

ENFOQUE CTS EN LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA NUCLEAR: ANÁLISIS DE SU TRATAMIENTO EN TEXTOS DE FÍSICA Y QUÍMICA DE LA ESO

GARCÍA-CARMONA, ANTONIO^{1,3} y CRIADO, ANA MARÍA^{2,3}

¹ Área de Ciencias. Colegio Luisa de Marillac. Sevilla

² Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla

³ Grupo Andaluz de Investigación en el Aula (GAIA)

agarcia@cofis.es

acriado@us.es

Resumen. En este artículo se muestran los resultados y las conclusiones de un estudio exploratorio sobre el enfoque ciencia-tecnología-sociedad (CTS), introducido en la enseñanza de la energía nuclear en Secundaria. Para ello, se analizan once libros de texto de las editoriales más utilizadas en la enseñanza de la física y química de 3º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), en la Comunidad Autónoma de Andalucía (España).

Palabras clave. Educación científica, Educación Secundaria, energía nuclear, enfoque CTS, libros de texto.

STS approach in teaching of nuclear power: analysis of its treatment in physics and chemistry textbooks of secondary education

Summary. In this paper, we present the results and conclusions of an exploratory study on Science-Technology-Society (STS) approach, introduced in teaching of nuclear power in Secondary School. We analyse eleven textbooks of the most used publisher in physics and chemistry teaching in Secondary School (14-15 years-old), in region of Andalusia (Spain).

Keywords. Nuclear power, scientific education, STS approach, Secondary Education, textbooks.

1. PLANTEAMIENTO DE LA CUESTIÓN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

La energía constituye uno de los núcleos básicos de la educación científica, ya que su estudio permite comprender y explicar multitud de fenómenos y procesos científico-tecnológicos de nuestro entorno. Si bien, más allá de la comprensión de conceptos y principios, la enseñanza de la energía debe estar enfocada al fomento de actitudes de responsabilidad hacia los problemas ambientales y desequilibrios sociales, derivados de su desarrollo (Gó-

mez y Cervera, 1993). Y es que la actividad científica, como cualquier otra actividad del ser humano, se desarrolla en interacción permanente con las circunstancias de cada momento histórico (Gil et al., 1991). Por tanto, la inclusión de aspectos sociopolíticos, económicos, históricos y culturales, en la enseñanza de la energía, supone una profundización en la problemática asociada a su construcción (Doménech et al., 2003; García-Carmona,

2003; Williams y Reeves, 2003). Como afirmaba el historiador científico alemán Jürgen Renn, en una entrevista reciente¹, «no hay un dominio de los hechos científicos sin conocer también los valores éticos; y no hay hechos sin interpretación ni interpretación sin hechos, ambas cosas van unidas».

Esta visión de la ciencia ha originado un movimiento renovador del currículo, conocido como *enfoque ciencia-tecnología-sociedad* (CTS) (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Vilches, Gil y Solbes, 2001; Membiela et al., 2002), que tiene como fin superar el carácter neutral atribuido habitualmente a la ciencia, y destacar su papel dinamizador en el desarrollo de la sociedad. Desde esta perspectiva, la enseñanza de la energía, bajo un enfoque CTS, intenta que los alumnos desarrollen una conciencia y, sobre todo, una capacidad para evaluar las consecuencias, a corto y largo plazo, del desarrollo energético en el mundo donde viven (Hobson, 2003).

Uno de los temas que suscita mayor controversia en la sociedad es el relacionado con la energía nuclear (Alsop y Watts, 1997; Campbell, 2003). Entre los motivos del debate se hallan la proliferación de proyectos nucleares, con fines militares, en un número cada vez mayor de países; el riesgo de su producción y control en las centrales nucleares, y el impacto medioambiental de los residuos radiactivos que se generan. También, y en contraposición a esto último, la persistente reclamación de los foros pronucleares en favor del uso de esta energía, como la panacea ante los altos precios del petróleo y los problemas de contaminación ocasionados por el transporte (vertidos) y la combustión de productos derivados del mismo. En cualquier caso, se trata de un tema ciertamente controvertido, que suscita en la sociedad una actitud de desconfianza hacia la producción de energía nuclear (Gutiérrez et al., 2000; Raviolo, Siracusa y Herbel, 1997); entre otras causas, porque se relaciona con el horror, la destrucción, graves enfermedades y la muerte (Pliego et al., 2004). Y es que aún siguen presentes en la memoria de la humanidad los efectos devastadores producidos por las bombas nucleares en Hiroshima y Nagasaki (1945), así como el accidente nuclear de Chernobyl (1986). Lo cual, de alguna manera, genera en los ciudadanos opiniones altamente subjetivas, que no benefician al análisis coherente de la utilidad del fenómeno radiactivo y sus aplicaciones en la sociedad actual. En consecuencia, se hace necesario abordar el tema desde todas sus perspectivas (interacciones CTS), y a partir de los niveles básicos de la educación, con el fin de que la ciudadanía adquiriera la habilidad de pensar a través de problemas de la vida diaria (Harlen, 2001) y que se forme opiniones fundamentadas.

En los últimos años se han realizado algunos estudios sobre ideas, opiniones y actitudes en torno a la radiactividad y la energía nuclear en la educación científica; si bien éstos han sido llevados a cabo en el ámbito de la educación post-obligatoria (bachillerato y universidad) (Alsop y Watts, 1997; Cooper, Yeo y Zadnik, 2003; Gutiérrez et al., 2000; Pliego et al., 2004), o en la formación permanente del profesorado (Raviolo, Siracusa y Herbel, 1997; Sánchez González y Sebastián Lamana, 2005). Queda,

por tanto, pendiente investigar cómo se trata el tema en la educación científica básica (obligatoria).

