hicieron los propios alumnos del desarrollo en su aula del caso simulado en el que participaron.

La evaluación de los docentes

En todos los casos la valoración general que hicieron los docentes fue muy favorable a la didáctica de las simulaciones CTS. Se pudieron diferenciar tres tipos: la que reportaron los docentes sobre el alumnado, la que efectuaron sobre los materiales y la del proceso en general.

En el primer caso, los docentes comentaron que la simulación les había gustado y que les había servido. Incluso fueron muchos los testimonios en favor de realizar una nueva simulación, al considerarla una experiencia grata y positiva. Con relación a los materiales, señalaron que favorecían la búsqueda de documentos, posibilitando incidir en aquellos aspectos que se apreciaron como más relevantes. También consideraron que el diseño de los materiales de los casos permitió economizar tiempo y esfuerzos, que fueron adecuados, y que requirieron poco esfuerzo para su adaptación. El esfuerzo se concentró sobre todo en ampliarlos con nueva bibliografía, y, en algunos casos, en traducirlos, en concreto al eusquera. En general, los materiales permitieron adaptaciones, cambios y ajustes en función del alumnado, de las características del entorno y del currículo, de manera que se les pudiera sacar el mayor provecho.

La evaluación del cuestionario inicial y final

Como se ha comentado, en cada uno de los casos simulados se suministró a los alumnos el cuestionario inicial y final. Dicho cuestionario comprendió 10 preguntas diferentes de acuerdo con el caso, algunas de orden conceptual y otras de tipo valorativo, incluyendo en estas últimas otras interrogaciones más enfocadas a temas contextuales.

Una vez establecidas las medias ponderadas por cada pregunta según los cuatro valores (1, 2, 3, 4), tal como se comentó en el apar-

tado anterior, se compararon los resultados entre el cuestionario inicial y final de cada caso. Por ejemplo, para «La cocina de Teresa» se llevaron a cabo nueve experiencias en aulas, en las que 153 alumnos contestaron el cuestionario inicial y 148 el final. Los valores medios obtenidos se describen en la tabla 3:

TABLA 3
«La cocina de Teresa»
Comparación entre cuestionario inicial y final

Pregunta	Media cuest. inicial	Media cuest. final	Media progreso
1	2,477	2,966	0,489
2	2,431	3,014	0,583
3	2,183	2,581	0,398
4	1,889	2,615	0,726
5	2,405	2,500	0,095
6	2,588	2,730	0,142
7	2,294	2,655	0,361
8	1,928	2,446	0,518
9	2,372	2,518	0,146
10	2,595	2,932	0,337

En todos los casos, los valores medios del cuestionario final fueron superiores a los del inicial, es decir, en todas las preguntas hubo progresos en el conocimiento de los temas y en la forma de argumentar sus implicaciones valorativas. En total se evaluaron 1.463 cuestionarios, de los cuales 746 correspondieron a iniciales y 717 a finales.

Tales resultados coincidieron con lo que en el ámbito internacional se constata sobre las virtudes de los cursos CTS: alumnos con problemas en las asignaturas de ciencias aprenden conceptos científicos útiles a partir de este tipo de abordajes; el aprendizaje de temas científicos es más fácil, debido a que el contenido está situado en el contexto de cuestiones familiares y se relaciona con experiencias extraescolares de los alumnos; y la labor académica está vinculada directamente con el futuro papel de los estudiantes como ciudadanos (Waks, 1990).

La evaluación del alumnado sobre los casos simulados

Sobre la base de una encuesta que rellenaron de forma anónima 681 de los alumnos, se pudieron valorar sus opiniones como participantes en los casos simulados en aspectos como las temáticas, los recursos, el trabajo en equipo, el informe, la exposición y el debate, la evaluación, el profesorado y el conjunto de la clase. Siguiendo una metodología descriptiva y por encuesta, con el apoyo de un programa estadístico (el SPSS versión 11.0), se pudo valorar el nivel de satisfacción de los estudiantes en cada uno de los aspectos referidos.

Los estadísticos descriptivos obtenidos para cada uno de los aspectos analizados con la escala de 0 a 10, permiten hablar de una alta consideración de los estudiantes sobre la experiencia realizada. Los valores de la media aritmética fueron superiores a 6 en todos los temas. Las más elevadas correspondieron a la *satisfacción de trabajar en equipo* (media de 8.00, $S_x=1.88$), a la *complacencia por la coordinación del aula realizada por el profesor* (media de 7.89, $S_x=1.58$), y a *su labor como guía y orientador de la actividad realizada* (media de 7.79, $S_x=1.67$). Por otra parte, el *trabajo del conjunto de la clase* y el *interés del tema tratado* resultaron también muy satisfactorios para los estudiantes (media de 7.72, $S_x=1.55$ y de 7.48, $S_x=1.72$, respectivamente).

