

INTERACCIONES CIENCIA/TÉCNICA/SOCIEDAD: UN INSTRUMENTO DE CAMBIO ACTITUDINAL

SOLBES, J., VILCHES, A.

Seminario de Física y Química. Servei de Formació Permanent.

Universitat de València

SUMMARY

In the present work we show how one of the facts that may help to create a more favourable attitude of the student towards science is the inclusion of the Science/Technique/Natural and social environment relations in the text books: and this approach is not sufficiently explicit in the text books we have analysed.

1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho constatado por la investigación didáctica que la actitud favorable de los alumnos hacia las ciencias, su interés por ellas, decrece a lo largo del período de escolarización (James y Smith 1985, Yager y Penich 1986).

Por supuesto, existen diversas explicaciones de este hecho, la más habitual en amplios sectores del profesorado hace referencia a la interacción entre las características intelectuales de los alumnos y la dificultad creciente de los estudios de ciencias en los cursos superiores (son usuales expresiones como «no pueden», etc).

Recientes aportaciones de la investigación didáctica plantean si el sistema educativo no será responsable, al menos en parte, de dicha actitud negativa. Así se señalan aspectos como:

a) El tipo de enseñanza de las ciencias impartida, caracterizada por limitar sus objetivos a conocimientos, por enseñar en función del siguiente nivel, sin tener en cuenta el bagaje previo de los alumnos, por la falta de interés de las actividades escolares, reducidas a la transmisión verbal de conocimientos elaborados y a su recepción, etc. (Gil 1985, Yager y Penich 1983).

b) El fracaso escolar; la falta de confianza en el éxito, reforzador del rechazo, y muy relacionado a su vez con el tipo de evaluación, centrado en exámenes, con gran énfasis en contenidos (Yager y Penich 1983).

c) Determinadas características de los centros y el profesorado como, p.e., la escasez de tiempo en que el alumno está activamente implicado en tareas de aprendizaje, el tipo de expectativas que los profesores poseen sobre sí mismos, los alumnos y la propia institu-

ción escolar, la ausencia de un conjunto limitado de objetivos alcanzables compartidos por los profesores, etc. (Ribas 1986).

d) La imagen deformada de los científicos (Schibechi 1986) y de la ciencia, caracterizada por el empirismo, que reduce los trabajos prácticos a meros ejercicios, siguiendo recetas, y olvida el papel que el pensamiento creativo (emisión de hipótesis, diseño de experiencias, etc.) ocupa en el trabajo científico (Gil 1983), por la visión acumulativa y puramente lineal del crecimiento de las ciencias, que no muestra la ciencia como algo vivo, en evolución, con crisis y profundos cambios de paradigma (Gil, Senent y Solbes 1986 y 1987), por su falta de conexión con los problemas reales del mundo (Penich y Yager 1986), etc.

Evidentemente, la amplitud y complejidad de los factores que pueden incidir en la actitud negativa de los alumnos hacia la enseñanza de las ciencias, por una parte, y la escasa atención concedida hasta el momento en nuestro país, por otra, hacen necesarios estudios que, adaptando los resultados obtenidos en la literatura extranjera, den origen a una línea de investigación propia.

2. HIPÓTESIS

El objetivo del presente trabajo es abordar uno de dichos factores: la imagen que proporcionan los cursos de ciencias correspondientes a la futura enseñanza secundaria (12-18 años) respecto a las interacciones ciencia/técnica/sociedad. La hipótesis que podemos avan-

zar es que dichos cursos, desde las Ciencias de la Naturaleza de 7º y 8º de EGB hasta las ciencias físico-químicas de BUP y COU, ofrecen una imagen de la ciencia predominantemente cuantitativa, ignorando aspectos cualitativos como las complejas relaciones entre la ciencia, la técnica y el medio social y natural en que se insertan.

Más concretamente, y con ello pasamos a operativizar nuestra hipótesis, cabe esperar que dichos cursos:

1. No sacan a la luz los preconceptos de los alumnos sobre la ciencia y los científicos, como p.e., el mito de la objetividad científica o la visión de los científicos estereotipada y distorsionada que los presenta como «fríos y desapasionados buscadores de la verdad», que se limitan a los hechos sin aventurarse más allá (Schibeci 1986, Polo López 1987).

2. Consecuentemente, no intentan modificarlos, realizando un tratamiento explícito de los mitos y tópicos sobre los científicos y sus métodos de trabajo, planteando contraejemplos que muestren como los científicos no se comportan según dichas ideas previas, etc.

3. Análogamente, tampoco presentan una serie de características de la ciencia que pongan de manifiesto sus profundas relaciones con la técnica y el entorno social, cambiando y ampliando la visión de los alumnos. En concreto, cabe esperar que se limiten a presentar algunas aplicaciones de la ciencia en la técnica (dado que esto se plantea incluso en los programas oficiales en temas específicos como Industrias químicas, Metalurgia, etc.), pero sin profundizar en ello, mostrando la complejidad de los problemas técnicos, que no son meras aplicaciones, ya implicadas en el descubrimiento científico (Barnes et al. 1980).

4. En consecuencia, no dejan claro el carácter de fuerza productiva/destructiva que posee la ciencia, capaz, por un lado, de revolucionar los métodos de producción, cambiar las relaciones sociales, etc. (Bernal 1976) y, por otro, de destruir el mundo como planeta habitable a través del armamento nuclear, etc. (Salam 1986).

5. No abordan el papel de la ciencia/técnica en la modificación del medio y los problemas asociados: desde las alteraciones de procesos ambientales a nivel planetario (efecto invernadero, destrucción de la ozonfera, lluvia ácida, etc.) a la contaminación, desertización, agotamiento de recursos, crisis energética, etc. Sin esto, es imposible una educación ambiental, en armonía con la naturaleza, cuya necesidad ha sido puesta en evidencia por diversos autores (Aikenhead 1985, Catalan y Catany 1986).

6. No muestran el papel que ha jugado la ciencia a lo largo de su historia en la cultura de la humanidad. Por el contrario, hemos mostrado en otros trabajos como los cursos de ciencias se desarrollan sin tener en cuenta el desarrollo histórico. El interés de éste no reside en contar la historia de los problemas abordados,

sino en extraer de dicho desarrollo situaciones de aprendizajes que permitan a los alumnos, en cierta medida, reconstruir los conocimientos científicos y mostrar que la evolución de la ciencia no es un proceso acumulativo (existen crisis, revoluciones teóricas...), provocando así cambios conceptuales ajustados a los grandes cambios de paradigma (Gil, Senent y Solbes 1985 y 1987, Solbes 1986). A lo sumo, se hacen breves referencias biográfico-cronológicas de grandes científicos y sus descubrimientos, sin mostrar:

— El carácter colectivo del trabajo científico (Gil 1983), a menudo marcado por controversias y conflictos entre grupos y tendencias, y no como resultado de un consenso puramente objetivo (Apple 1986).

— Su papel en la evolución de las ideas filosóficas, artísticas, religiosas, etc. (Holton 1982), así como las influencias ideológicas en el desarrollo de la ciencia, proceso caracterizado por su complejidad y contradicciones: de la contribución histórica de la ciencia, la lucha contra visiones dogmáticas a los peligros de un cientifismo supuestamente por encima de las ideologías (Gil y Solbes 1988).

7. No contribuyen a la formación de los alumnos como futuros ciudadanos, preparándoles para la valoración crítica (repercusiones positivas y negativas, sopesar ventajas e inconvenientes, etc), para la toma de decisiones en los problemas de interacción ciencia/sociedad (Aikenhead 1985) e implicándoles con el exterior del centro escolar (visitas y trabajo en instituciones, empresas, clases impartidas por profesionales, etc).

En resumen, se trata de una orientación puramente empirista, acumulativa y operativa, que no tiene en cuenta aspectos cualitativos de tipo histórico, tecnológico, sociológico, humanístico, etc. Sólo haciendo referencia a estos aspectos es posible:

— Dar una imagen más correcta del trabajo científico y superar el desinterés y las actitudes negativas, mostrando el carácter de empresa vital y fascinante que tiene el trabajo científico como ponen de manifiesto las investigaciones de Penich y Yager (1986) sobre las características de los currículos de ciencias más aceptados por los alumnos.

— Debilitar la imagen elitista de la ciencia, acercándola a todos los ciudadanos.

— Comprometer a los jóvenes, como pide el Premio Nobel de Física Salam (1986), en la solución de los graves problemas que hipotecan el futuro de la humanidad: la carrera armamentista, la destrucción del medio ambiente, las enfermedades, la polarización de pobreza y riqueza, el hambre, etc.

— Conseguir que la enseñanza de las ciencias se transforme en un elemento fundamental para la formación de los ciudadanos, no sólo para su capacitación profesional, sino también para que puedan participar acti-

vamente en los asuntos sociales (Gagliardi y Giordan 1986).

Señalar, finalmente, que muchos currículos de ciencia ignoran estos aspectos desde una supuesta neutralidad de la ciencia y del currículo, falacia que Hodson (1987), apoyándose en una amplia bibliografía pone de manifiesto, al mostrar que los currículos no son sólo fruto de un mejor conocimiento científico y didáctico, sino que responden a motivaciones sociopolíticas subyacentes asumidas a menudo de forma inconsciente por los propios diseñadores.

3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el objeto de contrastar nuestra hipótesis hemos elaborado un cuestionario para el análisis de textos que se adjunta (Cuadro 1). Cada uno de los ítems está en conexión con una de las hipótesis operativas, salvo algunos, como el 6 y 7, y el 8, 9 y 10, que desglosan, respectivamente, las hipótesis 6 y 7.

Trata, como se puede apreciar, de verificar si para cada uno de los ítems se introduce un apartado, una actividad para el alumno (aunque sea complementaria, como p.e., un texto para leer, etc.), o incluso, un párrafo dentro de un apartado que trate cada uno de los aspectos considerados. En algunos casos esto sólo puede realizarse correctamente con actividades para los alumnos, p.e., sacar a la luz preconcepciones y modificarlas o, particularmente, tomar decisiones, valorar críticamente, pero con gran amplitud de criterio. Consideraremos contraria a nuestra hipótesis la existencia incluso de breves párrafos.

Con análoga benignidad de criterios se contabilizarán todas las aplicaciones técnicas de la ciencia que aparezcan, aunque no muestren la complejidad del fenómeno técnico. Por otra parte no se tienen en cuenta las referencias biográfico-cronológicas dado que, como hemos señalado en la hipótesis 6, suponen una visión internalista, alejada del propósito de este trabajo: mostrar las interacciones ciencia-sociedad.

Para poder cuantificar esto consideraremos el número de capítulos en que se puede afirmar, según el criterio anterior, que se introduce el aspecto que nos interesa, respecto al número total de capítulos que constituyen el texto.

La muestra a analizar, de acuerdo con el objetivo de este trabajo, consistirá en textos de los niveles correspondientes a la futura enseñanza secundaria, es decir, textos de Ciencias de la Naturaleza de 7º y 8º de EGB, y de Física y Química de 2º, 3º de BUP y COU. El análisis se realizará independientemente por los dos investigadores para comprobar así la fiabilidad de los resultados.

CUADRO 1

CUESTIONARIO PARA EL ANÁLISIS DE TEXTOS

AUTOR TÍTULO	AÑO EDITORIAL	CIUDAD
1. Pretende sacar a la luz las concepciones previas de los alumnos sobre la ciencia y los científicos.		
2. Critica los tópicos habituales sobre las características de los científicos. Presenta características de la ciencia que pueden contribuir a modificar las concepciones. En concreto:		
3. Realiza un tratamiento detenido de las relaciones ciencia/técnica.		
4. Aparece la ciencia como una fuerza productiva/destructiva.		
5. Presenta el papel de la ciencia en la modificación del medio.		
6. Muestra el papel que la ciencia ha jugado en la evolución de las ideas, así como las influencias ideológicas en el desarrollo científico.		
7. Aparece la ciencia como fruto del trabajo colectivo, a menudo marcado por controversias.		
8. Contribuye a la formación de futuras ciudades. En concreto: Permite ejercitar la toma de decisiones.		
9. Favorece la valoración crítica.		
10. Existen actividades de implicación con el exterior (visitas, etc).		

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El cuestionario ha sido aplicado a 47 libros y a efectos de su análisis los dividimos en tres grupos: Ciclo superior de EGB (7º y 8º), 2º y 3º de BUP y COU.

En la tabla 1 y figura 1 presentamos los resultados expresados en porcentajes, por grupos y totales. Como podemos ver la mayoría de los textos no tratan los aspectos considerados, lo que confirma nuestras hipótesis operativas. Comentaremos a continuación los resultados para cada uno de los ítems.

Ítem 1: Intenta sacar a luz referencias a posibles concepciones previas de los alumnos sobre la ciencia y los científicos.

De acuerdo con nuestra hipótesis, se confirma que los libros analizados en la muestra no intentan conectar con estas concepciones, para poder luego modificar las; tan sólo uno de los 47 textos plantea actividades como por ejemplo proponer que los alumnos expongan su concepción de lo que es la ciencia y la forma en que trabajan los científicos, o que den su opinión sobre el papel jugado por la ciencia en la vida de los

figura 1
Resultados análisis de textos.

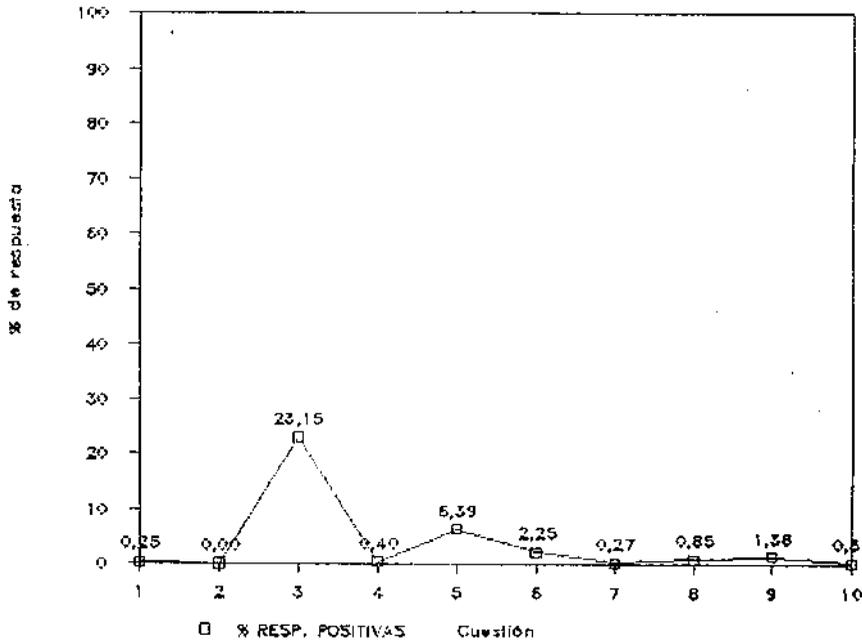


Tabla I
Resultados de análisis de textos.

QUESTION	E. G. B. %	B. U. P. %	C. D. U. %	MEDIA%
1	0,00	0,63	0,00	0,25
2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	22,02	24,45	22,97	23,15
4	0,00	0,60	0,59	0,40
5	10,73	3,07	5,36	6,39
6	0,55	2,72	3,49	2,25
7	0,00	0,46	0,35	0,27
8	2,00	0,54	0,00	0,85
9	2,64	1,51	0,00	1,38
10	0,40	0,54	0,00	0,31

hombres, etc. Sin embargo la mayoría de textos, no sólo no sacan a la luz las ideas de los alumnos, sino que dan una visión estereotipada de la ciencia, insistiendo en el mito de la objetividad científica etc. presentando a los científicos como «vidas ejemplares»... «Buenos ejemplos los de Faraday y Henry para aquellos alumnos que comienzan sus estudios sin más bagajes que la ambición, la inteligencia y la perseverancia».

Ítem 2: Se critican los tópicos habituales sobre las características de los científicos.

Ninguno de los libros analizados trata este aspecto, lo que confirma por tanto nuestra hipótesis. En la mayoría de textos no tratan de modificar la imagen tópica del científico, sino al contrario dan una visión distorsionada y desfavorable de la ciencia y los científicos,

presentándolos como fríos y racionales. En un porcentaje muy bajo de los textos analizados, (tan sólo en un 1,83%) aparecen comentarios que contribuyen a una mejor concepción de la ciencia y los científicos pero sin criticar los tópicos habituales citados anteriormente.

Ítem 3: Realizan un tratamiento detenido de las relaciones ciencia-técnica.

Como cabría suponer, es en este ítem donde encontramos un porcentaje mayor de libros (22,62%) que ponen de manifiesto dicha relación, pero generalmente sin profundizar. Sin embargo consideramos positivo que los libros presenten al menos este aspecto ya que sirve para que los alumnos tengan una imagen de la ciencia conectada a los problemas reales y cotidianos. Así hay libros que comienzan cada tema con las grandes aplicaciones tecnológicas de la materia en cuestión, por ejemplo las aplicaciones y fundamentos del rayo láser en el tema sobre la luz y los espejos, o las aplicaciones de la energía solar para el tema de calor y temperatura, etc. Otros libros, la mayoría, tratan meras aplicaciones de diversos aspectos de la ciencia a veces de forma paralela al desarrollo del tema; así aparecen las máquinas térmicas en el tema de calor, las pilas y acumuladores en el estudio de las reacciones re-dox, industria del sulfúrico, metalurgia, petroquímica, reactores nucleares, aceleradores de partículas, etc. En otros, los menos, aparecen párrafos que profundizan en la relación ciencia-técnica, por ejemplo: «La historia de la electricidad y el magnetismo nos proporciona el primer ejemplo histórico de las transformaciones de un cuerpo puramente científico de experimentos y teorías en una industria a gran escala. La industria eléc-

trica desde el principio al fin es necesariamente científica. Con todo nos da el más irrefutable ejemplo de cómo la investigación científica puede convertirse en ingeniería práctica (...). Los problemas de diseño y de producción de economía, de trabajo y de facilidad de reparación se habían añadido a los principios científicos básicos de la inducción electromagnética».

Ítem 4: Aparece la ciencia como una fuerza productiva/destructiva.

Confirmando nuestra hipótesis, en la mayoría de libros no se hace mención de este aspecto. Sólo en un 0,4% de los analizados aparece recogido en frases como: «... el papel cada vez más directo jugado por la ciencia en el proceso productivo eliminando las tareas simples y poniendo en primer plano las tareas de diseño, organización, etc... exigiría un elevado nivel de formación de toda la población, una planificación racional del proceso productivo, orientado por los objetivos que se derivan de los intereses generales de la población...».

Ítem 5: Presenta el papel de la ciencia en la modificación del medio.

De acuerdo con nuestra hipótesis, sólo un 6,39% de los libros analizados abordan dicho papel. El porcentaje es sensiblemente superior en los textos de EGB. La mayoría de textos no tratan este punto tan decisivo para comprender el papel actual y de futuro de los avances tecnológicos y sus consecuencias. En general los libros hablan del consumo energético, pero no de la alteración del equilibrio. Se estudian los reactores nucleares, pero no los problemas que plantean, (eliminación de residuos accidentales, etc). Sin embargo en algunos libros se aborda el problema de la modificación del medio y se plantean cuestiones como : papel del ozono en la atmósfera y en la industria; la técnica y la sociedad, problemas y repercusiones en la vida de los hombres, contaminación, efecto invernadero, problemas que plantean los insecticidas y aerosoles, desmineralización de aguas, energía nuclear, efectos de la radiactividad, peligros de la radiación, crisis energética, energías alternativas, etc.

Ítem 6: Muestran el papel que la ciencia ha jugado en la evolución de las ideas, así como las influencias ideológicas y socio-políticas en el desarrollo científico.

