

Los valores en la enseñanza de las ciencias

Jordi Solbes

En este trabajo mostramos las finalidades iniciales de la ciencia, así como las tres posturas éticas sobre la ciencia: aquellos que la consideran buena, una mayoría que la consideran neutra y, por último, los que la consideran mala. Hemos encontrado semejanzas entre estos valores y finalidades y los de la enseñanza de las ciencias. Así, respecto a los valores en la enseñanza de las ciencias encontramos que la gran mayoría opta por la neutralidad. Aunque esto no quiere decir que no se enseñen valores porque existe el currículum oculto.

Palabras clave: Ciencias experimentales, Enseñanza, Ética, Valores, Didáctica de las ciencias

The multicultural teaching of experimental sciences

In this article we reflect on the new tendency in the teaching and learning of the sciences, the causes of their origin, and the positions on this held by important professional associations. We then present a selection of activities to illustrate this curricular orientation and finally we consider the interest that this may have for the Spanish context.

Los valores parecen ser temas tabú para los científicos, porque oscilan entre la Escala del subjetivismo y el Caridbis del relativismo. Esto puede deberse a que antaño la ética se fundamentaba en un principio de obediencia a la autoridad, ya sea de los dioses, del gobierno o de la costumbre. Como estos eran distintos en cada grupo o sociedad, nos veíamos abocados a los problemas antes mencionados. Actualmente, el proceso de globalización que existe en el mundo, esta llevando a plantear éticas mundiales, que puedan ser compartidas por el mayor número de habitantes del planeta. Son éticas con principios sencillos: el mayor bien común (o público) para el mayor número (Russell 1974). Consideran que los derechos humanos, la democracia, la libertad, la justicia, etc., no son sólo conquistas occidentales sino de toda la humanidad. Además tienen en cuenta los deseos de las personas y las discordancias entre ellos. Así, se considera mejor el deseo de conocer que el deseo de poseer bienes y poder, porque el primero se obtiene sin desposeer de el a otro y, por contra, los otros dos sólo pueden satisfacer a una minoría y son fuentes de conflicto.

Por otra parte, a los investigadores en didáctica de las ciencias este tema nos obliga a abandonar nuestra bibliografía usual (centrada en aspectos de epistemología de las ciencias y psicología del aprendizaje) y a utilizar referencias de sociología e historia de la ciencia, de ética, etc., que son las únicas que nos pueden aportar ideas al respecto, como veremos a continuación. Y, aunque queramos dejarlo de lado, no hay que olvidar que todos estamos haciendo juicios éticos a cada instante, aplicando los terminos de correcto o bueno o de incorrecto a malo a acciones, cualidades, etc. y que el análisis ético es, simplemente, el análisis consciente de las justificaciones de nuestras decisiones (BSCS y AMA, 1994)

Finalidades y valores en la ciencia

Si aplicamos esto a la ciencia parece fácil hablar de la responsabilidad moral del científico o de la ética de aplicaciones científicas (por ejemplo, la bioética), pero nos encontramos con que es difícil decir si son buenas o malas la teoría de la gravitación o la teoría de la evolución.

Sin embargo, se puede hablar de ética de unos contenidos o teorías si se tiene en cuenta que toda actividad puede ser definida por la finalidad que se propone (Chalmers 1992), completada con los resultados o consecuencias que realmente consigue. Así, cualquier actividad social (y la ciencia lo es) se caracteriza por tender a la consecución de unos bienes internos que dan sentido a la actividad. Estas actividades permiten, a su vez, conseguir unos bienes externos, que son comunes a diversas actividades y no se pueden atribuir a ninguna en particular (como el dinero, el prestigio o el poder). Cuando los que participan en esas actividades dejan de buscar los bienes internos y la desarrollan exclusivamente por los externos, la actividad pierde su ética, su legitimidad, se corrompe.

Por lo tanto, el problema estriba en determinar cuáles son las finalidades (o bienes internos) de esa actividad denominada ciencia. En los inicios de la revolución científica, Francis Bacon, Descartes, Galileo y otros, asignaron dos fines a la ciencia: el conocimiento de la naturaleza y la utilidad. En los Estatutos de la Royal Society de 1663 se señala que su objetivo es:

Mejorar el conocimiento de los objetos naturales, de todas las artes útiles, las manufacturas, las prácticas mecánicas, las máquinas y los inventos por medio de la experimentación (sin tratar de Teología, Metafísica, Moral, Política, Gramática,

Retórica y Lógica) (citado en Bernal 1976).