202

En la mayoría de los temas analizados la opinión de los alumnos coincidió, si bien en algunos discrepó más que en otros. Por ejemplo, en la *satisfacción con la participación personal en la exposición y en el debate* se obtuvo la desviación típica más alta (2.25), seguida de la *satisfacción con la noticia ficticia* (desviación típica de 2.14). La *actuación del profesorado* como coordinadora de la experiencia y como orientadora del proceso de aprendizaje –aspectos muy valorados por los estudiantes–, tuvo importantes implicaciones para la propia satisfacción del profesorado. Desarrollar este tipo de metodología de trabajo en equipo requirió un importante esfuerzo y dedicación del profesorado, y en sus valoraciones los alumnos lo supieron reconocer.

4.8 VALORACIÓN GENERAL DE LA EXPERIENCIA

Para terminar, cabe destacar algunos aspectos de los informes de los docentes relativos a la valoración general de la experiencia. En general, coincidieron en su complacencia por la experiencia con los casos, teniendo en cuenta los planteamientos metodológicos, los objeti-

vos, y una visión global sobre lo que debe ser CTS en la enseñanza media. Señalaron la experiencia como enriquecedora, ante todo porque ayudó a acercar la ciencia y la tecnología a estudiantes que, muchas veces, no están interesados por dichas disciplinas. A través de los casos, próximos o distantes del entorno de los estudiantes, se pudo destacar cómo repercuten los avances científicos y tecnológicos en la sociedad, cómo cambia ésta, y cómo es necesario que todos los ciudadanos estemos informados para reclamar participación en la toma de decisiones.

Los docentes destacaron la importancia que tuvo el taller presencial como referencia para el desarrollo de las propuestas. La posibilidad de asumir ciertos papeles y de ponerse en el lugar de los alumnos/as facilitó la labor del docente, y permitió analizar con detenimiento las dificultades a las que se puede enfrentar en cada caso particular. Sin duda, para enseñar a participar es necesario aprender antes a participar; ese fue el objetivo de los talleres presenciales, e, incluso, de todo el proyecto.

Por último, se comentó con insistencia el interés de la mayoría de los docentes por participar en el diseño de nuevos casos. En los informes realizados a partir de los guiones, se comentó la intención de proponer nuevos casos con materias diferentes, mediante un equipo de profesores que trabajara coordinadamente, o bien bajo temas integradores. Fueron diversas las ofertas de colaboración por los docentes que participaron en las experiencias. Esta actitud mostró que el desarrollo del proyecto había servido para crear una red de docentes con inquietudes hacia estas fórmulas participativas de educación tecnocientífica. Sin duda, su continuación deberá propiciar la ampliación y consolidación de esa red, y el apoyo a las iniciativas de diseño y difusión de nuevos materiales que favorezcan los procesos de enseñanza-aprendizaje participativos.

5. CONCLUSIONES

Las experiencias con los seis casos simulados que se practicaron en 44 aulas españolas durante el primer semestre del 2003, permiten pensar que este modelo de educación CTS resulta una alternativa útil para la renovación de la educación tecnocientífica. Su variedad temática, la flexibilidad de las propuestas de trabajo y su posibilidad de uso como injertos que se pueden integrar en diversas disciplinas, hacen de los casos simulados CTS una opción interesante y viable para incor-

porar a la educación tecnocientífica actividades dialógicas que propicien el aprendizaje de la participación en controversias ciudadanas en torno al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Los casos simulados CTS hacen posible la implicación personal y directa de los alumnos en temas tecnocientíficos 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 la participación directa de los escolares en ejercicios de participación pública sobre controversias tecnocientíficas análogos a los propios de la vida social, a través de situaciones manejables.

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 distintos contextos educativos (como injertos de temas CTS complementarios a los currículos de las materias de ciencias, como proyectos sistemáticos que reformen de manera más radical las prácticas de enseñanza en clave CTS, como actividades para la formación y sensibilización de los docentes...). A la vista de los resultados de este proyecto, puede señalarse que la propuesta de educación CTS con casos simulados favorece:

- Un aprendizaje de los contenidos de ciencia y tecnología en contexto social. Los casos simulados permiten aprender contenidos de ciencia y tecnología en estrecha relación con el propio contexto social en el que se hacen significativos, superando la tendencia tradicional de que la enseñanza de tales contenidos se haga al margen de referencias a los contextos sociales, o a que queden reducidos a una mera ilustración de los efectos o aplicaciones que pueden tener los resultados de la ciencia y la tecnología.
- Una percepción más ajustada de la actividad tecnocientífica, que incluye la presencia en ella de aspectos valorativos. Con los casos simulados se pone de manifiesto la figura de los aspectos valorativos en el propio desarrollo de la actividad científica y tecnológica, superando la habitual imagen neutra de sus contenidos y de sus procesos.