En general los libros analizados no muestran el papel que ha jugado y juega la ciencia a lo largo de la historia de la humanidad. De forma anecdótica se hacen referencias de tipo biográfico de «grandes» científicos y sus descubrimientos, sin tener en cuenta su contribución a la evolución de las ideas. Sólo un 2,25% de los libros, (3,49% en los niveles superiores) hacen referencia a estos aspectos tan importantes para que los alumnos comprendan cómo se ha ido construyendo la ciencia (cambios de paradigma, crisis, controversias). Así algunos libros hacen mención a la teoría del flogisto y sus repercusiones; hablan de la crisis del vitalismo en

la química orgánica; de la física del sentido común y de la crisis de la física clásica. Hay comentarios como «el desarrollo científico supone en ocasiones la ruptura radical con las concepciones vigentes (la teoría heliocéntrica de Copérnico, la evolución de las especies). El cambio en las ideas aceptadas no afecta exclusivamente al terreno científico, sino a la misma concepción que el hombre posea del universo y de su lugar en el mismo (...) lo cual es una razón más para comprender la imposibilidad de estudiar correctamente el desarrollo científico sin una mínima consideración de los factores culturales y de todo tipo que determinan la sociedad concreta en que dicha ciencia se desarrolla».

Ítem 7: Aparece la ciencia como fruto del trabajo colectivo. Solo un 0,27% de los libros analizados tratan este aspecto «la importancia del aspecto acumulativo de toda la ciencia. Este aspecto acumulativo hace precisamente de la ciencia un producto colectivo, cuyos logros se deben al trabajo de generaciones y generaciones de hombres. Pensemos por ejemplo en la teoría heliocéntrica de Copérnico, en la controversia de la naturaleza de la luz, en la crisis de la física clásica y los comienzos de la física moderna, etc.» En un porcentaje elevado del resto aparece la idea del científico que «trabaja» y «descubre» en solitario colaborando con ello a dar una idea distorsionada de la ciencia y los científicos.

Ítem 8: Permite ejercitar la toma de decisiones.

Sólo un 0,85% de los libros plantean actividades o comentarios que ejercitan a los alumnos en la toma de decisiones. El porcentaje es mayor en EGB que en los cursos superiores. Un libro de 8º plantea la siguiente actividad para los alumnos: «Expón tu propia opinión acerca de la actual carrera de armamentos nucleares.»

En un libro de 3º de BUP se plantea la siguiente actividad para los alumnos: «La actual construcción de centrales nucleares para la producción de corriente eléctrica (...) provoca a menudo la oposición de los habitantes del lugar donde va a instalarse, explica las razones de esta oposición realizando un estudio de las ventajas e inconvenientes de las centrales nucleares sobre las fuentes clásicas». Este tipo de actividades pensamos que favorecen la toma de postura de los alumnos, previa a la toma de cualquier decisión como futuros ciudadanos.

Ítem 9: Favorece la valoración crítica del papel de la ciencia.

Un 1,38% de los libros encuestados responde positivamente en algunos casos a esta cuestión. Aparecen actividades del tipo:

«Haz una redacción sobre las consecuencias que traerá para la humanidad la fabricación en serie de alimentos sintéticos.»

«Escribe un pequeño ensayo sobre los papeles jugados por las ciencias en la historia de la humanidad. Consi-

dera los aspectos positivos y negativos, abarcando el pasado, presente, y las perspectivas futuras.»

Ítem 10: Existen actividades de implicación con el exterior.

Sólo el 0,31% de los libros plantea este tipo de actividades, tan importantes para la formación del alumno, tales como: «Es del mayor interés la visita colectiva a una siderurgia con el fin de ver materializados los procesos estudiados en este capítulo».

CONCLUSIONES

El resultado del cuestionario confirma nuestra hipótesis de que se ofrece una imagen de la Ciencia empirista, acumulativa, operativa, etc. que no tiene en cuenta aspectos cualitativos de tipo histórico, tecnológico, sociológico, humanístico, etc.

Estos aspectos son fundamentales y prioritarios, no sólo porque ayudan a que el alumno tenga una visión real de la ciencia y su relación con la técnica y la sociedad, sino porque además el plantear todos los aspectos señalados en la hipótesis, hace más interesante y motivador el estudio de la ciencia, como han mostrado Pe-

nich y Yager (1986).