En la etapa obligatoria (12-16 años), de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), el estudio del fenómeno radiactivo y de sus aplicaciones se introduce en el tercer curso (14-15 años), dentro del currículo de física y química (CEJA, 2004). Dicho currículo es el marco de referencia donde se establecen los contenidos mínimos, así como las sugerencias metodológicas y didácticas básicas para su enseñanza. Sin embargo, son los materiales didácticos, elaborados a partir del mismo, los que permiten la puesta en práctica de esos contenidos en el aula. Actualmente, los libros de texto continúan siendo el material didáctico más utilizado en todos los niveles educativos (Malaver, Pujol y D'Alessandro, 2004); de modo que su análisis constituye una de las principales fuentes de información acerca de la introducción y el tratamiento didáctico habituales de los contenidos en clase (Alcocer et al., 2004; Dreyfus, 1992; Jiménez y Criado, 2005). Por ello, estimamos interesante explorar, como punto de partida en la línea de indagación planteada, qué enfoque CTS se da a la energía nuclear en los textos de física y química de ESO. En concreto, nos cuestionamos:

- 1) *¿Qué contenidos CTS, relacionados con la energía nuclear, se incluyen en los textos de física y química de 3º de ESO?*
- 2) *¿Cómo se distribuyen tales contenidos en las unidades didácticas correspondientes?*

El objetivo de este trabajo es, por tanto, mostrar los resultados y las conclusiones de un análisis exploratorio, realizado con el fin de dar respuestas a los interrogantes anteriores.

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

2.1. Estrategias de análisis

La investigación se concretó en un análisis de contenido, de tipo descriptivo, sobre la introducción y el tratamiento de contenidos CTS, referidos a la energía nuclear –y al fenómeno radiactivo, en general–, en libros de texto de física y química de 3º de ESO.

En la actualidad no existe un posicionamiento unánime respecto a cuál es la estructura y el tipo de contenidos o aspectos CTS más idóneos, con vistas a la integración de dicho enfoque en el currículo de ciencias de Secundaria (Acevedo y Acevedo, 2002). Es más, algunos autores como Aikenhead (2002) consideran que esta falta de uniformidad, manifestada en la diversidad de proyectos CTS existentes actualmente (como, por ejemplo, los proyectos internacionales SATIS, PLON, SALTERS o SISCON), contribuye a dar vitalidad a dicho movimiento educativo.

Aún así, a la hora de planificar el análisis de los textos resultó muy útil contar con un protocolo, ya validado, que permitiera obtener datos reveladores para los objeti-

vos de la investigación. Por ello, se fijaron unos criterios similares a los utilizados en otras investigaciones, sobre la inclusión de contenidos o aspectos CTS en los textos (Malaver, Pujol y D'Alessandro, 2004). Los criterios establecidos para el análisis fueron los siguientes:

Criterio 1: Se citan las *aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear*. Se distinguen las siguientes:

- a) *Producción de energía eléctrica.*
- b) *Datación de fósiles, rocas y restos arqueológicos mediante isótopos radiactivos.*
- c) *Aplicaciones de los isótopos radiactivos en medicina.*
- d) *Aplicaciones industriales (detección de desgastes y averías de maquinarias...).*

Criterio 2: Se hace alusión a la influencia de la ciencia y la tecnología nucleares en la política, la economía y el comportamiento social, y viceversa.

Criterio 3: Se incide en el papel desempeñado por la ciencia atómica y nuclear, a lo largo de la historia, en la evolución del conocimiento y la cultura de la humanidad. El criterio se desglosa en las siguientes dimensiones:

- a) *Influencia de la ciencia atómica y nuclear en el pensamiento y la cultura.*
- b) *Antecedentes e incidencias de la ciencia atómica y nuclear en la historia.*
- c) *Construcción y desarrollo del conocimiento en ciencia atómica y nuclear.*

Criterio 4: Se incluyen los *problemas medioambientales* relacionados con los residuos radiactivos y/o posibles accidentes en las centrales nucleares.

Criterio 5: Se muestra el desarrollo de la *ciencia nuclear* como un producto de trabajo colectivo, en el que los logros y los descubrimientos se deben a la colaboración de científicos, e independientemente del género de los mismos (contribución de la mujer a la ciencia nuclear, trabajo en equipo, etc.). En tal sentido, se consideran las siguientes categorías:

- a) *La mujer en la ciencia nuclear.*
- b) *El trabajo en equipo.*

Criterio 6: Se comparan las consecuencias beneficiosas (aplicaciones médicas, energéticas, etc.) y perjudiciales (usos bélicos o posibles accidentes en centrales nucleares) que tienen, para la humanidad y el medio ambiente, las aplicaciones de la energía nuclear.

Pero además de conocer la presencia (o ausencia) de los aspectos anteriores, se pretendía obtener alguna información adicional acerca del modo en que lo hacían en el seno de las unidades didácticas.

De forma más o menos explícita, el lugar de ubicación de cierto contenido, dentro de una unidad didáctica, y especialmente, su presencia en diferentes tramos o fases de la misma puede ser un indicador de la importancia que el autor del libro concede a dicho contenido. En efecto, si el contenido se incluye tanto en el desarrollo del tema como en la sección posterior de recapitulación, se puede deducir que los conceptos, procedimien-

tos o desarrollo de actitudes, subyacentes en el mismo, son prioritarios e interesa que sean afianzados por el alumnado. En cambio, si el contenido sólo aparece en la sección de ampliación, puede apuntar a que no forma parte del corpus fundamental de la unidad didáctica; es decir, que no se trata de un contenido básico sino más bien accesorio.

También hay que tener en cuenta el modo en que se realiza la presentación. Cuando el contenido aparece en la presentación de la unidad didáctica, es posible que los autores pretendan que los alumnos relacionen la nueva información, que se tratará más adelante, con los conocimientos que ya poseen. También, ello puede tener la finalidad de que los alumnos sean conscientes, en ese momento, de qué es lo que saben sobre la temática a tratar. En ambos casos, lo lógico es que se vuelva a incidir sobre dicho contenido durante el desarrollo de la unidad. Ahora bien, es posible que los autores sólo pretendan producir un golpe de efecto sin más (en muchas ocasiones, esto suele hacerse mediante una fotografía espectacular), o simplemente hacer una presentación original de la unidad didáctica. En tal caso, es probable que el contenido de la presentación ya no se vuelva a evocar.

En cuanto a la propuesta de actividades sobre una determinada temática, se puede inferir prácticamente lo mismo que se ha dicho con respecto a los contenidos declarativos; es decir, si se proponen durante el desarrollo del tema y, también, en la recapitulación, ello hace pensar que el conocimiento a construir mediante dichas actividades es considerado fundamental. A menudo se dice que lo que el profesor incluye en la evaluación es lo que considera importante. De la misma forma, podemos considerar que si los contenidos CTS son motivo de tratamiento en las actividades de recapitulación o evaluación, el autor del texto los considera relevantes.

Obviamente, el modelo de enseñanza/aprendizaje sostenido por los autores del texto, el tipo de contenidos que consideran relevantes (conceptuales, procedimentales y actitudinales), sus ideologías, concepciones epistemológicas, etc., están detrás de los distintos tratamientos didácticos. En todo caso, el tratamiento didáctico planteado conducirá, si el libro es utilizado literalmente, a que determinados contenidos sean preferentes respecto a otros, a la hora de ser desarrollados en el aula.

Con todo, en este trabajo se analiza si los contenidos CTS, contemplados en los criterios anteriores, son introducidos en los textos como: 1) presentación del tema o unidad; 2) contenido declarativo en el desarrollo del tema; 3) ampliación o suplemento del tema (por ejemplo, en forma de lectura a lo largo, o al final, del desarrollo del contenido); 4) actividades (iniciales, de desarrollo, finales, o de ampliación).

Además de lo anterior, se hace un análisis comparativo de los textos. Esto es, se examina cuántos contenidos CTS, referidos en los criterios especificados, son incluidos en cada uno de ellos, indicando su ubicación en la(s) unidad(es) didáctica(s) correspondiente(s)². Igualmente se comparan los textos en cuanto a la propuesta explí-

cita de actividades sobre la temática, detallando si éstas forman parte de las actividades iniciales, finales o de ampliación de la(s) unidad(es), o bien, si van integradas con los conocimientos básicos del tema.

2.2 Muestra de textos analizados

Con el fin de llevar a cabo el análisis, se revisaron once libros de texto de las editoriales más populares en la enseñanza de la física y química de 3º de ESO (Anexo), en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aun cuando no se siguió ningún procedimiento especial de muestreo, la relación parecía que era lo suficientemente representativa con vistas a extraer conclusiones interesantes, de acuerdo con los objetivos del estudio. Conviene aclarar, también, que algunos de los textos fueron editados antes de la reforma parcial de la LOGSE en 2002; si bien, ello no supuso inconveniente alguno para los propósitos de la investigación. En el Decreto 148/2002, de 14 de mayo (que modifica al Decreto 106/1992, de 9 de junio), por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la ESO en Andalucía (BOJA nº 75, de 27 de junio de 2002), los cambios introducidos en el currículo de física y química sólo afectan a la organización y concreción de los contenidos en los distintos cursos de la etapa. En consecuencia, encontramos que los textos editados a partir de la reforma se han limitado, prácticamente, a introducir algunas modificaciones en la organización de los contenidos, pero no en el tipo ni en su tratamiento didáctico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Inclusión y tratamiento CTS de la energía nuclear en el panorama editorial de los libros de texto

3.1.1. Aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear

La inclusión de la dimensión tecnológica en la educación científica es fundamental, ya que ello genera en los alumnos una imagen más adecuada de la actividad científica, y, sobre todo, una visión de la unidad que constituyen ambas actividades (Valdés et al., 2002). La energía nuclear tiene numerosas aplicaciones tecnológicas como: producción de energía eléctrica en centrales nucleares (criterio 1.a); datación de restos arqueológicos mediante el análisis de desintegración radiactiva de, por ejemplo, el C-14 (criterio 1.b); uso de isótopos radiactivos en el tratamiento y diagnóstico de enfermedades (criterio 1.c); detección de desgastes y averías en maquinarias industriales, etc. (criterio 1.d).

De las aplicaciones anteriores, las que aparecen con mayor frecuencia en los textos son la producción de energía eléctrica, en centrales nucleares, y el uso de isótopos radiactivos en medicina. Ambas se incluyen en cinco de los once textos como contenido declarativo, si bien, en las secciones complementarias o de ampliación del tema, la producción de electricidad es la más frecuente.

La datación de restos mediante isótopos radiactivos se circunscribe al uso del C-14 y es introducida como contenido declarativo en tres de los once textos; sin embargo, su presencia es algo mayor en las secciones de ampliación de contenidos (cuatro de los once textos). Igualmente, las aplicaciones industriales de la radiactividad se introducen con poca frecuencia; sólo tres de los once lo hacen, bien como contenido básico (declarativo), o como información complementaria.

Los que siguen son ejemplos de la inclusión de aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear en los textos analizados.

«En la industria, los isótopos radiactivos se utilizan para localizar zonas de desgaste de piezas de maquinaria, lugares de obstrucción de conductos, etc. En química sirven para investigar mecanismos de reacción, y el mismo papel tienen en medicina cuando permiten seguir el funcionamiento de glándulas o de rutas metabólicas. El Co-60 se utiliza en el tratamiento del cáncer, y el C-14 permite datar restos orgánicos.» (Texto [5]. Tema «La estructura atómica», p. 37; contenido declarativo básico).

«Quizás te haya sorprendido cuando en una clase de historia te dicen que un determinado documento encontrado en unas excavaciones data de hace 3.000 años. [...] Uno de los métodos más utilizados es el del C-14 [...]. Este isótopo es radiactivo, o sea, que se descompone de forma natural. Se conoce el periodo de semidesintegración del C-14, por tanto, se sabe con ello cuánto tardan en transformarse la mitad de los átomos de este isótopo en la muestra.» (Texto [8]. Tema «Estructura atómica», p. 46; información complementaria).

«El proceso de producción de electricidad en las centrales térmicas y nucleares es similar. El calor producido [...] mediante una reacción nuclear (uranio) se emplea para producir vapor de agua a presiones elevadas, cuyo paso a través de una turbina mueve un alternador (generador de corriente alterna), produciendo electricidad.» (Texto [8]. Tema «Importancia de las reacciones químicas y de sus aplicaciones», p. 128; contenido declarativo).

Conviene destacar que sólo el texto [11] hace alusión al fenómeno radiactivo en la presentación de la unidad didáctica donde lo introduce. Además, ello lo hace mediante la propuesta de una actividad inicial:

«¿Qué es la radiactividad? Cita dos usos, al menos, que se da a la radiación que emiten las sustancias al desintegrarse.» (Texto [11]. Tema «Estructura atómica de la materia», pp. 60-61; actividad de presentación del tema).

En relación con la propuesta de actividades de construcción de significados (incluidas durante el desarrollo del contenido del tema), solamente dos de los once textos plantean alguna referida a la producción de energía eléctrica en centrales nucleares. Sobre el resto de aplicaciones tecnológicas, aún son menos frecuentes los textos que las proponen a lo largo del desarrollo del tema. Del

mismo modo, son escasos los que plantean alguna actividad en la fase de recapitulación del tema; además, están dedicadas, exclusivamente, a la producción de energía eléctrica en centrales nucleares.

En la fase de complemento o ampliación del tema, las actividades predominantes –aunque sólo presentes en dos de los once textos– son también las referidas a las centrales nucleares:

«Redacta en tu cuaderno un texto comparando el funcionamiento de una central nuclear, una térmica que utiliza como combustible carbón y una central hidráulica. ¿En qué puntos son semejantes?, ¿qué se obtiene en todas ellas?» (Texto [4]. Tema «El interior del átomo», p. 79; actividad complementaria).

Bastante escasos son, también, los textos que plantean alguna actividad complementaria, o de ampliación, relativa al uso de la radiactividad y la energía nuclear en la medicina o la industria; y ninguno lo hace sobre el uso, por ejemplo, del radioisótopo C-14 en la datación de restos.

En la tabla 1 se muestra, de un modo global y conciso, el número de textos que incluyen los criterios CTS, referidos a las aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear (criterios 1.a, 1.b, 1.c y 1.d), y su desglose según el tratamiento didáctico recibido. Al respecto, es preciso matizar que los números de textos que se registran en la tabla (y en las que siguen) no son, necesariamente, excluyentes entre sí, ya que algunos textos tratan la misma aplicación en distintas partes de la unidad didáctica. Lo mismo ocurre con el planteamiento de actividades.

3.1.2. Aspectos socioeconómicos y políticos relacionados con la energía nuclear

Uno de los aspectos básicos del movimiento CTS es el estudio de las circunstancias políticas, sociales y económicas que influyen en el desarrollo científico-tecnológico,

y viceversa. Su finalidad educativa radica en que la ciudadanía logre comprender y, sobre todo, intervenir socialmente –y con criterio científico– en cuestiones socioeconómico-políticas y ético-morales, que surgen en torno a la actividad científico-tecnológica (Vilches, Gil y Solbes, 2001). En el caso de la enseñanza de la energía nuclear bajo un enfoque CTS (criterio 2), dichos aspectos son esenciales; no en vano, su desarrollo ha sido, y continúa siendo, uno de los episodios más controvertidos de la historia reciente de la humanidad (Webster, 2003). Sin embargo, sólo tres de los once textos revisados incluyen los aspectos socioeconómicos y/o políticos relacionados con la energía nuclear, como parte de los contenidos declarativos de la unidad didáctica. Y sólo un texto hace referencia a ello en secciones complementarias o de ampliación del tema. Ejemplos de tal tratamiento:

«Hoy día, la energía tiene una importancia trascendental en el desarrollo industrial y en el crecimiento económico. Tanto es así, que el consumo energético es uno de los principales indicadores del nivel de vida de un país [...]. Así, los países del primer mundo consumen el 90% de la energía producida en el planeta. La obtención de energía [nuclear] es cara [...], de modo que es preciso hacer un uso cada vez más racional de ella, con el fin de ahorrarla. Esta idea la hemos de incorporar a nuestro comportamiento en todos los ámbitos, en el privado y en el público, exigiendo a nuestra Administración que dé las oportunas directrices y que las haga cumplir.» [No cursiva añadida] (Texto [5]. Tema «La industria química», p. 142; contenido declarativo).

«En España, con ocho centrales nucleares en funcionamiento, es de origen nuclear el 40% de la energía eléctrica producida, teniendo que importar el 50% del uranio consumido, lo que también nos hace vulnerables ante crisis políticas exteriores.» (Texto [2]. Tema «Energías tradicionales», p. 82; contenido declarativo).

«Las compañías eléctricas están descubriendo que es más barato y más fácil convencer a la población para

Tabla 1
Número de textos que incluyen los criterios CTS referidos a las aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear, y distribución de los contenidos y actividades.

| DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES | | | | | | | |
|--|-----------------------|---|-----------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Criterios CTS | Presentación del tema | Contenido básico (declarativo) del tema | Complemento o ampliación del tema | Actividades | | | |
| | | | | Iniciales | De desarrollo del tema | Finales (recapitulación o evaluación) | Complementarias o de ampliación |
| 1.a | – | 5 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1.b | – | 3 | 4 | – | 1 | – | – |
| 1.c | – | 5 | 3 | – | 1 | – | 1 |
| 1.d | – | 3 | 3 | – | 1 | – | 1 |
| (N=11) | | | | | | | |

que utilice la energía de una forma más eficaz (con la consiguiente reducción de la demanda), que construir centrales nucleares con mayor capacidad para cubrir una demanda creciente de energía.» (Texto [9]. Tema «El átomo», p. 67; ampliación de información).

En cuanto al planteamiento de actividades referidas a este criterio CTS, pocos (2/11) son los textos que proponen alguna durante el desarrollo de contenidos declarativos del tema. Mientras que en la fase final o de recapitulación del tema, sólo uno plantea alguna actividad sobre contenidos socioeconómicos, relacionados con la energía nuclear. Dos ejemplos de las primeras:

«Cuando llegue a desarrollarse tecnológicamente este método [reacciones nucleares en cadena] de obtención de energía, ésta será más barata. ¿Qué consecuencias acarreará el que sea barata?» [No cursiva añadida] (Texto [2]. Tema «Energías tradicionales», p. 83; actividad de desarrollo del tema).

«La energía que se consume en las grandes ciudades y en las regiones más industrializadas procede, generalmente, de centrales térmicas o nucleares localizadas en zonas rurales y pobres, que soportan la contaminación y los peligros correspondientes. ¿Qué opinas sobre esta situación?» (Texto [8]. Tema «Importancia de las reacciones químicas y de sus aplicaciones», p. 134; actividad de desarrollo del tema).

La tabla 2 muestra el número de textos que introducen el criterio 2, relativo a las interacciones de la energía nuclear con aspectos socioeconómicos y políticos, así como su desglose según el tratamiento didáctico recibido.

3.1.3. Historia y desarrollo de la ciencia nuclear. Su papel en la historia de la humanidad

La integración de la historia de la ciencia en la educación CTS permite mostrar la ciencia como un proceso de construcción permanente, condicionado por las circunstancias de cada época (García-Carmona, 2002a; Gil et al., 1991; Matthews, 1994), que le confieren una subjetividad intrínseca importante (García-Carmona, 2002b). Así, los alumnos pueden conocer los problemas a los que se han enfrentado los científicos, a lo largo de la historia,

cómo superaron esas dificultades y qué conclusiones obtuvieron de ello (García-Carmona, 2001). Además, ello propicia la imagen de una ciencia no dogmática, con carácter interdisciplinar, que promueve la reflexión crítica hacia los problemas sociales asociados a su desarrollo (Solbes y Traver, 1996). Sin embargo, como se ha visto en otros estudios (Jiménez y Criado, 2005), los libros de texto de ESO dedican poco espacio a ello.

Sin duda, el estudio del átomo es uno de los episodios más interesantes de la historia de la ciencia y de la cultura. Su origen se remonta a la antigua Grecia y las distintas concepciones del átomo han tenido una influencia notoria en el pensamiento filosófico y en la cultura de la humanidad (criterio 3.a). Aún así, sólo un texto introduce algún episodio dedicado a esta influencia en el pensamiento humano; además, lo hacen como parte de la información complementaria. Y ninguno propone actividades sobre ello. El que sigue es un ejemplo de la influencia de la ciencia atómica en la literatura de los siglos XVII y XVIII, citada en uno de los textos analizados.

«Aunque los escritores y científicos de los siglos XVII y XVIII tuvieran en mente el concepto de átomo, le asignaban propiedades esenciales como forma, elasticidad, tal y como se aprecia en este fragmento de Viaje a la Luna, de Cyrano de Bergerac en 1675: “Es precioso, oh animalito mío, tras haber separado mentalmente todo cuerpo visible en una infinidad de cuerpos invisibles, imaginar que el universo infinito no se compone de otra cosa que de esos átomos infinitos, robustísimos, indestructibles y sencillísimos, de los que unos tienen forma de cubo, otros de paralelogramo, otros de ángulo, otros son ovalados, y todos actúan de diversas maneras según su configuración [...]”» (Texto [9]. Tema «El átomo», p. 53; suplemento o ampliación del tema).

Sí se observa un poco más de atención a la historia de la ciencia nuclear, a sus antecedentes y a sus relaciones con la historia de la humanidad (criterio 3.b), aunque sólo uno de los textos la introduce en la presentación del tema; tres de los once textos lo hace como parte del contenido básico (declarativo) del tema, y cuatro de once como complemento o ampliación. El episodio histórico tratado con mayor frecuencia es el descubrimiento de la radiactividad:

Tabla 2
Número de textos que incluyen el criterio CTS referido a los aspectos socioeconómicos y políticos, en torno a la energía nuclear, y distribución de los contenidos y actividades.

| DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES | | | | | | | |
|--|-----------------------|---|-----------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Criterio CTS | Presentación del tema | Contenido básico (declarativo) del tema | Complemento o ampliación del tema | Actividades | | | |
| | | | | Iniciales | De desarrollo del tema | Finales (recapitulación o evaluación) | Complementarias o de ampliación |
| 2 | – | 3 | 1 | – | 2 | 1 | – |
| (N=11) | | | | | | | |

«[...] Este fenómeno fue descubierto casualmente por H. Becquerel, en 1896, cuando observó que una placa fotográfica envuelta en un papel negro y guardada junto a un frasco que contenía sales de uranio, se había ennegrecido como si hubiese sido impresionada.» (Texto [9]. Tema «El átomo», p. 66; ampliación del tema).

Algunos de estos textos también hacen referencia al sueño de los alquimistas: la transmutación de metales básicos en oro. Se trata de una parte de la historia de la ciencia que transcurre en un marcado contexto CTS. Desde el punto de vista civil y político, las autoridades de la época (principalmente en la Edad Media y el Renacimiento, aunque la Alquimia nace mucho antes) mostraron una actitud escéptica hacia la actividad de los alquimistas, puesto que, por un lado, la posibilidad de la transmutación amenazaba el poder que adjudicaba tener el control del oro; pero, por otro, el gobernante que lograra que sus alquimistas fabricaran oro tendría importantes ventajas (Molina et al., 1999). Hoy día, la física nuclear permite realizar la transmutación en cualquier acelerador de partículas, si bien el elevado coste del proceso lo hace impropio. Un ejemplo del tratamiento de este pasaje histórico es el siguiente:

«Al comienzo de la era cristiana, en Alejandría, nace la Alquimia, basada en la filosofía de Aristóteles. Su objetivo era la transmutación de todos los metales en oro y la preparación de la piedra filosofal para ayudar a su ejecución. A tal efecto, se desarrollan métodos físico-químicos, aparatos de laboratorio y reactivos, de manera que la Alquimia se puede considerar el antecedente de las ciencias lúbricas.» (Texto [5]. Tema «La estructura atómica», p. 29; introducción al tema).

El evento histórico relacionado con la ciencia nuclear, que es tratado con menos frecuencia en los textos –pese a su gran trascendencia en el curso de la humanidad–, es el referido al papel desempeñado por la misma en la Segunda Guerra Mundial:

«La reacción nuclear de fisión es la utilizada hoy en día en todas las centrales nucleares y la que se usó en las tristemente famosas bombas atómicas. Se descubrió durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) en Estados Unidos, país empujado por la necesidad de fabricarla antes que la Alemania nazi, dirigida por Hitler, que también la buscaba.» (Texto [7]. Tema «La Química en la Sociedad», p. 132; contenido declarativo).

En cuanto a la evolución del conocimiento en la ciencia atómica y nuclear (criterio 3.c), pocos son los textos que la aluden: sólo un texto de la muestra lo hace en la presentación del tema, y dos de once de los mismos como contenido declarativo básico, o bien como complemento o ampliación del tema. El aspecto tratado con más frecuencia, en estos textos es la evolución de los modelos atómicos, indicándose las limitaciones de los formulados a lo largo de la historia, y la necesidad de proponer otros nuevos:

«[...] No obstante, parecía evidente que si el electrón permanecía en reposo, la atracción electrostática lo lanzaría sobre el núcleo y el átomo sería inestable. La hipótesis de Rutherford sólo podía sostenerse si el electrón giraba alrededor del núcleo. Sin embargo, esta hipótesis creaba un nuevo problema aparentemente insuperable: era un hecho conocido en física, que cualquier carga que girara alrededor del núcleo debería emitir energía; por tanto el electrón, al perder energía, se movería en espiral cada vez más cerca del núcleo hasta quedar aniquilado. [...] A partir de esto, el danés Niels Bohr ensambó la idea del átomo nuclear con un nuevo esquema conceptual que empezaba a abrirse camino en Europa: la física cuántica.» (Texto [9]. Tema «El átomo», p. 63; contenido declarativo).

«El hecho de que el modelo de Rutherford entre en contradicción con la teoría electromagnética clásica y que no explique los espectros atómicos, obligó a rechazarlo y crear otros modelos.» (Texto [5]. Tema «La estructura atómica», p. 41; contenido declarativo).

También referido al criterio 3.c, algunos textos hacen alusión a los retos actuales de la ciencia y tecnología nucleares, como es la generación de energía mediante fusión nuclear:

«Actualmente, los reactores nucleares de fusión están en fase de investigación, ya que las altísimas temperaturas de trabajo (del orden de millones de grados) hacen muy difícil su construcción. Gran parte de los inconvenientes propios de las centrales nucleares quedarían eliminados si consiguiera ponerse en funcionamiento un reactor nuclear de fusión (p. 132). [...] Sin embargo, es un proceso muy común en la naturaleza (la energía solar radiante tiene su origen en energía de fusión nuclear). Es una energía prácticamente inagotable y poco contaminante, que puede resolver en el futuro los problemas energéticos de la humanidad (p. 150).» (Texto [10]. Temas «Química, Sociedad y Medio Ambiente» y «La energía»; contenido declarativo).

Respecto a la propuesta de actividades, los textos omiten el criterio 3.a, y sólo uno plantea alguna referida al criterio 3.b. Las actividades referidas al criterio 3.c (desarrollo y evolución de la ciencia atómica y nuclear) son atendidas por dos de los textos, de forma integrada con los contenidos básicos (declarativos) del tema, y por uno solo como actividad complementaria. Ejemplo de este tipo de actividades:

«¿En qué contradice la existencia de isótopos a la teoría atómica de Dalton?» (Texto [5]. Tema «La estructura atómica», p. 37; actividad de desarrollo del tema).

En la tabla 3 se ofrece el número de textos que introducen las tres perspectivas del criterio 3 y el tratamiento didáctico recibido.

Tabla 3
 Número de textos que incluyen los criterios CTS referidos a la historia y evolución de la ciencia nuclear, y distribución de los contenidos y actividades.

| Criterios CTS | Presentación del tema | Contenido básico (declarativo) del tema | Complemento o ampliación del tema | DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES | | | |
|---------------|-----------------------|---|-----------------------------------|--|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| | | | | Actividades | | | |
| | | | | Iniciales | De desarrollo del tema | Finales (recapitulación o evaluación) | Complementarias o de ampliación |
| 3.a | – | – | 1 | – | – | – | – |
| 3.b | 1 | 3 | 4 | – | – | – | 1 |
| 3.c | 1 | 2 | 2 | – | 2 | – | 1 |
| (N=11) | | | | | | | |

3.1.4. Impacto medioambiental de la energía nuclear

El control y almacenamiento de los residuos radiactivos (criterio 4) es, junto con el efecto invernadero, uno de los mayores problemas medioambientales de nuestro planeta en la actualidad (Sánchez González y Sebastián Lamana, 2005); sin embargo, la educación científica aún no le ha prestado la suficiente atención (Hobson, 2003). En el análisis efectuado, se observa que cinco de los once textos introduce este problema como un contenido básico (declarativo) y/o en la ampliación de información; mientras que sólo uno lo trata en la introducción a la unidad didáctica correspondiente. El aspecto incluido con mayor frecuencia es el accidente nuclear ocurrido en la ciudad de Chernobyl:

«Al producirse el accidente de Chernobyl, en Ucrania, quedó al descubierto gran cantidad de material radiactivo, que era arrastrado a la atmósfera al arder el grafito utilizado como moderador en el reactor. Los bomberos lucharon denodadamente contra el fuego, para detener el flujo de materiales hacia la atmósfera, a pesar de que ello supuso quedar expuestos a dosis de radiación muy elevadas, lo que hizo que muchos falleciesen en los meses siguientes. Chernobyl se califica como la mayor pesadilla de la industria nuclear.» (Texto [11]. Tema «Estructura atómica de la materia», p. 70; información complementaria).

En el conjunto de textos anteriores también se aborda, de manera explícita, el problema derivado del almacenamiento de los residuos radiactivos, a corto y a largo plazo:

«El problema que se les plantea a los países que utilizan este tipo de recurso es qué hacer con unos residuos que pueden permanecer activos miles de años y afectar, por tanto, a varias generaciones. [...] La mayoría de los residuos proceden de las centrales nucleares y si al problema de su eliminación añadimos el hecho de que la

energía nuclear no resulta tan barata como se pensaba y que acarrea [...] elevados riesgos medioambientales, parece que se debería replantear su uso y dirigir los esfuerzos en la explotación e investigación de otras energías alternativas.» (Texto [9]. Tema «El átomo», p. 67; información complementaria).

«Después de los últimos accidentes nucleares, los programas basados en la fisión nuclear han sufrido un parón. Parece ser que la utilización de la fusión nuclear como fuente energética no estará lista antes de cincuenta años, por lo que hasta entonces, si no queremos quemar todo el carbón o petróleo, no tenemos más remedio que fijarnos en las energías renovables.» (Texto [2]. Tema «Energías alternativas», p. 98; contenido declarativo).

En esta misma línea, cinco de los once textos plantean la mayoría de actividades referidas al criterio 4; si bien, lo hacen de forma integrada con el desarrollo de los contenidos. Ejemplos:

«Formad un grupo de trabajo de tres o cuatro componentes. Buscad información en diarios y revistas sobre algún impacto medioambiental provocado [...] por la aparición de fugas radiactivas en centrales nucleares. Redactad un informe y exponedlo en clase. Tras la exposición, organizad un debate para determinar si existen motivos para estar preocupados por la contaminación del medio ambiente o si es exagerada esta preocupación.» (Texto [6]. Tema «Química y Sociedad», p. 199; actividad de desarrollo del tema).

¿Qué opinas sobre los residuos que inevitablemente les dejamos a las generaciones futuras?» (Texto [2]. Tema «Energías tradicionales», p. 82; actividad de desarrollo del tema).

En la tabla IV se indican la frecuencia y el tratamiento didáctico dado al criterio 4 en los textos analizados.

Tabla 4
Número de textos que incluyen el criterio CTS referente al impacto medioambiental derivado de la energía nuclear, y distribución de los contenidos y actividades.

| DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES | | | | | | | |
|--|-----------------------|---|-----------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Criterio CTS | Presentación del tema | Contenido básico (declarativo) del tema | Complemento o ampliación del tema | Actividades | | | |
| | | | | Iniciales | De desarrollo del tema | Finales (recapitulación o evaluación) | Complementarias o de ampliación |
| 4 | 1 | 5 | 5 | – | 5 | – | 1 |
| (N=11) | | | | | | | |

Tabla 5
Número de textos que incluyen el criterio CTS, referido al papel del trabajo colectivo y de la mujer en el desarrollo de la ciencia atómica y nuclear, así como la distribución de contenidos y actividades.

| DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES | | | | | | | |
|--|-----------------------|---|-----------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Criterios CTS | Presentación del tema | Contenido básico (declarativo) del tema | Complemento o ampliación del tema | Actividades | | | |
| | | | | Iniciales | De desarrollo del tema | Finales (recapitulación o evaluación) | Complementarias o de ampliación |
| 5.a | – | 1 | 3 | – | – | – | – |
| 5.b | – | 2 | – | – | – | – | – |
| (N=11) | | | | | | | |

3.1.5. Desarrollo de la ciencia atómica y nuclear como producto del trabajo colectivo

Uno de los objetivos básicos del enfoque CTS es mostrar la ciencia como una construcción humana, que es producto del trabajo colectivo. Respecto a esto último, se hace necesario destacar también el papel de la mujer en el desarrollo científico, porque, además de hacer justicia a sus aportaciones, se contribuye a derrumbar la creencia de que la ciencia es una parcela sólo reservada a hombres (Fernández Rius, 2000). En tal sentido, la *coeducación* debe ocupar un lugar destacado en la enseñanza de las ciencias, resaltando que en esta rama del saber –como en cualquier otra– no existe nada inherente a lo masculino (González García y Pérez, 2002). Además, como señala Eynde (1994), el progreso humano y científico se logrará mejor si se integra a las mujeres en el eje principal de la cultura dominante.