- Una consideración más ajustada de los vínculos existentes entre la investigación básica y el desarrollo práctico. En los casos simulados se hace patente la estrecha relación entre ciencia y tecnología, superándose la clásica escisión educativa entre teoría y práctica, así como la habitual idea de prioridad de la primera sobre la segunda.
- Una conciencia de la necesidad de que los no expertos también participen en las decisiones de política científica. En los casos simulados es esencial la voz de los no expertos en las decisiones relacionadas con el gobierno y el control de la ciencia y la tecnología, lo que significa superar en el aula la habitual primacía del discurso del experto (el docente) sobre la posibilidad de que el profano (el alumno) aprenda a construir su propio discurso.
- Un aprendizaje de las disciplinas tecnocientíficas en interacción efectiva con los campos propios de las disciplinas sociales. Con el trabajo interdisciplinario de los casos simulados es más fácil mostrar la íntima relación entre las disciplinas sociales y las tecnocientíficas, superando la vieja escisión entre las dos culturas que tan intensa presencia ha tenido en la organización de las instituciones educativas.
- Una incorporación de la dimensión creativa y lúdica al aprendizaje de los contenidos tecnocientíficos, lo que no es más que reivindicar la propia esencia de la actividad creadora propia de la ciencia y la tecnología, pero que muchas veces ha estado ausente de una enseñanza de las ciencias y las tecnologías más orientada a la reproducción de los saberes establecidos que al desarrollo de las capacidades para que los alumnos aprendan a indagar, a apropiarse y a construir nuevos saberes, algo que resulta esencial en las propuestas participativas de los casos simulados.

Como se ha dicho, el proyecto que centra los contenidos de este artículo supone una apuesta por renovar en clave participativa no sólo las actividades de aula a partir de materiales didácticos que lo promuevan, sino el propio desarrollo curricular y la formación de los docentes, que, con sus prácticas, son quienes hacen efectivas las propuestas de renovación educativa. Por eso, frente a una formación docente teóri-

ca y discursiva, en este proyecto se ha defendido otra más ligada a la práctica y más atenta a los problemas cotidianos que plantea la gestión de un aula participativa. Frente a un desarrollo curricular reducido a la contextualización o ejemplificación de lo previsto en las prescripciones normativas, este proyecto ha apostado por otro más flexible, autónomo y cooperativo, para que los docentes puedan hacerse responsables de los currículos que se llevan a cabo en sus aulas. Frente a unos materiales didácticos rígidos, secuenciales y cerrados, los que se han experimentado en este proyecto tienen un diseño flexible que permite la articulación de redes multidireccionales, combinando el sistematismo –que hace coherentes las actividades del aula–, con la apertura para dejar que su uso sea algo vivo y participativo.

El trabajo con simulaciones CTS y la articulación de una red de docentes dispuesta a cooperar en su desarrollo, suponen una apuesta por renovar las prácticas de enseñanza en clave participativa como condición para hacer útil la educación tecnocientífica en la formación de la ciudadanía democrática.

La participación y la cooperación en el aula mantienen una relación con la enseñanza de los contenidos científicos y tecnológicos más estrecha que la que hay entre medios y fines. Las actividades participativas y dialógicas, siendo útiles para el aprendizaje de esos contenidos, son más que meros instrumentos para dichos fines. Por otra parte, el aprendizaje conceptual de los contenidos tecnocientíficos, siendo necesario para una participación responsable de la ciudadanía en las decisiones sobre el desarrollo tecnocientífico, no es suficiente para garantizar que existe una formación que hace posible la participación democrática. La relación entre educación tecnocientífica y participación ciudadana debe ser mucho más estrecha de lo que supone considerar que cada una es un medio para la otra. La educación tecnocientífica debe ser útil para promover un tipo de ciudadanía capaz de conocer las claves del mundo actual, de manejarse con autonomía ante diferentes problemas, y de participar en las decisiones relacionadas con el control y el gobierno de la ciencia y la tecnología. Por ello, no cabe separar la participación de las prácticas cotidianas de enseñanza de las ciencias y las tecnologías. Quizá el principal valor de la educación científica y tecnológica sea el que derive de nuestra capacidad para educar a participar en ciencia y tecnología.

ANEXO

«Desarrollo de nuevos materiales y nuevas técnicas didácticas para la difusión de la ciencia y la tecnología con enfoque CTS en educación secundaria». Proyecto seleccionado y financiado por la Fundación Española de Ciencia y Tecnología.