Por ello, un tipo de enseñanza de las ciencias coherente con el planteamiento aquí expuesto debe no sólo familiarizar al alumno con la metodología científica y favorecer la adquisición significativa de conceptos superando errores conceptuales, sino que debe además presentar las complejas relaciones entre ciencia, técnica y medio social y natural en que se insertan. Para ello, no basta con que en los futuros temarios y textos aparezcan temas específicos sobre estos aspectos o simples actividades complementarias en cada tema. La razón de ello, es que, si bien el 90% del profesorado, durante un 90% del tiempo disponible, se ciñe a dichos textos y temarios (Yager y Penich 1983), también es cierto que las premuras de tiempo se traducen en que apartados supuestamente menos importantes, que no son normalmente evaluados, como la Física Moderna (Solbes 1986) o las interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad que nos ocupan, no sean abordados.

Como alternativas pensamos que dichos temarios y materiales futuros deben abordar estos aspectos en cada uno de los temas, proponiendo actividades que permitan su evaluación. Sólo esta atención especial podrá conseguir el cambio en la actitud del alumno hacia la Ciencia y su relación con el entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIKENHEAD, G.S., 1985. Collective decision making in the social context of science, *Science Education*, 69, pp. 453-475.

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

BARNES, B. et al., 1980. Estudios sobre sociología de la ciencia. (Alianza: Madrid).

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

CATALAN, A. y CATANY, M., 1986. Contra el mito de la neutralidad de la ciencia: el papel de la Historia, *Enseñanza de las Ciencias*, 4, pp. 153-163.

GAGLIARDI, R. y GIORDAN, A., 1986. La historia de las

- ciencias: una herramienta para la enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, 4, pp. 253-259.
- GIL, D., 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1 (1), pp. 26-33.
- GIL, D., 1985. El futuro de la enseñanza de las ciencias: algunas implicaciones de la investigación educativa, *Revista de Educación*, 278, pp. 27-38.
- GIL, D., SENENT, F. y SOLBES, J., 1986. Análisis crítico de la introducción de la Física moderna en la enseñanza media, *Revista de Enseñanza de la Física*, 2, pp. 16-21.
- GIL, D., SENENT, F. y SOLBES, J., 1987. La introducción a la Física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. extra, pp. 209-210.
- GIL, D. y SOLBES, J., 1988. L'introduction aux Sciences de la Nature comme un element essentiel de la culture de notre temps, *Actes 10èmes. Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique* (en prensa).
- HODSON, D., 1987. Social control as a factor in science curriculum change, *International Journal of Science Education*, 9, pp. 529-540.
- HOLTON, G. et al., 1982. *Project Physics*, (Holt-Rinehart-Winston: New York).
- JAMES, R. K. y SMITH, S., 1985. Alienation of students from science in grades 4-12, *Science Education*, 69, pp. 39-45.
- PENICK, J.E. y YAGER, R.E., 1986. Trends in Science education: Some observations of exemplary programmes in the USA, *European Journal of Science Education*, 8, pp. 1-8.
- POLO, F. y LÓPEZ, J.A., 1987. Los científicos y sus actitudes políticas ante los problemas de nuestro tiempo, *Enseñanza de las Ciencias*, 5, pp. 239-247.
- SALAM, A., 1986. Defensa nuclear, desarme y desarrollo, *Revista de Enseñanza de la Física*, 2, pp. 25-34.
- SCHIBECI, R.A., 1987. Images of science, scientists and science education, *Science Education*, Vol. 70 (2), pp. 139-149.
- SOLBES, J., 1986. *Introducción a los conceptos básicos de Física Moderna*. Tesis Doctoral, Universitat de València.
- YAGER, R.E. y PENICH, J.E., 1983. Analysis of the current problems with school science in the USA, *European Journal of Science Education*, 5, pp. 463-469.
- YAGER, R.E. y PENICH, J.E., 1986. Perception of four age groups towards science classes, teachers and the values of science, *Science Education*, 70, pp. 355-363.