

LOS FUTUROS PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA ANTE LA SOCIOLOGIA Y LA EPISTEMOLOGIA DE LAS CIENCIAS. UN ENFOQUE CTS

JOSE ANTONIO ACEVEDO DIAZ

RESUMEN

El propósito de este artículo es describir un estudio de caso realizado con un grupo de aspirantes a profesores de Enseñanza Secundaria durante su formación psicopedagógica en el módulo de didáctica de las ciencias del CAP. En el mismo se analizan sus creencias sobre cuestiones relacionadas con la sociología y la epistemología de la ciencia. Los resultados obtenidos muestran ciertos estereotipos acerca de la ciencia y la naturaleza del conocimiento científico, a la vez que ideas más atinadas y aceptadas hoy en día. Por otro lado, son escasas las diferencias de opinión encontradas entre las profesoras y los profesores. Por último, después de una amplia discusión desde una perspectiva Ciencia/Tecnología/Sociedad se apuntan algunas breves observaciones en torno a las implicaciones de la utilización de los enfoques CTS en la enseñanza de las ciencias.

ABSTRACT

The aim of this paper is to describe a case study made with Secondary Education teachers candidates during the psychopedagogical teacher training (Didactic of Sciences course, CAP). Here we analyze teachers' beliefs about sociological and epistemological topics of science. The results obtained show several stereotypes concerning science and the nature of scientific knowledge, and, at the same time, some ideas accepted now. Again, we only have found little and non-significant gender-differences between women and men teachers' opinions. Finally, after a large discussion from a Science/Technology/Society view, some remarks on instructional implications of STS approaches in Science Education are summarized.

PALABRAS CLAVE

Ciencia, Sociología, Epistemología, Creencias de los profesores, Enfoque CTS, Enseñanza de las ciencias.

KEYWORDS

Science, Sociology, Epistemology, Teachers' beliefs, STS approach, Science Education.

1. INTRODUCCION

El movimiento para la educación en las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS en adelante) tiene una cierta tradición universitaria en los países anglosajones, muy especialmente en los Estados Unidos de Norteamérica, donde los programas pioneros cuentan ya con más de veinte años (ver, p.ej., Cutcliffe 1990, Waks 1990, Worthington 1990). Aunque los enfoques CTS responden desde sus orígenes a factores e intereses muy diversos (Sanmartín y Luján 1992), todos ellos se relacionan, sin duda, con la dimensión social de la ciencia y la tecnología. Al mismo tiempo tienen como principal finalidad lo que se ha dado en denominar "alfabetización científico-tecnológica" de los ciudadanos, término que, como acertadamente han señalado Gómez e Ilerbaig (1990),

puede tener muy diferentes significados bajo posiciones que van desde las más centradas en la enseñanza de mayores conocimientos (se pretende incidir fundamentalmente en los aspectos cognitivos) hasta las que se dirigen principalmente a la formación de valores y actitudes (orientadas hacia los aspectos emotivos). De cualquier forma, suele aceptarse que dicha "alfabetización" está destinada a capacitar a los ciudadanos para su participación en la toma de decisiones democrática en una sociedad impregnada por la ciencia y la tecnología (Aikenhead 1985 a, b).

El desembarco CTS en la Educación Secundaria se realiza en los mismos países durante la década de los ochenta (Acevedo 1993) aunque hay precedentes de los años setenta como el proyecto PLON holandés, si bien varias veces renovado y ampliado en los años posteriores (Acevedo 1990). Las reformas curriculares para Secundaria que incluyen orientaciones CTS pueden referirse tanto a la propia estructura del currículum, que va desde la simple inclusión de actividades CTS en las unidades estándares de ciencias hasta cursos completos CTS "puros" en los que los conceptos científicos sólo juegan un papel meramente subordinado, como a los contenidos tratados en las unidades didácticas atendiendo a la triple vertiente conceptual, metodológica y actitudinal (ver, p.ej., Kortland 1992, citado por Sanmartín y Luján 1992, y también Waks 1990).

En España los trabajos realizados en el marco de las Enseñanzas Medias, o de la Educación Secundaria, que incluyen aspectos CTS son escasos y recientes. Posiblemente una de las causas de esto sea que se ha tenido que prestar más atención a otros graves problemas del aprendizaje de las ciencias y también que la cuestión se haya podido considerar menor, complementaria a lo sumo, y que incluso podría desviar la atención del conocimiento científico propiamente dicho. Sin embargo, el tema no sólo resulta de interés desde la perspectiva de una educación científica para todas las personas (Fensham 1985), tal y como la correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria, sino que también supone una profundización necesaria para la preparación más completa de futuros profesionales de la ciencia y la ingeniería (Gil et al. 1991). Desde el punto de vista de la elaboración de materiales curriculares cabe destacar el esfuerzo realizado en la década de los ochenta por algunos componentes del Departamento de Didáctica de la Ciencias del IEPS (ver, p.ej., Marco et al. 1990). Otras experiencias de innovación en esta línea dentro de nuestro sistema educativo han sido sintetizadas recientemente por Pardo (1992). Por otra parte, los pocos estudios de investigación que se han hecho se encuentran generalmente ligados a la perspectiva constructivista del aprendizaje de las ciencias. Entre ellos algunos indagan en las ideas y creencias de los estudiantes sobre cuestiones CTS, incluyendo la visión que tienen sobre la naturaleza del conocimiento científico (Acevedo 1993, Solbes y Traver 1992, Solbes y Vilches 1992). También se ha analizado la imagen que propagan los libros de texto más usuales (Solbes y Vilches 1989), pero no se han explorado en cambio las concepciones del profesorado, salvo en algunas cuestiones epistemológicas de la ciencia (Solbes y Traver 1992). Estas concepciones del profesorado necesitan ser conocidas porque, implícita o explícitamente, se transmiten en el aula, formando parte a menudo del denominado "currículum oculto".

El presente trabajo, que se desarrolla dentro de los enfoques CTS y desde un punto de vista constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, forma parte de un proyecto de investigación sobre actitudes, valores y opiniones acerca de la ciencia (PIAVOC). En este caso se indaga en la opinión del profesorado de ciencias, durante su formación psicopedagógica y didáctica inicial (CAP), en torno a cuestiones relacionadas con las dimensiones social y epistemológica de la ciencia. Se pretende así contribuir a la

ampliación de conocimientos en las líneas de investigación señaladas que se están realizando en nuestro país dentro del ámbito de la Educación Secundaria.

2. ASPECTOS METODOLOGICOS

En el estudio participaron 22 universitarios (14 mujeres y 8 hombres), licenciados en carreras de ciencias experimentales o diplomados en ingenierías, que cursaban el CAP de la Universidad de Sevilla impartido en Huelva en 1992. Para la mayoría de este alumnado la experiencia docente era prácticamente nula.

El pequeño número de sujetos encuestados, que además constituyen una muestra relativamente incidental, no permite generalizar los resultados obtenidos sin correr el riesgo de introducir algunos sesgos, lo que origina, sin duda, problemas de validez externa. Sin embargo, esta situación es habitual en este tipo de investigaciones exploratorias destinadas preferentemente a la obtención de pistas para una posterior intervención en el aula con los mismos individuos u otros con características similares.

El diseño de investigación corresponde a un estudio de caso único de naturaleza descriptiva, por lo que no tenemos más remedio que admitir ciertas limitaciones en los resultados que se presentan en este trabajo. De cualquier forma, opinamos que la respuesta más sensata a estas insuficiencias para la generalización pasa por el análisis continuo y múltiple de casos, el cual resulta quizás más apropiado para la actividad científica en la investigación educativa que la pretensión de experimentos cruciales. Así pues, también creemos que es imprescindible la exigencia de repetición y validación de los datos en otros momentos y con otros sujetos antes de que las conclusiones, que se establecen provisionalmente al final del artículo, sean susceptibles de una interpretación teórica más segura.

Como instrumento se ha utilizado el *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia y Sociedad* (COCS), preparado expresamente para el proyecto PIAVOC. Este cuestionario de papel y lápiz y administración colectiva, que ya ha sido empleado anteriormente con estudiantes de BUP y COU (Acevedo 1993), consta de veinte enunciados, expresados unos en términos positivos y otros de forma negativa (ver anexo), que se relacionan con seis grandes tópicos derivados de la sociología y la epistemología de la ciencia:

- a) Control sociopolítico de la investigación científica y tecnológica.
- b) Neutralidad ideológica de la ciencia y la tecnología.
- c) La objetividad como cualidad esencial de los científicos.
- d) Estereotipos sexistas en ciencia y tecnología.
- e) Creencias epistemológicas sobre la naturaleza del conocimiento científico.
- f) La ciencia como medio principal para la resolución de problemas sociales.

El grado de acuerdo o desacuerdo con cada enunciado se expresa marcando una de las seis posiciones de una escala, indicadas mediante números que tienen el significado siguiente: (1) "totalmente de acuerdo", (2) "bastante de acuerdo", (3) "algo de acuerdo", (4) "algo en contra", (5) "bastante en contra", (6) "totalmente en contra". Además de situarse en una posición respecto a cada enunciado, los sujetos pueden hacer un comentario con las aclaraciones que considerasen oportunas.

Para el análisis, los datos de las opiniones sobre cada uno de los enunciados se han agrupado en tres categorías: acuerdo (posiciones 1 y 2), sin tendencia clara (posiciones 3 y 4) y desacuerdo (posiciones 5 y 6) con lo que se dice en ellos. Las mismas categorías se han establecido para cada uno de los seis grandes bloques temáticos señalados con anterioridad, determinándose las frecuencias de respuestas correspondientes a cada tipo y distinguiéndose también entre las de los hombres y las mujeres a fin de comprobar la existencia o no de posibles diferencias de opinión entre los sujetos de ambos sexos. En este caso el contraste estadístico se hizo mediante la prueba no paramétrica "ji- cuadrado", admitiéndose como significativas sólo aquellas diferencias que superan el umbral de confianza del 95% ($p < 0.05$).

3. RESULTADOS

Se exponen a continuación los principales resultados derivados del análisis realizado por bloques temáticos de cuestiones, los cuales se resumen en forma de porcentajes en la tabla 1. Respecto a los mismos no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las opiniones de las profesoras y los profesores salvo en lo concerniente a algunas creencias epistemológicas sobre la naturaleza del conocimiento científico.

Tabla 1. Porcentajes de respuestas favorables y contrarias sobre cuestiones de sociología y epistemología de la ciencia. (Alumnas y alumnos de didáctica de las ciencias del CAP).

<i>RESPUESTAS %</i>	<i>FAVORABLES</i>	<i>CONTRARIAS</i>
Control sociopolítico de la ciencia	16	36
Neutralidad ideológica de la ciencia	15	33
Objetividad como cualidad esencial	42	6
Esteretipos sexistas en la ciencia	0	85
Creencias epistemológicas ingenuas	27	39
La ciencia como medio social principal	33	36

3.1. Conveniencia de controlar social y políticamente la investigación científica y tecnológica

En general la opinión de los sujetos se muestra algo en contra de que los órganos de poder social y gubernamental sean los que marquen, en detrimento de los propios profesionales, las pautas de la investigación científico-tecnológica. De manera sintética puede señalarse que, si bien no hay una tendencia clara de opinión sobre si son o no los científicos los que deben seleccionar los problemas a investigar, ni tampoco acerca de si la ciencia y la tecnología avanzarán más y mejor si están más controladas, el profesorado encuestado está bastante en desacuerdo con que las subvenciones se limiten solamente a aquellas investigaciones que interesen al país. Al mismo tiempo se está un poco en contra de primar la investigación tecnológica sobre la científica con el fin de mejorar el nivel de vida de la sociedad.

3.2. Neutralidad ideológica de la ciencia y de los científicos en su trabajo

La opinión media del profesorado tiende a estar, en conjunto, ligeramente en contra del punto de vista "idealista" según el cual la ciencia es neutral e independiente de aspectos políticos, éticos, sociales, etc. Más en concreto se encuentra una cierta inclinación a opinar que los científicos deben responsabilizarse de los posibles daños que pudieran derivarse de sus descubrimientos, pero también se está algo conforme con que aquéllos se preocupan actualmente por los efectos de los mismos. Igualmente se admite en alguna medida que la política de un país puede influir condicionando el trabajo de los científicos.

3.3. La objetividad como cualidad esencial de los científicos

Las respuestas favorables a considerar la objetividad y la imparcialidad como características de los científicos son mayoritarias, sobre todo cuando estas "románticas" cualidades se refieren al ejercicio de la profesión. Tan sólo cuando se pretenden extender estas características a otras actividades cotidianas de las personas queda indefinida la tendencia a favor o en contra.

3.4. Estereotipos sexistas en ciencia y tecnología

Cerca de nueve de cada diez respuestas reflejan opiniones claramente contrarias al sexismo, no habiéndose encontrado ninguna favorable a los estereotipos. Únicamente cuando se pregunta acerca de la intención de adherirse a actuaciones destinadas a poner medios para modificar la situación actual de predominio masculino en la ciencia y, especialmente, en la tecnología, disminuyen algo las posiciones antisexistas, aunque continúan siendo mayoritarias, sobre todo en el caso de las profesoras.

3.5. Creencias epistemológicas sobre la naturaleza de los conocimientos científicos

Aunque en promedio hay más respuestas en contra de puntos de vista epistemológicos desfasados en la actualidad, éstas solamente son dominantes para las profesoras, siendo el único caso en donde aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las profesoras (50% en contra y 29% a favor) y los profesores (19% en contra y 25% a favor). En este tema conviene detenerse un poco en las cuestiones concretas porque, a pesar de todo, junto a aspectos en donde las opiniones se muestran más adecuadas hay otros que revelan creencias notablemente ingenuas. Así, mientras que se está bastante de acuerdo con que el conocimiento derivado de investigaciones científicas correctas puede cambiar en el futuro y también con que los contactos sociales de los científicos pueden influir en el contenido conceptual y metodológico de sus descubrimientos, por contra se está asimismo bastante conforme con que los modelos de la ciencia pretenden describir lo más exactamente posible la "realidad" del mundo físico. A la vez, el profesorado no manifiesta una tendencia clara sobre si los mejores científicos son o no aquéllos que siguen escrupulosamente en sus investigaciones el denominado "método científico". En resumen, en las opiniones coexisten ideas epistemológicas más aceptadas recientemente junto a otras simplistas ya superadas.

3.6. La ciencia como medio para la resolución de problemas sociales

Una mayoría relativa de los sujetos encuestados cree que es preciso adquirir una sólida formación en ciencia para entender adecuadamente muchos de los problemas sociales más graves de este siglo y del futuro. Sin embargo, se está aún mucho más de acuerdo con que estos problemas que acucian a la humanidad no pueden resolverse solamente utilizando criterios científicos y tecnológicos, sino que es necesario ampliarlos con otros políticos, éticos, jurídicos; etc. Por otro lado, predominan también en alguna medida las opciones a favor de que los científicos informen de sus resultados utilizando un lenguaje comprensible para el ciudadano medio. Así pues, se destaca algo la implicación de la ciencia en la sociedad y parece estimarse precisa una aproximación de los científicos hacia el público en general a fin de darle una información más correcta, pero esta tendencia a admitir que la ciencia es una de las instancias a la hora de resolver problemas sociales queda superada ampliamente por la matización de que no es la única de ellas ni quizás la más importante.

4. DISCUSION

Como se deduce de los resultados anteriormente descritos, tanto las opiniones que se refieren a los aspectos sociológicos como a los epistemológicos muestran algunas posiciones que parecen reflejar una cierta reflexión sobre los temas planteados conjuntamente con otras más ingenuas, poco desarrolladas y que sirven de soporte a mitos muy extendidos popularmente. Conviene advertir también que la imagen compleja que se nos revela no corresponde a la de ningún sujeto en particular, sino más bien a la del grupo encuestado, pequeño por otra parte, por lo que los resultados sólo deberían tomarse como tendencias de opinión. De cualquier forma trataremos ahora de poner un poco de orden aportando nuestra interpretación de lo obtenido.

En primer lugar, creemos que en el grupo existe una conciencia de que es necesaria una "alfabetización científico-tecnológica" de la sociedad, incluyendo una aproximación de los propios científicos al público en general, dado que muchos de los problemas más serios con que tiene que enfrentarse la humanidad tienen su origen en la ciencia y la tecnología. No obstante, a la vez, también parece tenerse claro, en mayor medida aún que lo anterior, que la solución de los mismos no es posible mediante la aplicación preferente de criterios científicos y tecnológicos, tal y como parecen desear fervientemente los seguidores de los "fundamentalismos" cientista y tecnocrático (Thuillier 1980). En este sentido, si se admite entonces que la ciencia y la tecnología no son las únicas ni quizás las principales instancias para la resolución de los problemas sociales (Acevedo 1993), no es posible entender la denominada "alfabetización científico-tecnológica" como algo restringido al aumento de conocimientos puramente ligados a la ciencia y a la tecnología (Gómez e Ilerbaig 1990), sino que es preciso ampliar su significado extendiéndolo por un lado a la formación de valores y actitudes, y por otro a la adquisición de algunos conocimientos relacionados con la dimensión social, tales como aspectos éticos, jurídicos, políticos y de gestión administrativa, dentro de una perspectiva amplia e interdisciplinar (Cutcliffe 1990).

En segundo lugar, entre los sujetos encuestados parece dominar ligeramente la idea de que la ciencia no es neutral, admitiéndose no sólo la influencia de la política de un país en el trabajo de los científicos sino, sobre todo, el que éstos deben responsabilizarse de los efectos nocivos de sus descubrimientos. Sin embargo, junto a esta imagen ajustada a la

realidad social de la ciencia conviven algunas creencias ciertamente ingenuas, propias de una visión demasiado idealista, tales como la de compartir la opinión de que la mayor parte de los científicos se preocupan por los efectos derivados de sus descubrimientos o la de considerar mayoritariamente que la objetividad es una característica de la profesión científica que la diferencia de otras, obviándose que este mito es uno de los pilares más firmes que sustentan la imagen neutral y aséptica de la ciencia tan querida por las posiciones cientistas y tecnocráticas. Estas opiniones parecen responder más al ethos ideal de la ciencia, desarrollado normativamente por Merton (1972), que a la praxis real, en la que los científicos tienen que ceder hoy en día buena parte de su independencia ética a las organizaciones que los emplean, las cuales ejercen sobre ellos una presión sistemática más o menos intensa (Barnes 1985). Se trata, sin duda, de una cuestión controvertida que debería invitarnos a reflexionar acerca de cómo ejercer la responsabilidad social dentro de la práctica científica actual (Ziman 1984).

En tercer lugar hay otro aspecto conflictivo, aquél que se refiere al control social y político que debe ejercerse sobre la ciencia y la tecnología y a la libertad de investigación científico-tecnológica. Con frecuencia se levantan voces diciendo que la ciencia y la tecnología contemporáneas pueden resultar demasiado peligrosas, especialmente por sus efectos inesperados, para dejarlas exclusivamente en manos de los científicos y los ingenieros. Algunos ejemplos pasados y recientes parecen confirmar que tal actitud puede ser bastante razonable (Richards 1983). Sin embargo, surge un dilema porque aunque la sociedad puede no estar dispuesta a ceder a los científicos e ingenieros la responsabilidad definitiva del control de la investigación y el desarrollo tecnológico, necesita a la vez escuchar su asesoramiento y consejo sobre temas muy complejos. Al mismo tiempo debe hacerse una reflexión adicional relacionada con el control gubernamental de la ciencia, en el sentido de que éste no garantiza necesariamente una orientación de la investigación científico-tecnológica potencialmente beneficiosa para la humanidad. Un ejemplo bastante drástico es el de la industria militar, por la cual suelen mostrarse casi siempre muy interesados los gobiernos, y que resulta ser una fuente de empleo importante de científicos, ingenieros y técnicos diversos en los países más desarrollados. Estas investigaciones suelen ir acompañadas del máximo secreto aludiendo a las consabidas razones de defensa del estado, por lo que difícilmente pueden ser controladas por otros órganos sociales.

La opinión del grupo aparece equitativamente dividida entre partidarios y contrarios de que la ciencia y la tecnología avanzarán más y mejor si están más controladas por el gobierno y la sociedad. Asimismo no hay una tendencia definida acerca de si estos últimos deben o no decidir qué problemas tienen que ser tratados. Ahora bien, en cambio, se está bastante en contra de que las subvenciones se limiten a aquellas investigaciones que interesen al país. Estos resultados, junto con lo que se deduce de algunos comentarios añadidos al respecto, reflejan a nuestro juicio que, para los encuestados, una parte de la investigación tendría que dedicarse a abordar problemas de interés social con utilidad relevante, pero que otra parte importante debería respetar la libertad y la creatividad de los propios científicos. Además, el hecho de que tampoco se esté a favor de primar la investigación tecnológica, de corte más claramente utilitario, sobre la científica más académica, parece apuntar también hacia nuestra interpretación. Estas tendencias de opinión se sitúan próximas a algunas de las conclusiones recogidas por Corróns (1992) en una reciente Jornada sobre "La Física y los Físicos en España", donde se discutieron problemas relativos a la profesión de físico en nuestro país. Entre otras conclusiones aparecen algunas críticas en relación con ciertas decisiones sobre la política de investigación científica practicada por la Administración Pública, tales como que las decisiones no se tomen al margen de las instituciones y asociaciones representativas de los colectivos de científicos

españoles (físicos en el caso que nos ocupa), que el denominado sistema de "Áreas Prioritarias" anula la creatividad, obligando a la presentación de proyectos de investigación demasiado conservadores, que la ciencia no debe buscar la utilidad por sí misma, etc.

Otro aspecto con un fuerte componente sociológico es el del sexismo en ciencia y tecnología. Como es conocido la incorporación de la mujer a la profesión científica ha sido difícil y está repleta de obstáculos (ver, p.ej., Zuckerman y Cole 1975, citado por Richards 1983), pudiendo considerarse un fenómeno de nuestro siglo que todavía no está del todo consolidado. Uno de los indicadores que reflejan esta situación es el escaso porcentaje de mujeres que obtienen el doctorado en ciertas ramas de la ciencia, tal y como la física, incluso en aquellos países más avanzados como los Estados Unidos de Norteamérica. Pero este dato se agrava aún más si se tiene en cuenta que mientras para los hombres alcanzar un doctorado suele ser el comienzo de una profesión investigadora, para muchas mujeres lo mismo significa el final de su camino en la investigación. Se han hecho estudios sociológicos sobre la naturaleza y la extensión de la discriminación sexista de la mujer en el campo de la ciencia, disponiéndose en la actualidad de una cierta cantidad de información sobre el tema, la cual continúa ampliándose cada vez más (ver, p.ej., Brush 1991, Fölsing 1990). Como señala Richards (1983) las investigaciones realizadas sugieren dos factores principales para determinar las causas de la escasa presencia de la mujer en la ciencia y la tecnología: *selección social* y *autoselección*. El primero de ellos incluye las posibles discriminaciones que pueden practicar contra las mujeres las instituciones y las organizaciones que emplean científicos (y se supone que también científicas). El segundo se refiere a los procesos por los que muchas mujeres no optan a profesiones científicas o técnicas, los cuales pueden estar inducidos por presiones sociales y por diversas trabas más o menos sutiles. La cuestión es relevante porque si es necesario aumentar el número de estudiantes en determinadas áreas científicas (como, p.ej., la física) y tecnológicas, este incremento no parece posible si no se rompe definitivamente con los prejuicios que discriminan a las mujeres.

El grupo que hemos encuestado se manifestó totalmente en contra de ciertos estereotipos sexistas relacionados con la ciencia y la tecnología (p. ej., el de la masculinidad de la física y las ingenierías frente a la feminidad de la biología), lo que sin duda es una saludable tendencia. Ahora bien, cuando se les pidió opinión acerca de si la sociedad debe poner medios para que la proporción de mujeres y hombres sea aproximadamente igual en las profesiones científicas y tecnológicas, la conformidad con esta propuesta fue menos acusada, especialmente para los sujetos masculinos, aunque en conjunto continuaron dominando las intenciones antisexistas.

La discusión que hemos venido realizando hasta aquí ha estado dirigida principalmente a cuestiones típicamente relacionadas con la sociología de la ciencia, las cuales constituyen la mayor parte de los enunciados del COCS. Nos centraremos ahora en otras más ligadas a aspectos epistemológicos, si bien tampoco pueden considerarse del todo ajenas a la historia de la ciencia o a la propia sociología del conocimiento científico.

Por una parte, aproximadamente dos de cada tres sujetos del grupo tienen bastante asumida la provisionalidad de los conocimientos científicos, aunque procedan de investigaciones correctas. Al mismo tiempo también parecen ser conscientes de la influencia social en la construcción de dichos conocimientos. A pesar de la limitación del pequeño número de encuestados, hay que destacar las diferencias estadísticamente significativas encontradas entre las opiniones de las mujeres y de los hombres, mostrando con rotundidad la práctica totalidad de ellas las ideas señaladas mientras que sólo una

minoría de ellos las reflejan. No sabemos, porque no se ha podido controlar, si estas diferencias están relacionadas con el género, con el hecho de que todos los diplomados en ingeniería eran hombres (más de la mitad de ellos), o con ambos factores a la vez. De todas formas, los resultados apuntan hacia una mayoritaria comprensión de la visión histórica y evolutiva de la ciencia y son similares a los presentados recientemente por Gilbert (1991), pero bien distintos de los que se derivan de un estudio realizado en Valencia con otro pequeño número de estudiantes del CAP (Solbes y Traver 1992), en el que solamente una minoría de los mismos muestran las tendencias de opinión que hemos indicado.

Puede sorprender, por otra parte, la idea absolutamente dominante que tiene el grupo acerca del significado de los modelos teóricos de la ciencia. Cuando aceptan que éstos pretenden describir lo más exactamente posible la realidad, están revelando un punto de vista muy simple y, sin duda, profundamente reduccionista: "*en el mundo natural hay una sola realidad a la espera de ser descubierta por métodos objetivos y precisos, esto es, científicos*". No están teniendo en cuenta que los conocimientos elaborados por la ciencia son el producto de la construcción humana bajo perspectivas determinadas y siguiendo ciertas pautas, constituyendo por tanto verdades parciales que además evolucionan a lo largo de la historia. Se ignoran también, quizás como resultado de la ilusión empirista, las simplificaciones de todos los modelos y que éstos no pretenden tanto la descripción como la interpretación y la comprensión.

En el artículo de Gilbert (1991) al que nos hemos referido antes el autor propone definir la ciencia como "*un proceso de construcción de modelos conceptuales predictivos*", para lo cual se apoya en los resultados que obtuvo con estudiantes universitarios, de los que se deducen que éstos admiten mejor que los modelos científicos son construcciones humanas, las cuales no responden necesariamente a la realidad, que cuando la pregunta se refiere explícitamente al conocimiento científico (61% vs. 5%, respectivamente). Pero, ¿qué concepto tenían esos estudiantes de modelo científico? Según parece, su visión era demasiado restringida y próxima a la acepción de modelo como "maqueta" o "prototipo". No fue ésta la de los sujetos encuestados por nosotros, los cuales tenían claro a qué tipo de modelos se refería el enunciado sometido a su valoración, ya que en éste se ejemplificaban aquéllos de forma explícita aludiendo a los modelos atómicos y al del DNA, por lo que les resultaba fácil asimilar modelo teórico con una forma de conocimiento científico. Los resultados de Gilbert no son, por tanto, tan distintos de los nuestros (18% de aceptación de la idea de modelo teórico como una construcción humana que no pretende describir lo más exactamente posible la realidad). Añadiremos que, a nuestro juicio, el principal problema de la definición de ciencia que nos propone este autor se deriva de la necesidad de establecer previamente un concepto de modelo científico, lo que, en la acepción que nosotros le damos, supone probablemente la superación de ciertos obstáculos epistemológicos que también podrían aparecer en la elaboración de la noción de ciencia.

A modo de referencia, cabe señalar asimismo que los resultados obtenidos en esta cuestión difieren, una vez más, de los de Solbes y Traver (1992), siendo peores los nuestros en este caso, ya que frente al tercio, aproximadamente, de los sujetos que en el trabajo de estos autores manifestaban la idea próxima al "realismo ingenuo", la misma es compartida por nada menos que tres de cada cuatro de los encuestados en el estudio que hemos realizado.

Por último, otra creencia demasiado estereotipada es la que considera mejores científicos a aquellos que son capaces de seguir en sus investigaciones, lo más escrupulosamente posible, las etapas del denominado por excelencia método científico. En nuestro trabajo tan sólo poco más de la cuarta parte del grupo se muestra rotundamente

contraria a esta visión tan distorsionada de la forma en que se hace la ciencia, mientras que más de un tercio se adhiere claramente a la misma; resultados que contrastan con los de Gilbert (1991), en cuyo estudio más de las tres cuartas partes de las opiniones rechazaban la propuesta de un único método científico.

5. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Las principales conclusiones que pueden establecerse del análisis realizado son las siguientes:

1) En el grupo de futuros profesores de Enseñanza Secundaria coexisten diversas creencias sobre los aspectos sociológicos abordados. Algunas de las opiniones más extendidas reflejan posiciones altamente valoradas en la actualidad: rechazo a los estereotipos sexistas, necesidad de una "alfabetización científico-tecnológica" de la población que vaya más allá del simple aumento de conocimientos, relativización de la importancia de la ciencia y la tecnología como instancias superiores para la toma de decisiones en una sociedad democrática, consideración de que éstas no son ideológicamente neutrales, etc. Sin embargo, al mismo tiempo, otras declaraciones dominantes muestran un elevado idealismo, acompañado de una buena dosis de ingenuidad y simplismo, revelando creencias utópicas que distorsionan la realidad de la práctica científica y sustentan mitos popularmente extendidos: aceptación de la objetividad como característica esencial y diferenciadora de la profesión científica, exigencia de más autonomía para seleccionar los problemas de investigación, independencia de una ciencia académica "pura" respecto a la utilización social de los descubrimientos...

2) En cuanto a las ideas sobre aquellos aspectos más relacionados con la epistemología de la ciencia también aparecen mezcladas algunas concepciones aceptadas hoy en día, tales como la provisionalidad de los conocimientos científicos y la necesidad de su evolución histórica, la influencia de elementos sociales en su construcción, etc., con otras más desfasadas y hasta profundamente erróneas: existencia de una única realidad exterior a descubrir, utilización de un método científico por excelencia en las mejores investigaciones...

¿Cuáles son entonces las principales consecuencias que se desprenden de este trabajo? Ciertamente, a la hora de diseñar un proyecto curricular es preciso plantearse previamente qué finalidades educativas se pretenden, siendo una buena forma de abordar esta cuestión, en relación con la formación científica, preguntarse qué actitud epistemológica queremos propiciar en los estudiantes (Burbules y Linn 1991). En este sentido, en la actualidad se viene reclamando una educación científica basada en la necesidad de desarrollar una comprensión pública de la ciencia (Bybee 1985), capaz de contribuir a una formación básica del alumnado preparándolo para que puedan ser ciudadanos responsables y activos en una sociedad democrática y tomen decisiones en situaciones ligadas a problemas científicos y tecnológicos con incidencia social (Aikenhead 1985 a,b, Solomon 1988).

Esta tendencia ha llevado a centrar la atención en nuevas propuestas con el fin de incorporar a los currícula de Educación Secundaria una orientación que tome en consideración los puntos de vista histórico y sociológico, la comprensión de la filosofía de la ciencia y las relaciones CTS, para así situar la ciencia en su contexto. Se trata de

innovaciones que también tienen su interés por su capacidad potencial para generar una mayor calidad educativa (Penick y Meinhard 1983) y mejorar las deterioradas actitudes hacia las ciencias (Solbes 1990).

Para que lo que acabamos de señalar sea posible es necesario que el profesorado adquiriera una amplia y actualizada formación sobre estos temas y sea capaz de superar algunos obstáculos epistemológicos. También hace falta que disponga de materiales curriculares adecuados (Pardo 1992). Ahora bien, por un lado, Solbes y Vilches (1989) han denunciado ya la imagen deformada de la ciencia, y a la vez alejada de su contexto filosófico, histórico y social, que propagan los libros de texto habitualmente utilizados como principal recurso por la mayoría del profesorado español. Por otro lado, en este estudio se han puesto de manifiesto claramente algunas insuficiencias y confusiones que, en torno a estas cuestiones, presentan los futuros profesores de Enseñanza Secundaria de ciencias y tecnologías. Aunque nos parece necesario confirmar las tendencias de opinión encontradas realizando más investigaciones en esta línea con otros grupos de profesores, entre los que se incluyan también a los que están en activo, nuestra hipótesis es que muy probablemente seguirán apareciendo serias limitaciones y deficiencias conjuntamente con una visión más o menos distorsionada de ciertos aspectos de la ciencia y la tecnología.

Puesto que la formación inicial del profesorado en estos temas suele ser generalmente escasa, y a menudo obsoleta, resulta absolutamente necesario incorporarlos a los planes de actualización científica y didáctica para la formación permanente del profesorado; esto es, se hace imprescindible que se haga mayor énfasis en los aspectos de la ciencia y la tecnología señalados para tratar así de promover una profunda reflexión de las profesoras y los profesores sobre los mismos y favorecer su adaptación curricular.

ANEXO

CUESTIONARIO DE OPINIONES SOBRE CIENCIA Y SOCIEDAD (COCS)

DATOS PERSONALES

EDAD: SEXO:

ESTUDIOS CURSADOS/TITULACION:

MATRICULADO EN (CURSO):

CENTRO: LOCALIDAD:

INSTRUCCIONES PARA RELLENARLO

Este cuestionario tiene como finalidad conocer tu opinión sobre la naturaleza de la ciencia, sus implicaciones sociales, etc.

Indica tu grado de acuerdo o desacuerdo con cada uno de los enunciados marcando con una **X** uno de los números, sabiendo que el significado de éstos es el siguiente:

1. TOTALMENTE de acuerdo
2. BASTANTE de acuerdo
3. ALGO de acuerdo
4. ALGO en desacuerdo
5. BASTANTE en desacuerdo
6. TOTALMENTE en desacuerdo

Puedes aclarar o matizar tu respuesta en la columna de OBSERVACIONES

MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACION

ENUNCIADOS	ACUERDO/ DESACUERDO	OBSERVAC.
1. Todas las personas deberían adquirir una sólida formación en ciencia, porque los mayores problemas de este siglo y del futuro requieren o requerirán decisiones personales o públicas que tienen su origen en el conocimiento científico	1 2 3 4 5 6	
2. Aunque muchos de los problemas que tiene la humanidad están relacionados con la ciencia y la tecnología, sus soluciones no serán posibles basándose principalmente en criterios científicos y tecnológicos	1 2 3 4 5 6	
3. Los gobiernos y las comunidades sociales deben subvencionar solamente aquellas investigaciones científicas que interesen al país	1 2 3 4 5 6	
4. Los modelos teóricos elaborados por los científicos, por ejemplo los modelos atómicos o el del DNA, pretenden describir lo más exactamente posible la realidad	1 2 3 4 5 6	
5. Los mejores científicos son los que siguen en sus investigaciones las etapas del método científico lo más escrupulosamente posible	1 2 3 4 5 6	
6. La sociedad debe poner medios para que la proporción de mujeres y hombres que se dedican a la ciencia sea aproximadamente igual, ya que actualmente hay una mayoría de científicos que son hombres	1 2 3 4 5 6	

ENUNCIADOS	ACUERDO/ DESACUERDO	OBSERVAC.
7. En general, los científicos son más objetivos e imparciales en sus investigaciones que la mayoría de los demás ciudadanos en sus trabajos	1 2 3 4 5 6	
8. Es preferible que en el futuro la mayor parte de los ingenieros y tecnólogos continúen siendo hombres, dadas las características peculiares de la técnica	1 2 3 4 5 6	
9. La mayor parte de los científicos se preocupan actualmente por los efectos útiles o nocivos derivados de sus descubrimientos	1 2 3 4 5 6	
10. La ciencia y la tecnología avanzarán más y mejor en un país si están más controladas por el gobierno y la sociedad	1 2 3 4 5 6	
11. Cuando un científico discrepa en un tema relacionado con la ciencia o la tecnología suele hacerlo, generalmente, por motivos personales	1 2 3 4 5 6	
12. Existen áreas científicas que son más adecuadas para las mujeres, por ejemplo la Biología. Por el contrario, otras como la Física son más apropiadas para los hombres	1 2 3 4 5 6	
13. Los gobiernos y las comunidades sociales no deben decir a los científicos qué problemas deben investigar, porque éstos son los que mejor pueden decidir lo que debe ser investigado	1 2 3 4 5 6	
14. Los científicos no pueden responsabilizarse de los posibles daños que pudieran resultar de sus descubrimientos, ya que entonces la ciencia difícilmente podría progresar. Son los usuarios los responsables de los daños que se deriven del mal uso de la ciencia	1 2 3 4 5 6	
15. Para mejorar el nivel de vida de un país es preferible invertir dinero en investigación tecnológica antes que en investigación científica	1 2 3 4 5 6	
16. Los científicos tienen la obligación de informar al público de sus descubrimientos utilizando un lenguaje adecuado para que el ciudadano medio pueda comprenderles	1 2 3 4 5 6	
17. Los contactos sociales de los científicos no influyen en su trabajo profesional, ni en el contenido del conocimiento científico de sus descubrimientos	1 2 3 4 5 6	
18. Es probable que los científicos sean más objetivos e imparciales en otras actividades de su vida cotidiana por tener que serlo en su trabajo habitual	1 2 3 4 5 6	

ENUNCIADOS	ACUERDO/ DESACUERDO	OBSERVAC.
19. La política de un país tiene poca influencia sobre el trabajo de los científicos del mismo, porque sus preocupaciones investigadoras se encuentran, en general, al margen de la política	1 2 3 4 5 6	
20. Cuando las investigaciones científicas son correctas el conocimiento que se deriva de ellas no cambia prácticamente en el futuro	1 2 3 4 5 6	

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACEVEDO, J.A. (1990): "Estudios de casos de innovación: enseñanza de la física en contexto". *Investigación en la Escuela*, 12, 91-92.
- ACEVEDO, J.A. (1993): "Cuestiones de sociología y epistemología de la ciencia. La opinión de los estudiantes". *Revista de Educación de la Universidad de Granada* (pendiente de aceptación).
- AIKENHEAD, G.S. (1985 a): "Collective decision making in the social context of science". *Science Education*, 69(4), 453-475.
- AIKENHEAD, G.S. (1985 b): "Science curricula and social responsibility". En R.W. Bybee, ed. (1985): *Science, Technology, Society*. NSTA, Washington D.C.
- BARNES, B. (1985): *About Science*. Basil Blackwell, Oxford. Traducción de J. Faci Lacasta (1987): *Sobre Ciencia*. Labor, Barcelona.
- BRUSH, S.G. (1991): "Women in science and engineering". *American Scientist*, 79, 404-419.
- BURBULES, N. y LINN, M. (1991): "Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?". *International Journal of Science Education*, 13(3), 227-241.
- BYBEE, R.W., ed. (1985): *Science, Technology, Society*. NSTA, Washington D.C.
- CORRONS, A. (1992): "La física y los físicos en España". *Revista Española de Física*, 6(3), 6-7.
- CUTCLIFFE, S.H. (1990): "Ciencia, tecnología y sociedad: un campo interdisciplinar". En M. Medina y J. Sanmartín, eds. (1990): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Anthropos, Barcelona, 20-41.
- FENSHAM, P.J. (1985): "Science for all: A reflective essay". *Journal Curriculum Studies*, 17(4), 415-435.
- FÖLSING, U. (1990): *Nobel-Frauen. Naturwissenschaftlerinnen im Porträt*. C.H. Beck'she Verlagsbuchhandlung, München. Traducción de R. Weigand (1992): *Mujeres Premios Nobel*. Alianza, Madrid.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIO, C. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1991): *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. Horsori, Barcelona.
- GILBERT, S.W. (1991): "Model building and a definition of science". *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79.
- GOMEZ, J. e ILERBAIG, J. (1990): "Ciencia, tecnología y sociedad. Alternativas educativas para un mundo en crisis". En M. Medina y J. Sanmartín, eds. (1990): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Anthropos, Barcelona, 130-152.
- KORTLAND, J. (1992): *STS in Secondary Education: Trends and Issues*. Conferencia dictada en el Congreso "Science and Technology Studies in Research and Education", Barcelona.
- MARCO, B.; MARTIN-MONTALVO, J.; PARAMIO, M.L. y MARCIAS, R. (1990): *La actualidad científica en el diseño curricular de las ciencias experimentales*. Narcea, Madrid.
- MERTON, R.K. (1972): "The institutional imperatives of science". En B. Barnes, ed. (1972): *Sociology of science*. Penguin Books, London, 65-79. Traducción de N.A. Míguez (1980): *Estudios sobre sociología de la ciencia*. Alianza, Madrid, 64-78.
- PARDO, V. (1992): "Ciencia/Tecnología/Sociedad (C/T/S). Un enfoque actual para la enseñanza de las ciencias experimentales". *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, 37-46.
- PENICK, J.E. y MEINHARD, R., eds. (1983): *Focus on excellence: science/technology/society*. NSTA, Washington D.C.
- RICHARDS, S. (1983): *Philosophy and Sociology of Science*. Basil Blackwell, Oxford. Traducción H. Alemán (1987): *Filosofía y Sociología de la Ciencia*. Siglo XXI, México D.F.
- SANMARTIN, J. y LUJAN, J.L. (1992): "Educación en ciencia, tecnología y sociedad". En J. Sanmartín et al., eds. (1992): *Estudios sobre ciencia y tecnología*. Anthropos, Barcelona, 67-84.
- SOLBES, J. (1990): "Las actitudes". *Cuadernos de Pedagogía*, 180, 34-36.
- SOLBES, J. y TRAVER, M.J. (1992): "La historia de la física y la química y su papel en la enseñanza de estas ciencias". *Europhysics Conference Abstracts*, 16 G, 164-165. International Conference on History of the Physical-Mathematical Sciences and the Teaching of Sciences, Madrid.

- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989): "Interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad: Un instrumento de cambio actitudinal". *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 14-20.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1992): "El modelo constructivista y las relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad (C/T/S)". *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 181-186.
- SOLOMON, J. (1988): "The dilemma of Science, Technology and Society Education". En P.J. Fensham, ed. (1988): *Development and dilemmas in Science Education*. Falmer Press, U.K., 266-281.
- THUILLIER, P. (1980): *Le petit savant illustré*. Le Seuil, París. Traducción de J. Pericay et al. (1983): *La trastienda del sabio*. Fontalba, Barcelona.
- WAKS, L.J. (1990) "Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales". En M. Medina y J. Sanmartín, eds. (1990): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Anthropos, Barcelona, 42-75.
- WORTHINGTON, R. (1990): "Estudios superiores sobre ciencia, tecnología y sociedad. El programa de doctorado del RPI". En M. Medina y J. Sanmartín, eds. (1990): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Anthropos, Barcelona, 95-113.
- ZIMAN, J. (1984): *An introduction to science studies*. Cambridge University Press, Cambridge. Traducción de J. Beltrán Ferrer (1986): *Introducción al estudio de las ciencias. Los aspectos filosóficos y sociales de la ciencia y la tecnología*. Ariel, Barcelona.
- ZUCKERMANN, H. y COLE, J.R. (1975): "Women in American Science". *Minerva*, 13, 82-102.