- **Instituciones**
 - Observatorio para la Difusión de la Cultura Científica.
 - Universidad de Oviedo.
 - Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- **Director**
 - José Luis Sampedro
- **Coordinador de investigación**
 - José Antonio López Cerezo
- **Coordinador académico**
 - Mariano Martín Gordillo
- **Materiales**
 - Autoría*
 - «La cocina de Teresa»: Mariano Martín Gordillo
 - «Ahormada: una controversia urbana»: Juan Carlos González
 - «El contrato del dopaje»: Ángel Camacho
 - «La polémica de las antenas de telefonía móvil»: Grupo Argo
 - «Las plataformas petrolíferas»: Grupo Argo
 - Diseño y maquetación*
 - Joaquín Asenjo y Óscar Macías
 - Coordinación*
 - Juan Carlos Toscano Grimaldi: OEI
- **Actividades presenciales**
 - Coordinación de reuniones preparatorias y del seminario final*
 - José Antonio López Cerezo
 - Coordinación de talleres*
 - Madrid: Mariano Martín Gordillo, Juan Carlos González Galbarte y Ángel Camacho Álvarez

- Barcelona: Mariano Martín Gordillo y Ángel Camacho Álvarez
- San Sebastián: Juan Carlos González Galbarte y Ángel Camacho Álvarez
- Oviedo: Mariano Martín y Carlos Osorio

- **Gestión**

- Mencía Muro y Carmen Pérez Tabares

- **Aula virtual**

Soporte y diseño

- Joaquín Asenjo y Óscar Macías

Coordinación

- Francisco Lupiañez

- **Evaluación final**

- Análisis de los informes de los docentes: Carlos Osorio M.
- Análisis de las encuestas inicial y final: Grupo Argo
- Análisis de las valoraciones de los alumnos: Raquel Amaya Martínez González y Beatriz Rodríguez Ruiz

- **Informe final**

- Carlos Osorio M. (Universidad del Valle, Colombia)

- **Docentes que han participado en las experiencias del proyecto**

- Miren Apalategui, Julián Arroyo Pomedá, Josué Barba Martín, María Carmen Baruque Calzada, Ángel Camacho Álvarez, Leticia Cariño Fraisse, Arabela Carranza Herre-ro, María Dolores Castro, Jesús Duque Macías, Elisa Favaro Carbajal, Luis Eloy Fernández García, Ana Rosa Frechilla García, Emilio Ángel García, Raúl García Briongos, Soraya García Nogales, Rafael García Romero, Andrés García Ruiz, Juan Carlos González Galbarte, Nieves Gómez Vilaseca, Cristina Lejarza Portilla, Mariano Martín Gordillo, Ladislao Martínez López, Jesús Ángel Meneses Villagrà, Joaquín Mestres, Miguel Mori, Manoli Narváez Ferri, Miquel Nistal, Iñiqui Odriozola, Antonio Olivares Menéndez, Mónica Rodríguez Marcos, Jesús Rosales Pardo, Andrés Tomé Díaz, Victoria Valdés, María Viejo y Francesc Vilalta Roig.

BIBLIOGRAFÍA

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», en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2), <<http://www.saum.uvigo.es/reec/>>.

BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P. y PINCH, T. (eds.) (1987): *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, Mass., MIT Press.

BUSH, V. (1945): *Science. The Endless Frontier*, Washington D.C., National Science Foundation.

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].

CALLON, M. (1986): «Algunos elementos para una sociología de la traducción: la domesticación de las vieiras y los pescadores de la bahía de St. Brieu», en J. Manuel Irazo *et al.* (coord.), *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid, CSIC (1995), pp. 259-282.

DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (2003): «Educación científica: el regreso del ciudadano y de la ciudadana», en *Revista electrónica Enseñanza de las Ciencias*, 2003, 21 (1), pp. 3-20.

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

GIORDAN, A. *et al.* (1994): *L'alphabétisation scientifique et technique, XVI Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles*, París, Universidad de París VII.

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].

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CERERO, J. A. y LUJÁN LÓPEZ, J. L. (1996): *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Barcelona, Tecnos.

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

— (2003b): *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].

JONAS, H. (1995): *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, Barcelona, Herder.

LÓPEZ CERERO, J. A. y LUJÁN, J. L. (2000): *Ciencia y política del riesgo*, Madrid, Alianza Editorial.

LÓPEZ CERERO, J. A., y GONZÁLEZ, M. I. (2002): *Políticas del bosque*, Madrid, Cambridge University Press y OEI.

MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, Á. 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 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].

— (2001): *AIDS-2001: La vacuna contra el SIDA. Simulación educativa de un caso CTS sobre la salud*, Madrid, OEI.

MARTÍN GORDILLO, M., OSORIO, C. y LÓPEZ CEREZO, J. A. (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 línea en <<http://www.campus-oei.org/salactsi/mgordillo.htm>>.

PACEY, A. (1999): *Meaning in Technology*, Cambridge, The MIT Press.

WAKS, L. (1990): «Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales», en M. Medina y J. Sanmartín (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad. Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthropos.