

# EL MODELO CONSTRUCTIVISTA Y LAS RELACIONES CIENCIA/ TÉCNICA/ SOCIEDAD (C/T/S)

SOLBES, J. y VILCHES, A.  
Seminario Permanente de Física y Química. Valencia.

---

## SUMMARY

The importance of the relations Science/Technology/Society with teaching and its convergence with the constructivist model in the science teaching-learning process, is shown in this paper. In the same way, the consequences to the students arisen from the lack of these relations in the daily teaching, are also shown.

---

## 1. AUSENCIA DE LAS INTERACCIONES CIENCIA/ TÉCNICA/ SOCIEDAD EN LA ENSEÑANZA Y SUS CONSECUENCIAS

La investigación didáctica ha puesto de manifiesto en las últimas décadas (Posner 1982, Osborne y Wittrock 1983, Yager y Penick 1983, Gil 1983, Driver 1985, etc.) que la enseñanza de las ciencias se caracteriza en general por estar centrada en los conocimientos, olvidando aspectos históricos, sociales, de relación con el entorno; por la supremacía de los libros de texto, en cuanto que determinan contenidos, formas de enseñanza, evaluación etc.; por justificar la enseñanza impartida en función del siguiente nivel; por una forma de enseñanza expositivo/receptiva que no tiene en cuenta las ideas y esquemas previos del alumnado; por evaluaciones centradas en los contenidos; etc.

Como consecuencia de este tipo de enseñanza se muestra una imagen deformada de la ciencia y los científicos (Schibechi 1986) caracterizada por el empirismo, que olvida el papel del pensamiento creativo (planteamiento del problema, emisión de hipótesis, diseños, etc.) en el trabajo científico; así como por el operativismo, que se limita a la aplicación mecánica de las «fórmulas»; por un planteamiento lineal y acumulativo del desarrollo científico que no muestra la ciencia como algo vivo, en constante evolución con crisis y profundos cambios (Kuhn 1971); y por su falta de conexión con los problemas reales del mundo (Penick y Yager 1986).

En anteriores trabajos (Solbes y Vilches 1989) hemos puesto de manifiesto en nuestro país la enseñanza de la ciencias en general muestra una imagen de las mismas desconectada de la realidad, ajena a los problemas sociales y a su interacción con la técnica.

En el análisis de textos realizado constatamos estos hechos, ya que el 76,9 % de los libros analizados no realiza un tratamiento de las relaciones Ciencia/ Técnica; un 99,6 % no muestra las implicaciones sociales, culturales, económicas, etc. de la ciencia; un 93,6% no aborda el papel que la ciencia ha jugado y juega en la modificación del medio y los problemas que de ello se derivan; 97,8% no muestra el papel jugado por la ciencia a lo largo de la historia de la humanidad; y no aparece la ciencia como fruto del trabajo colectivo en el 99,7 % de los libros analizados; no contribuyen a la formación de los alumnos como futuros ciudadanos preparándolos para la toma de decisiones en el 99,2 % de los casos; ni promueven la valoración crítica en el 98,6 %; ni tratan de implicarlos con el exterior del centro escolar en el 99,7 %; no sacan a la luz las ideas de los alumnos y alumnas sobre la ciencia y los científicos en un 99,8 % de los libros; y, consecuentemente, en un 98,7 % no tratan de modificar dichas ideas.

Es decir, mostramos que en general, en nuestro país, los libros de texto ofrecen una imagen de la ciencia empirista, acumulativa y operativa que no tiene en cuenta aspectos cualitativos, de tipo histórico, sociológico, humanístico, tecnológico, etc., es decir, de relaciones Ciencia / Técnica / Sociedad.

Si tenemos en cuenta que los libros de texto son el instrumento habitual y mayoritariamente utilizado por el profesorado en las clases (Penick y Yager 1983) pensamos que este tipo de enseñanza tendría como consecuencia una influencia negativa en la imagen que el alumnado recibe de la ciencia y los científicos, y puede contribuir a la actitud de rechazo hacia la ciencia y su aprendizaje que muestran los alumnos y alumnas, y que ha sido puesta de manifiesto en los últimos años por la investigación didáctica (Schibeci 1984, Boyer y Tiberghien 1989...).

## 2. IMAGEN DE LA CIENCIA Y LOS CIENTÍFICOS EN LOS ESTUDIANTES

La ausencia de interacciones C/T/S en la enseñanza habitual nos ha llevado a plantear respuesta a la siguiente pregunta: ¿Qué imagen de la ciencia y los científicos tienen los alumnos como consecuencia de la enseñanza que reciben habitualmente?

Pensamos que tendrán en su mayoría una visión deformada de la física y la química alejada del mundo real, como consecuencia de la imagen distorsionada que presenta en general la enseñanza y nos planteamos, simultáneamente, qué consecuencias tendría todo esto en la actitud del alumnado hacia la ciencia y su aprendizaje. Según nuestra hipótesis cabe esperar que muestren poco interés hacia la ciencia, hacia la física y la química en particular, y que manifiesten actitudes poco favorables hacia las mismas.

### 2.1. Ideas del alumnado sobre cuestiones de Ciencia / Técnica / Sociedad

Para verificar nuestra hipótesis elaboramos un cuestionario que fue aplicado a una muestra de 212 estudiantes de 15 a 17 años con el que tratamos de detectar la visión que tienen de la ciencia y los científicos, y su desconocimiento de las interacciones C/T/S.

Dicho cuestionario pretendía, en primer lugar, detectar cuál es la imagen que tienen los alumnos sobre la física y la química (ítem 1) y sobre los científicos (ítem 2).

En segundo lugar, tratábamos de poner de manifiesto su desconocimiento de las interacciones C/T/S, es decir, su desconocimiento de las aplicaciones técnicas de las ciencias físico-químicas (ítem 3); de la influencia de la sociedad en el desarrollo de la física y la química; y viceversa, desde el punto de vista histórico, cultural, político, económico, etc. (ítem 4 y 5); de las implicacio-

nes medioambientales, etc. (ítem 6). Por último, se plantea a los alumnos la realización de una valoración crítica, sobre el papel jugado por la ciencia en la vida de los hombres y de las mujeres (ítem 7).

### 2.2. Resultados

Comentamos por su interés cada uno de los ítems por separado con el fin de contestar la pregunta de qué partimos sobre la imagen que de la ciencia y los científicos tienen los alumnos.

| 1. Escribe cinco palabras sueltas que expresen cómo son para ti las ciencias físico-químicas. |           |                 |
|---|-----------|-----------------|
| Positivas   | Negativas | Características |
| 33,8%   | 45,0%     | 20,7%           |

Como esperábamos, el resultado del primer ítem pone de manifiesto la imagen negativa de la física y la química que tienen los alumnos, ya que el mayor porcentaje de respuestas corresponde a valoraciones negativas de la misma, es decir califican las ciencias físico-químicas de «aburridas», «monótonas», «inútiles», «pesadas», «incomprensibles», etc. El 33,8% las valora positivamente como: «interesantes», «apasionantes», «útiles», «necesarias», etc. Un 20,7% señala características de las mismas sin connotaciones positivas o negativas.

| 2. Explica brevemente lo que es para ti un buen científico. |                 |       |
|---|-----------------|-------|
| Tópicos   | Características | NS/NC |
| 78,3%   | 12,3%           | 9,4%  |

En cuanto a la imagen de los científicos, las respuestas confirman la visión deformada de los mismos que tienen los alumnos, ya que el 78,3% de los encuestados ponen en evidencia la existencia de tópicos, considerándolos como personas imparciales, objetivas, poseedoras de la verdad, genios, a veces un poco locos, que luchan por el bien de la humanidad.

| 3. Señala cinco o más aplicaciones técnicas de la física y la química que conozcas. |            |         |
|---|------------|---------|
| 5 o más   | Menos de 5 | Ninguna |
| 18,4%   | 50,9%      | 30,7%   |

## INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

Pensamos que éste era el aspecto de las interacciones C/T/S sobre el que los alumnos tenían más información como constatábamos en nuestro análisis de textos y, sin embargo, los resultados están de acuerdo con nuestra hipótesis, ya que sólo el 18,4% de los alumnos consultados responden 5 o más aplicaciones técnicas, y lo que es más alarmante, el 30,7% de los alumnos no conoce ninguna aplicación técnica de las ciencias físico químicas.