Podemos observar que se separa la ciencia del mundo de los valores (ética) y del arte (estética). Esto se realiza por dos motivos: a) la necesidad del método científico de apartar lo no incluido en él, es decir "aquello que no se puede medir, pesar, comprobar, observar y razonar lógicamente a partir de experimentos"; b) la evitación de conflictos con la Iglesia (los problemas de Giordano Bruno, Galileo y otros, estaban muy presentes), estableciendo un claro criterio de demarcación: se acota una región accesible a la ciencia, y otra, la de la pasión, la voluntad y la fe, que pertenece al reino de la religión.

Normalmente, respecto a la ética de la ciencia encontramos tres posturas. Las dos primeras suelen corresponder a miembros de la comunidad científica:

1. Para algunos la ciencia es buena porque sus finalidades, conocimiento y utilidad, lo son. Además, con Galileo, Darwin, etc. contribuyeron a la destrucción de mitos y fanatismos que obstaculizaban una mayor racionalidad en la sociedad humana. Por ello no es de extrañar que la ciencia fuese uno de los mayores apoyos del ideal de progreso decimonónico. Así, un miembro de la Convención francesa afirmaba: "No olvidemos que mucho antes que nosotros la ciencia y la filosofía lucharon contra la tiranía. Y que sus esfuerzos constantes hicieron la revolución. Nosotros como hombres libres y agradecidos, hemos de establecerlas y conservarlas para siempre. Porque la ciencia y la filosofía mantendrán la libertad que hemos conseguido" (citado por Martínez Bonafé 1985).

2. Una idea más extendida en la actualidad es la de la neutralidad de la ciencia, que no tienen nada que ver ni con valores ni con opciones políticas e ideológicas. Así, se nos dice que la teoría de la relatividad o la invención del transistor son independientes del humanismo democrático de Einstein y del conservadurismo y racismo de Shockley. Por tanto, la ciencia es un instrumento, no hay nada que obligue a usarla en un sentido u otro. Son sus usos, aplicaciones, que dependen de las finalidades o intereses de quien las utiliza y de quien las financia (empresas, Estado) los que son malos (o buenos). Es decir, la ciencia no da los fines, se contenta con prescribir los medio. Da poder al hombre pero no le dice como usarlo.

3. Finalmente, existe una actitud que considera negativa a la ciencia, iniciada por Rousseau en su *Discurso sobre las ciencias y las artes*, que no niega la validez de la ciencia, sino que afirma que el conocimiento científico es contrario a la felicidad humana. En términos actuales, ¿valen la pena las ventajas de la ciencia (en medicina, transportes, agricultura, etc.) si van acompañadas de bombas atómicas, contaminación, etc.? Es mucho más fácil convencer a la gente de que la ciencia es perversa que convencerla de que es falsa.

Otra línea crítica de la ciencia y la tecnología señala que la ciencia moderna esta ligada al nacimiento del capitalismo y al ascenso de la burguesía y comparte con ella el deseo de dominar, explotar y manipular la naturaleza y los hombres (Habermas 1992). De ahí a plantear la perversidad intrínseca de la ciencia y la tecnología hay un paso, que algunos autores dan hablando de la "cienciatecnocracia" actual y de sociedades futuras análogas a *Un mundo feliz* de Huxley. Otra versión de esta línea es la que señala que las finalidades y la orientación de la ciencia y la tecnología están determinadas por las instituciones que las financian.

Respecto a estas tres posturas podemos señalar que la primera de ellas ha sido superada desde la participación creciente de la ciencia en las guerras de este siglo y el desarrollo de la conciencia ecológica a partir de 1968. Pese a todo algunos autores señalan que la ciencia ha dejado de ser positiva porque ha sido domesticada por el sistema en beneficio propio y privada así de su capacidad crítica.

La segunda postura tampoco parece correcta, porque la ciencia y los científicos siempre están inmersos en la sociedad, en instituciones (empresas y ministerios) con intereses determinados (beneficio privado, defensa, etc). En consecuencia, la ciencia tiene tanta neutralidad como quienes la usan, o sea ninguna. Por otra parte, esos intereses o finalidades externas pueden llegar a prevalecer sobre las finalidades propias de la ciencia, el conocimiento de la naturaleza y el bien público.

En otras palabras, en la ciencia y la tecnología los intereses, los valores, están ya presentes desde el mismo comienzo en la definición del problema que se quiere resolver, en los objetivos de la investigación. Esto condiciona los conocimientos que se obtienen, los equipamientos necesarios e, incluso, los valores de los científicos que participan. Así, a los Estados Unidos y Rusia les resulta problemático que los conocimientos, investigaciones y laboratorios usados en I+D militar sean utilizados en la I+D civil. De hecho muy pocas patentes de I+D militar se utilizan en la industria civil. Esto se atribuye a que la I+D militar está más preocupada por el desarrollo del producto que por el perfeccionamiento del proceso de producción. Es decir, las fuerzas armadas están interesadas en productos de elevada precisión y en pequeño número, por lo que cada vez es más difícil encontrar aplicaciones de tales productos en el mercado civil.

Y aunque los párrafos anteriores parecen alinearse con la tercera postura, ahora creemos necesario criticar el determinismo sociológico subyacente a la misma. Conviene no olvidar que el desarrollo de la ciencia (y de la tecnología) esta influenciado (pero no determinado) por la sociedad de la que forma parte. Pero, por otra parte, es evidente que gozan de una gran autonomía. Una prueba de ello es que la ciencia y la tecnología, progresan, en cierta medida, a partir de su desarrollo interior, de su grado de complejidad, del conocimiento acumulado, etc. Por mucho que exista una gran demanda de soluciones a cierto tipo de problemas, no se producen avances si el nivel de conocimientos no es el adecuado (Bernal 1976). También existe una gran autonomía en la evaluación científica, es decir, en los criterios mediante los cuales la comunidad científica considera unos determinados conocimientos como probados. En efecto, si sólo prevaleciesen los intereses económicos y políticos nunca se hubiera conocido que el tabaco produce cáncer, que la radiactividad es perjudicial, que el dióxido de carbono contribuye al calentamiento de la tierra o que el PVC contamina (Barnes 1987).

En resumen, lo único que podemos decir de la Ciencia, como del arte, la literatura, la religión, la filosofía u otras grandes empresas humanas, es que son ambivalentes, es decir que coexisten en ellas contribuciones positivas y negativas (Fernández-Rañada 1995). Y aunque en estos momentos parezcan prevalecer las contribuciones negativas porque la mayoría de los objetivos los fijan instituciones que anteponen su crecimiento o su rentabilidad económica o la defensa nacional a las finalidades de la ciencia (parafraseando a Marx, la ciencia dominante en la sociedad es la ciencia de las clases dominantes), no hay que olvidar que para muchos científicos dichas finalidades han sido y continúan siendo el de aliviar problemas o necesidades humanas, es decir, ideales claramente humanitarios. De ahí surgen líneas de I+D que contribuyen no sólo al conocimiento sino también a las necesidades sociales (el descubrimiento de nuevos problemas de contaminación y su denuncia, de métodos de prevención, etc.). Además, no podemos olvidar que una ciencia y tecnología neutras, es decir, sin valores, son peligrosas, porque convertidas en poderosas fuerzas sociales, todo les está permitido.

Por último, respecto a su responsabilidad moral algunos científicos piensan que ellos producen bombas atómicas, pero es decisión del gobierno el usarlas o no, o hacen cultivos bacterianos, pero no les corresponde decidir si se utilizaran para producir medicinas o como armamento biológico. Por ello piensan que, en último extremo, la responsabilidad es de los políticos o empresarios que realmente deciden. Otros autores, como Wolpert (1992), reducen la responsabilidad de los científicos a informar al público de la fiabilidad y los efectos de sus descubrimientos.

En el fondo, ambas afirmaciones parecen un subterfugio para que los científicos puedan eludir su responsabilidad moral. El caso de la bomba atómica puede mostrar como funcionan las cosas realmente. En efecto, no es tan sencillo pasarles la responsabilidad sólo a políticos y militares. Hubo científicos que apoyaron el bombardeo (Lawrence, Compton, Oppenheimer, etc.), el desarrollo de la bomba H (Lawrence, Teller, etc). Y otros, pocos en realidad, que se opusieron al bombardeo y al posterior desarrollo de armas nucleares (Rotblat, Einstein, Szilard, Pauling, Born, etc). Pero la mayoría de los científicos, especialmente los que tenían que abrirse camino, "no han tenido demasiados perjuicios en dejarse conducir a aquellos campos en que las prioridades nacionales pusieron dinero, prestigio y la excitación implícita en programas de investigación que plantean cuestiones que se quieren resolver urgentemente" (Sánchez Ron 1992).

Aspectos axiológicos en la enseñanza de las ciencias

Respecto a las finalidades de la enseñanza de las ciencias encontramos un cierto paralelismo con lo visto en el apartado anterior. Pero, al plantearnos esto, asumimos como algo obvio que el sistema educativo incluya la enseñanza de las ciencias y, sin embargo, esto es un hecho histórico bastante reciente. En efecto, la enseñanza institucionalizada de las ciencias se inicia a finales durante la Revolución francesa, es decir, casi dos siglos después de la revolución científica.

Se enseñan ciencias porque la burguesía revolucionaria, pensaba que la ciencia podía contribuir a la destrucción de mitos y fanatismos que obstaculizaban una mayor racionalidad en la sociedad humana. Pero también estaba presente la idea de utilidad (l'École Polytechnique) al servicio del Estado, del bien común. Con el triunfo de la burguesía conservadora se va imponiendo la idea de una ciencia al útil, al servicio de "su" industria (Martínez-Bonafé 1985).

En la actualidad la principal finalidad de la enseñanza de las ciencias incluye simultáneamente el conocimiento y la utilidad puesto que se trata de la formación de los futuros científicos y técnicos. De ahí que la enseñanza de las ciencias se haya planteado siempre en función del siguiente nivel: la escuela en función del instituto y, este a su vez, en función de la Universidad.

Con la generalización de la educación secundaria a toda la población, por un lado, y por el hecho de que la ciencia y la tecnología jueguen cada vez un papel más importante en nuestras sociedades avanzadas, se plantea la necesidad de que la enseñanza de las ciencias contribuya a la formación de los futuros ciudadanos, para evitar que la información y las decisiones sobre la ciencia estén cada vez en menos manos y permitir que los ciudadanos puedan opinar, participar y votar informadamente sobre temas científicos, sin lo cual se produce una situación de déficit democrático. No olvidemos que muchas iniciativas parlamentarias de los países avanzados están relacionadas con temas de CTS y Medio Ambiente (Hodson 1994)

En uno de los pocos trabajos empíricos sobre finalidades en la enseñanza de las física y química (Boyre y Tiberghien 1989) señalan dos finalidades preponderantes: adquirir conocimientos útiles para comprender el entorno científico y técnico (37% del profesorado y 66% del alumnado) y adquirir conocimientos necesarios para acceder a los estudios científicos (50% del profesorado y 31% del alumnado).

Por otra parte, en el diálogo con los profesores en activo asistentes a un curso de doctorado (N=13) se comprobó que los profesores no distinguen las finalidades de los objetivos. Encontramos que un tercio hablan de finalidades que se pueden relacionar con el conocimiento, otro tercio con la utilidad y el resto de ambas. Entre los primeros algunos mencionan que "transmitir conocimientos básicos", "hacer que el alumno razone" o "emplee la lógica", otros para "saber un poco de todo" o "completar el conocimiento literario con el científico". Los segundos hablan de "comprender los hechos cotidianos, el mundo que nos rodea", "progresar en muchos campos", "estar al nivel de las potencias avanzadas", "mostrar las aplicaciones técnicas".

En cuanto a los valores también encontramos semejanzas con lo que hemos visto en el apartado anterior. Así, algunos autores considera que se deben enseñar los siguientes valores o normas:

. El Comunalismo: la ciencia es conocimiento público libre y a disposición de todos.

. El Universalismo: Los descubrimientos se deben valorar por sus méritos prescindiendo de la nacionalidad, raza, religión, sexo, edad o categoría científica de quienes los producen.

. El Desinterés: la ciencia se cultiva por la ciencia, por el progreso del conocimiento.

. La Originalidad: La ciencia es el descubrimiento de lo desconocido.

. El Escepticismo (Scepticism): El conocimiento científico debe someterse a un examen crítico en busca de errores, contradicciones.

No en vano estos valores o normas fueron propuestos por R. K. Merton, el padre de la sociología de la ciencia en 1942, denominándolos CUDOS a partir de sus iniciales. Nos recuerda la palabra *kudos* que significa "gloria, fama, renombre", verdadera recompensa para quienes obedezcan estas normas.

Pero, como señala Ziman (1986) son tan respetados en la infracción como en el cumplimiento. A continuación mostramos algunas formas de incumplimiento

. Junto al Comunalismo, tenemos predominio de la investigación secreta, las patentes u otras reivindicaciones jurídicas de "propiedad" científica personal.

. En vez de Universalismo, se discriminan las opiniones de las personas que no pertenecen a la comunidad científica. Además, se habla de efecto Mateo (basándose en un versículo del citado evangelista "Al que tenga se le dará y al que no tenga se le quitará lo poco que tiene") para señalar que se suele conceder demasiado peso científico, es decir, subvenciones, publicaciones, etc. a los miembros de la élite científica.

. Frente al desinterés, las disputas de prioridad revelan la competición intensa en busca de reconocimiento y recompensas personales.

. Junto a la Originalidad encontramos el plagio científico, la concesión poco peso a las investigaciones industriales y de desarrollo tecnológico.

. Al lado del Escepticismo tenemos falacias que han pasado desapercibidas mucho tiempo, una educación dogmática que cierra los ojos.

Los fallos de estos valores ha llevado a los diseñadores del currículum y a los autores de textos a ser más "prudentes", es decir, a optar mayoritariamente por la neutralidad de la enseñanza de las ciencias. En nuestro país, en el decreto sobre el currículum de las ciencias de la naturaleza de la ESO (BOE 19 septiembre 1995) sólo se incluyen actitudes, aunque algunas de ellas empiezan con las palabras "valoración de". También, en las introducciones de algunos libros se habla de ciencia para todos, de formar alumnos críticos, etc, traducciones suavizadas de los valores mertonianos de universalismo, escepticismo, etc.

Sin embargo, esto no quiere decir que no se enseñen valores. No hay que olvidar el *currículum oculto*, es decir, las cosas que se enseñan sin hacerlo de una manera explícita, como se hace con los conceptos, leyes, teorías, ejercicios, problemas, etc. También se da una determinada imagen de la ciencia al no enseñar determinadas temas (Apple 1986). Como señala dicho autor, en historia, esto es mucho más evidente. Antaño se enseñaba una historia cronológica de reyes, papas y guerras. En el romanticismo pasa a ser la historia de las unidades nacionales, sociales y religiosas. En ambos casos se trata de una historia política. Aunque posteriormente esto ha cambiado, incluyéndose aspectos económicos, culturales, etc., no deja de ser una historia del poder económico, político y cultural. Evidentemente se excluye la historia de los marginados del sistema: trabajadores, mujeres, nacionalidades sin estado, etc.

En las ciencias el currículum oculto posiblemente esté más oculto. Apple (1986) afirma que en ciencias se enseña explícitamente la objetividad y la neutralidad y, al igual que en la historia, se oculta el conflicto en sus formas de competencia y controversia científicas, así como el papel de la mujer en la ciencia.

Otros valores que se enseñan implícitamente en ciencias son:

. El dogmatismo. En este diagnóstico coinciden muchos autores. Popper (1975) dice que "Al científico se le ha enseñado mal. Se le ha enseñado dentro de un espíritu dogmático, ha sido víctima de indoctrinación. Ha aprendido una técnica que puede aplicarse sin preguntar por qué". Kuhn (1975) afirma que "se trata de una educación estrecha y rígida, posiblemente más que ninguna otra, exceptuando quizá la teología ortodoxa". Barnes (1987) advierte que "el estudiante de una ciencia ha de pasar largos años en un papel subordinado para adquirir un nivel de competencia adecuado. No es un momento para el examen del conocimiento científico ni para la reflexión sobre sus fundamentos, sino que es el momento de asimilar lo que a uno le dicen y de perfeccionar técnicas de manipulación y cálculo. La enseñanza será probablemente dogmática y

autoritaria". Ziman (1986) señala que en los cursos de ciencias "una investigación realizada 20 o 30 años antes suelen presentarse como si ya fuera incontestables" y que "este dogmatismo no siempre está justificado".

. La separación de teoría y práctica. Se enseña teoría de circuitos pero no circuitos domésticos o, por lo menos, a reparar un interruptor. Se enseña biología humana pero no se educa para la salud. Han desaparecido los temas considerados ciencia aplicada o tecnología, p.e., acústica, fluidos, elasticidad, termodinámica, electrónica, química industrial, medicina, ingeniería agrícola, etc.

. El formalismo, que en la física, química y biología molecular se concreta en muchas fórmulas y pocos comentarios y discusiones conceptuales, sin apenas trabajo experimental y en biología y geología, en un lenguaje muy técnico. En consecuencia, una ciencia difícil, ardua, etc. Este, junto con los anteriores, contribuye especialmente al elitismo de los científicos y a la ideología del experto, una de las bases de la tecnocracia, ya que sólo estos pueden opinar y, sobre todo, decidir.

. La descontextualización, es decir, aislada respecto a la sociedad, que no promueve el análisis de cuestiones humanas urgentes, en especial, las contribuciones que puede realizar la ciencia en la resolución de necesidades y problemas de la humanidad como la sobrepoblación, la contaminación, el agotamiento de recursos, el armamentismo y la guerra, la desigualdad Norte-Sur y sus secuelas de pobreza, hambre, enfermedad, analfabetismo, etc. (Solbes 1997), es decir, una ciencia que no tiene en cuenta sus relaciones con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.

. El ahistoricismo, que ignora los problemas que originaron las investigaciones, así como la existencia de grandes crisis en el desarrollo de la ciencia e incluso de pequeños cambios en el interior de una teoría. Así mismo, no se muestran el carácter hipotético o tentativo de la ciencia, las limitaciones de las teorías, sus problemas pendientes de solución, y tampoco se presenta la ciencia como una construcción colectiva, fruto del trabajo de muchas personas, que compiten y tienen controversias.

Respecto a los valores, algunos profesores asistentes al curso, mencionan los socialmente dominantes respecto a la ciencia ("objetividad", "exactitud", "curiosidad", "método", "rigor...") y otros respecto al trabajo en general ("disciplina", "organización", "competitividad", "responsabilidad", "constancia", "orden", "superación"). Algunos señalan el "cuidado del entorno", el "respeto a la naturaleza" o "al medio ambiente". Muy pocos mencionan la "cooperación", la "democracia", la "reflexión crítica". Un profesor señala que "es muy difícil transmitir valores cuando explicas temas de ciencias, sería más fácil en filosofía o psicología" mencionan palabras que no son valores.

Respecto al currículum oculto las ideas estaban menos claras y se hablaba de cosas positivas que se enseñan sin decirlo explícitamente. Así, algunos mencionan aptitudes cognitivas, por ejemplo que no memoricen, que deduzcan, que aprendan a razonar y pensar; otros destrezas como capacidad de observación, de resolver problemas, dotar de un método científico, etc. y otros de valores y actitudes como debatir y expresar ideas, respetar opiniones, trabajar en grupo, respetar el medio ambiente, etc.

Posteriormente, al comentar con ellos sus propias respuestas y ponerles el ejemplo del currículum oculto en el caso de la enseñanza de la historia, el diálogo les llevó a que en la enseñanza de las ciencias se explicitan los valores de ciencia para todos, solidaridad y crítica, pero se enseñan sus contrarios, el elitismo, la competitividad y el dogmatismo, que constituirían así el currículum oculto de la enseñanza de las ciencias.

Conclusiones y, sobre todo, perspectivas

Hemos encontrado que en la ciencia las finalidades iniciales eran el conocimiento y la utilidad. Respecto a la ética de la ciencia encontramos tres posturas: aquellos que la consideran buena, una mayoría que la consideran neutra y, por último, los que la consideran mala.

En la enseñanza de las ciencias hemos encontrado que la finalidad usual de la enseñanza de las ciencias, formar a los futuros científicos y técnicos incluye, en cierta forma las finalidades originales de la ciencia. Respecto a los valores en la enseñanza de las ciencias encontramos también semejanzas: la gran mayoría opta por la neutralidad. Aunque esto no quiere decir que no se enseñen valores porque existe el currículum oculto.

En cuanto a las perspectivas estamos realizando el estudio empírico de estos aspectos y planteando la necesidad de enseñar ética y política pública en clase de ciencias (BSCS y AMA, 1994), para poder educar en valores asociados con las nuevas finalidades de formar científicos responsables y futuros ciudadanos. Para ello es necesario mostrar:

. Ejemplos de responsabilidad social de científicos y técnicos (que llevó a Einstein, Born, Pauling, Salam y tantos otros a denunciar como el uso irracional de la ciencia en la guerra fría ponía en peligro la paz entre las naciones o en la actualidad como dicho uso puede imposibilitar la subsistencia de la especie humana en la Tierra).

. Como valores están presentes en las finalidades que para muchos científicos han sido y continúan siendo el de aliviar problemas o necesidades humanas, es decir, ideales claramente humanitarios y mostrar cuando los objetivos los fijan instituciones que anteponen su crecimiento o su rentabilidad económica o la defensa nacional a dichos ideales.

. La contribución de la ciencia a una nueva ética basada en la racionalidad, el espíritu crítico, etc., y en la idea del navío espacial Tierra, que pone de manifiesto el origen común y el destino solidario de la humanidad, que podría perecer a causa de la destrucción de la nave en la que viaja.

Por último no hay que olvidar que los valores no se transmiten sólo verbalmente y dependen de la forma en que se enseñe, de cómo se comporte el profesor.

Agradecimientos

Agradecemos a los asistentes al curso de doctorado "Aspectos axiológicos. Relaciones CTS", así como a A. Vilches, la otra profesora del mismo, sus comentarios y sugerencias sobre este tema.

Bibliografía

APPLE, M. W. (1986): Ideología y currículo. Madrid. Akal.

BARNES, B. (1987): Sobre Ciencia. Barcelona. Labor.

BERNAL, J. D (1976): Historia social de la ciencia. Barcelona. Península.

BSCS y AMA (American Medical Association), (1994): Genoma Humano. Ciencia, Ética y Política Pública. Valencia. Edicions Alfons el Magnànim.

BOYER, R. y TIBERGHIE, A. (1989): "Las finalidades de la enseñanza de la Física y la Química, vistas por los profesores y alumnos franceses" en Enseñanza de las Ciencias, vol.7, n. 3, 213-223.

CHALMERS, A. (1990): La ciencia y cómo se elabora. Madrid. Siglo XXI.

FERNÁNDEZ RAÑADA, A. (1995): Los muchos rostros de la ciencia. Oviedo. Ediciones Nobel.

HABERMAS, J. (1992): Ciencia y técnica como "ideología". Madrid. Tecnos.

HODSON, D. (1994): "Seeking Directions for Change. The Personalisation and Politisation of Science Education" en Curriculum Studies, vol. 2, n. 1, pp. 71-98.

KUNH, T. S. (1975): La estructura de las revoluciones científicas. Madrid. Fondo de Cultura Económica.

POPPER, K. R. (1975): "La ciencia normal y sus peligros", en LAKATOS, I. Y MUSGRAVE, A. (Eds.): Crítica y conocimiento, Barcelona. Grijalbo.

MARTÍNEZ BONAFÉ, A. (1985): Ensenyament, burgesia i liberalisme. Valencia. Edicions Alfons el Magnànim.

RUSSELL, B. (1974): Fundamentos de filosofía. Barcelona. Plaza & Janés.

SÁNCHEZ RON, J. M. (1992): El poder de la ciencia. Madrid. Alianza.

SOLBES, J. (1997): "La ciència i els problemes del nostre temps" en Saó, n. 210, pp. 398.

WOLPERT, L. (1992): La naturaleza no natural de la ciencia. Madrid. Acento Editorial.

ZIMAN, J. (1986): Introducción al estudio de las ciencias Barcelona. Ariel.

Dirección de contacto

Jordi Solbes

IES J. Rodrigo Botet. c/ Stos. Justo y Pastor, 70. 46940 Manises (València) Tel.: 96 154 65 53. Fax: 96 154 66 19.