En cuanto a cuáles son las respuestas dadas por los alumnos, de los pocos que lo dan, el porcentaje mayor corresponde a sus aplicaciones relacionadas con medicinas y farmacia, en general, seguido de industria química, armamento, nucleares, espacio, medios de transporte, electrodomésticos y otros aparatos eléctricos, medicina, energías, electrónica, informática, etc.

| 4. Indica tres o más ejemplos de influencias de la física y la química en la historia (cultural, política, económica, etc.) de la humanidad. |       |         |
|--|-------|---------|
| 3 o más  | 1 o 2 | Ninguno |
| 10,9%  | 44,3% | 44,8%   |

Tal y como esperábamos, los resultados confirman esa imagen de la ciencia que se enseña y que como consecuencia tienen nuestros alumnos, ya que sólo un 10,9% dan tres o más ejemplos, y un 44,8% no cita ninguno.

En cuanto al tipo de respuesta que dan los alumnos, y teniendo en cuenta siempre que son pocos, las que aparecen con mayor frecuencia son en primer lugar la influencia de las bombas atómicas, seguida de los avances de la medicina, el descubrimiento de la electricidad y sus consecuencias, la energía nuclear y centrales nucleares, la revolución industrial, armamento y guerras, viajes espaciales... Es de destacar que, analizadas las respuestas, un porcentaje alto de las mismas tiene connotaciones negativas.

| 5. Indica tres o más ejemplos de influencias de la sociedad (políticas, económicas, etc.) a lo largo de la historia en el desarrollo de la física y la química. |       |         |
|---|-------|---------|
| 3 o más   | 1 o 2 | Ninguna |
| 4,7%  | 27,4% | 67,9%   |

La respuesta todavía fue menor en este caso, destacando un porcentaje más elevado de alumnos que no conocían ninguna: un 67,9%. Es evidente observando estos resultados que, para la gran mayoría de los alumnos, nada o poco tienen que ver la sociedad con la física y la química

y su desarrollo, y confirman esa imagen que señalábamos de la ciencia alejada del mundo real.

En cuanto a las citadas por los pocos alumnos que lo hacen, ordenadas de mayor a menor frecuencia, son, en primer lugar, la influencia de las persecuciones religiosas e ideológicas, seguida de guerras y armamento, desarrollo de la energía nuclear y sus consecuencias, carrera espacial, revolución industrial, búsqueda de energías alternativas, etc.

| 6. Indica tres o más implicaciones de la física y la química en el entorno natural (o medio ambiente). |       |         |
|--|-------|---------|
| 3 o más  | 1 o 2 | Ninguna |
| 9,0%   | 40,6% | 50,5%   |

En este ítem esperábamos una mayor respuesta, y no por un mejor conocimiento de las implicaciones de la ciencia en el entorno natural a través de la propia escuela, de la enseñanza, sino por la contribución de los medios de comunicación (TV, revistas, radio, prensa, etc.). Pero las respuestas confirmaron nuestras hipótesis ya que la mayor parte de los alumnos no conoce ninguna implicación de la física y la química en el entorno natural o medio ambiente.

La imagen negativa de las ciencias físico-químicas vuelve a aparecer en sus respuestas a este ítem, ya que aunque son pocos los que responden, como en los otros ítems, lo hacen señalando las implicaciones negativas (84,8% de sus repuestas, frente al 15,2% de positivas. Así, ordenándolas de mayor a menor en cuanto a porcentajes por número de respuesta, aparece en primer lugar la contaminación atmosférica, de aguas y en general, seguido de contaminación de las centrales nucleares, deterioro de la capa del ozono, insecticidas y fertilizantes, residuos radiactivos, mareas negras, lluvia ácida, limpieza del medio ambiente, bombas atómicas, aprovechamiento de energías naturales, embalses, depuración de aguas, efecto invernadero, modificación del paisaje, degradación del ecosistema, etc. Habrá que preguntarse, por tanto, no sólo qué ciencia se enseña, alejada del mundo real, sino también qué imagen de la ciencia y sus aplicaciones muestran los medios de comunicación.

| 7. Trata de valorar breve y críticamente, sopesando ventajas e inconvenientes, el papel jugado por las ciencias físico-químicas en la vida de los hombres y mujeres. |          |             |       |
|--|----------|-------------|-------|
| Positivo   | Negativo | Pos. y Neg. | NS/NC |
| 16,0%  | 7,1%     | 35,3%       | 41,5% |

En este ítem pretendíamos, por un lado, constatar si son capaces de hacer una valoración crítica y, por otro, poner de manifiesto una vez más la imagen de las mismas a través de la valoración que realicen de su papel a lo largo de la historia de la humanidad. Con respecto a lo primero, es muy alto el porcentaje de alumnos que no saben qué contestar, no saben realizar una valoración sobre dicho papel, y aunque el resultado de los que sí lo hacen se reparte entre un 16,0% que lo valoran positivamente, y un 7,1%, negativamente, son un 35,3% los que ven aspectos positivos y negativos, pero con un matiz importante: en la mayor parte de los casos al sopesar las ventajas y los inconvenientes, estos últimos son siempre mucho mayores e importantes.

Citamos algunos ejemplos literalmente:

«Son un arma de doble filo, ya que por una parte suponen avances, mejoras; pero, por otra, degradación del medio, armamento, guerras.»

«Por una parte suponen ventajas: vida más cómoda; pero por otra, inconvenientes graves: ruido, contaminación, bombas, etc.»

«Bien utilizadas, mejoran la vida; mal: destrucción del planeta y de la humanidad.»

«Explican la realidad, pero acabaremos muy mal.»

En resumen, parece que los alumnos tienen una imagen de la ciencia alejada de los problemas reales del mundo, desconocen las aplicaciones técnicas de las ciencias físico-químicas, las implicaciones culturales, históricas, económicas, sociales, etc. de las mismas, su relación con el entorno; y para algunos las ciencias físico-químicas son las culpables del deterioro del planeta y de los grandes problemas de la humanidad, mostrando así no sólo esa visión de la ciencia deformada, sino también negativa, de rechazo hacia la física y la química y su aprendizaje.

### 2.3. Consecuencias de la ausencia del estudio de los aspectos C/T/S en los estudiantes

Pensamos que esta imagen de la ciencia tenía como consecuencia una actitud de rechazo por parte de los alumnos hacia el estudio de la física y la química, un desinterés hacia la misma, así que previamente, para no influir en las respuestas del anterior cuestionario, tratamos de sacar a la luz esa actitud negativa, de rechazo y estudiar posibles soluciones.

En la primera parte de este segundo cuestionario se pidió a los alumnos que valoraran (de 0 a 10) si la enseñanza recibida hasta el momento había despertado su interés por la física y la química. Un 27,8% de los alumnos lo valoraba por debajo del 5, es decir, como insuficiente, y el porcentaje más alto lo obtenía una nota mediocre, entre el 5 y el 6, por lo que, a pesar del porcentaje de notable (el 22,2%) y sobresaliente (el 5,7%) no parece que en general haya despertado un interés importante el

estudio de la física y química en los alumnos encuestados, que como en el caso anterior la muestra corresponde a 212 estudiantes de 15 a 17 años.

Después se planteó que citaran, desde su punto de vista, cuáles eran las posibles causas de una actitud desfavorable hacia la física y la química. Los resultados indicaban la distribución de causas que ya citábamos al principio; así aparece el 79,2% de los alumnos que citan aspectos metodológicos como posibles causas del desinterés; el 8,5% de los alumnos citan la «innata» dificultad de la asignatura como posible causa; en un porcentaje bajo, el 5,2%, aparece la ausencia de interacciones C/T/S citando cosas como: no se estudian las aplicaciones técnicas, no se relaciona la física y la química con la sociedad, etc.; y en menor porcentaje aparecen otras causas como el alto índice de fracasos, mala calidad de la enseñanza, demasiadas horas de clase, etc.

Se les pedía a continuación que señalaran los factores que podían aumentar su interés hacia el estudio de la física y la química, y nos encontramos con el negativo de la cuestión anterior, con un porcentaje más elevado de alumnos (18,4%) que citaban la necesidad de relacionar la materia con el mundo que les rodea, con las implicaciones socio-ambientales que plantea, etc.

Al pretender que detallaran más en sus respuestas, concretaran más, se les planteó en último lugar, qué cosas pensaban que se podía tratar en un curso de física y química interesantes para ellos, y aquí sus respuestas fueron más concisas. El mayor porcentaje, un 28,2% de los alumnos contestó que sería interesante tratar actividades de interacción C/T/S, citando: estudiar cosas de la vida cotidiana, implicaciones en el medio ambiente, salidas al exterior del centro (visitas a centrales, museos de ciencia, etc.), estudiar las aplicaciones de la física y la química... Hay que añadir en cada una de las respuestas el elevado número de alumnos que no contestaban a la misma, lo que mostraba también su desinterés.

Con estos resultados pusimos de manifiesto, por una parte, el poco interés en general de los alumnos hacia el estudio de la física y la química y, por otra, el que, al menos en parte, los alumnos ven la necesidad de conectar la ciencia con el mundo que les rodea, con su entorno, con sus aplicaciones, a pesar de esa imagen deformada que hemos puesto de manifiesto que tienen de la misma y que produce en muchos casos que desconozcan todas las posibilidades de estas materias, las cuales hacen que su aprendizaje se pueda convertir en algo apasionante.

### 3. LAS RELACIONES C/T/S Y EL MODELO CONSTRUCTIVISTA

En esta última década, la investigación sobre las limitaciones del tipo de enseñanza caracterizado en el primer apartado y, en particular, sobre la existencia de las preconcepciones de los alumnos y el cambio de dichas concepciones, es decir, la sustitución por las explicaciones científicas (Osborne y Wittrock 1983, Posner et al.

1982, Gil y Carrascosa 1985), ha dado origen en estos últimos años a un nuevo modelo de enseñanza/aprendizaje de las ciencias: el constructivismo (Driver y Oldham 1986).

Por otra parte, la búsqueda de excelencia en la enseñanza de las ciencias (Penick y Yager 1986) y la respuesta a la presión de las sociedades modernas que demandan que la ciencia en las escuelas forme futuros ciudadanos para una sociedad orientada científica y tecnológicamente (Aikenhead 1985, Zoller et al. 1990, Yager 1990, Hart y Robottom 1990) han originado una nueva línea de trabajo: las relaciones Ciencia / Técnica / Sociedad (CTS).

Pensamos que ambas líneas de investigación pueden converger y contribuir a cambiar esa imagen de la ciencia empirista, operativa, lineal, y que ignora sus relaciones con la técnica, y la sociedad.

En concreto, el modelo constructivista, en tanto que procura cambiar las ideas previas de los alumnos y sus tendencias metodológicas usuales, centra sus esfuerzos en la conceptualización y en la familiarización con la metodología científica, y evita planteamientos empiristas y puramente operativos característicos de la imagen usual de las ciencias, produce el cambio conceptual y metodológico (Gil y Carrascosa 1985).

Por otra parte, el modelo constructivista recoge las aportaciones de la filosofía e historia de las ciencias, que consideran la ciencia como una actividad humana, como una construcción social, es decir, como un conjunto de modelos y teorías que interpretan la realidad y que cuando no pueden explicar ciertos problemas son sustituidas por otras nuevas. Por ello la evolución y el cambio de los conceptos científicos deben ser tenidos en cuenta en una orientación constructivista de la enseñanza de las ciencias.

Finalmente, si la ciencia es una construcción humana, está sometida a ciertos condicionamientos y determinada por la sociedad donde se desarrolla. El modelo constructivista debe incluir también los aspectos de interacciones C/T/S como contenidos de las materias científicas, junto con los contenidos conceptuales y metodológicos,

y es aquí donde percibimos claramente la convergencia que antes mencionábamos entre ambas líneas de investigación.

Muchos currículos de ciencias ignoran estos aspectos desde una supuesta neutralidad de la ciencia y del currículo, falacia que diversos autores han puesto de manifiesto (Apple 1986, Hodson 1987) 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.

La pregunta acerca de qué imagen de la ciencia y los científicos tienen nuestros alumnos ha quedado contestada, pero, ante los resultados obtenidos, ante su desconocimiento de las aplicaciones técnicas de la física y la química, de las implicaciones sociales y medioambientales, frente a esa visión deformada de la ciencia que se enseña en las escuelas, pensamos que esta imagen se puede sustituir por una ciencia más real, por una física y química en contacto con el mundo que nos rodea, es decir, por la utilización en la enseñanza de las interacciones C/T/S, por la introducción en los currículos de aspectos de relaciones Ciencia / Técnica / Sociedad, y no sólo porque es motivador, porque a los alumnos les interesa, sino también y de forma importante porque con ello se muestra una imagen más real de lo que es la ciencia, de cómo trabajan los científicos y de cómo las ciencias físico-químicas han influido en el desarrollo de la propia historia de la humanidad.

La utilización de las actividades C/T/S en el aprendizaje de la física y la química dentro del marco del modelo constructivista de enseñanza, incorporadas al hilo conductor de cada tema, creemos que puede y debe contribuir a mejorar la actitud de los alumnos hacia la ciencia, sustituir su desinterés por el estudio de la misma (hemos costatado que sólo se necesita un reducido porcentaje de actividades C/T/S, entre un 10 y un 15%, para producir grandes cambios en el alumnado), y reconocer que el estudio de la ciencia y en particular de la física y la química debe contribuir a su formación como futuros ciudadanos, preparándolos para tomar decisiones, realizar valoraciones críticas, etc.

### 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).

BOYER, R. y TIBERGHIE, A., 1989. Las finalidades de la enseñanza de la física y la química vistas por profesores y alumnos franceses, *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), pp. 213-222.

DRIVER, R., 1985. Cognitive psychology and pupils frameworks in mechanics, the many faces of teaching and

learning mechanics, proceeding of 1984 Girep. *Conference on Physics Education*. Utrech, pp. 171-110.

DRIVER, R. y OLDFHAM, V., 1986. A constructivist approach to curriculum development in Science, *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-122.

GIL, D., 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1(1), pp. 26-33.

GIL, D. y CARRASCOSA, J., 1985. Science learning as a conceptual and methodological change, *European Journal of Science Education*, 7, pp. 231-236.

- HART, E.P. y ROBOTOM, I.M., 1990. The Science - Technology - Society Movement in Science Education: A critique of the reform process, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27 (6), pp. 575- 588.
- HODSON, D., 1987. Social control as a factor in science curriculum change, *International Journal of Science Education*, 9, pp. 529-540.
- KUHN, D., 1971. *La estructura de las revoluciones científicas*. (Fondo de Cultura Económica: México).
- OSBORNE, R. y WITTRICK, M., 1983. Learning Science: a generative process, *Science Education*, 67, pp. 490- 508.
- POSNER, G.L. et al., 1982. Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66 (2), pp. 211-227.
- SCHIBECI, R.A., 1984. Attitudes to science: An update, *Studies in Science Education*, Vol. 11, pp. 26-59.
- SOLBES, J. y VILCHES, A., 1989. Interacciones Ciencia / Técnica / Sociedad. Un instrumento de cambio actitudinal, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, pp. 14-20.
- YAGER, R.E. y PENICK, 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 PENICK, J.E., 1986. Trends in science education: some observations of exemplary programme in the United States, *European Journal of Science Education*, 8 (1), pp. 1-8.
- YAGER, R.E., 1990. STS: Thinking over the years, *The Science Teacher*, pp. 52-56.
- ZOLLER, U. et al., 1990. Goal attainment in Science - Technology - Society (S/T/S) Education and reality: The case of British Columbia, *Science Education*, 74 (1), pp. 19-36.