Los aspectos anteriores constituyen el criterio 5 del análisis. El trabajo en equipo de los científicos, en el desarrollo de la ciencia atómica y nuclear (criterio 5.a), es abordado en cuatro de los once textos, predominando su ubicación en las secciones complementarias (3/11). Ninguno plantea actividades al respecto. Ejemplos del tratamiento del criterio 5.a en los textos:

«En 1939, O. Hahn y sus colaboradores consiguieron la primera reacción de fisión nuclear de Uranio-235, comprobando que el núcleo se fisionaba produciendo dos núcleos de números atómicos comprendidos entre 34 y 57, [...]» (Texto [8]. Tema «Importancia de las reaccio-

nes químicas y de sus aplicaciones», p. 131; contenido declarativo).

«La creación por primera vez en la historia de átomos de antimateria abre las puertas a la ciencia del futuro [...]. El hecho se produjo [...] en el Laboratorio Europeo de Partículas (CERN), gracias al esfuerzo de un equipo de científicos italianos y alemanes [...]» (Texto [5]. Tema «La estructura atómica», p. 42; lectura suplementaria).

La contribución de la mujer al desarrollo de la ciencia nuclear (criterio 5.b) sólo es aludida por dos de los once textos, aunque de forma integrada en los contenidos básicos (declarativos) del tema. Resaltan la figura de Marie Curie, pero no proponen actividades orientadas, por ejemplo, a reflexionar sobre las causas de la escasa presencia de la mujer (frente a la de los hombres) en la historia de la ciencia y hasta nuestros días. El tema suele ser tratado en la línea del ejemplo que sigue:

«En 1993 Marie Curie presentó su trabajo sobre la radiactividad como tesis doctoral y recibió, además del título de doctora, dos premios Nobel: en 1903, con Pierre Curie y Henri Becquerel, el premio Nobel de Física por sus estudios de las radiaciones de uranio, y en 1911 el de Química por el descubrimiento del polonio y el radio.» (Texto [8]. Tema «Estructura atómica», p. 41; lectura complementaria).

La tabla V recoge el número de textos que abordan los criterios 5.a y 5.b, y el tratamiento didáctico dado.

3.1.6. Beneficios versus perjuicios de la energía nuclear: análisis comparativo

Como ya se mencionó al principio, la educación CTS intenta promover en los alumnos una serie de actitudes y valores, que les permitan ser críticos y responsables ante situaciones de controversia, relacionadas con el desarrollo científico-tecnológico. Por ello, estimamos interesante analizar cómo promueven los textos el debate en torno a la producción de energía nuclear (criterio 6). En la revisión encontramos que seis de los once textos citan los beneficios y posibles riesgos de la generación de energía nuclear, como parte de los contenidos básicos (declarativos) del tema; mientras que tres de los once de la muestra lo hacen como información complementaria. Ejemplo de este tratamiento en los textos:

«El funcionamiento de estas instalaciones exige reducir la velocidad de reacción y controlar rigurosamente las emisiones radiactivas, que son extraordinariamente peligrosas para los seres vivos, ya que pueden producir importantes alteraciones en sus células. Sin embargo, ciertos isótopos radiactivos son utilizados, con las precauciones necesarias, en diversas áreas de la investigación médica, científica y tecnológica, como la radioterapia en el tratamiento del cáncer.» (Texto [6]. Tema «Química y Sociedad», p. 197; contenido declarativo).

Algo inferior es la cantidad de textos que propone actividades enfocadas a suscitar dicho debate; aunque sí es destacable que la mayoría de ellos las integra con los contenidos básicos del tema. He aquí dos ejemplos de este tipo de actividades:

«Formad grupos de trabajo de 4 o 5 alumnos y consultando bibliografía adecuada investigad las ventajas e inconvenientes que presenta la utilización de la energía nuclear de fisión y la que proviene de los derivados del petróleo.» (Texto [5]. Tema «La industria química», p. 143; actividad de desarrollo del contenido).

«Llevad al aula libros y revistas que traten sobre la energía nuclear o buscar en Internet páginas relacionadas con ella (ventajas, inconvenientes, etc.). Informaros sobre este tema y después, por grupos, elaborad un póster titulado: “La energía nuclear”.» (Texto [7]. Tema «La Química en la Sociedad», p. 133; actividad de desarrollo del contenido).

La frecuencia y el tratamiento didáctico con que es tratado el criterio 6 en los textos analizados se sintetizan en la tabla 6.

2.2. Estudio comparativo entre los diferentes libros de texto, en lo relativo a la presencia de contenidos y actividades sobre energía nuclear con enfoque CTS

Con objeto de completar el estudio, se analizó la presencia en los textos de los diferentes contenidos CTS, que subyacen en los criterios definidos en el protocolo de análisis. En consonancia con el número de criterios –y subcriterios– establecidos, se distinguieron doce aspectos o contenidos CTS relativos a la energía nuclear (véase el pie de la Tabla 7). Asimismo, se examinó qué propuesta explícita de actividades, relativas a la temática, hacen los textos revisados, y qué aspectos CTS son abordados en éstas, dentro de cada tramo o fase de las unidades didácticas correspondientes (Tabla 8).

En la tabla 7 se muestran los aspectos o contenidos CTS, que son tratados en cada uno de los textos cuando introducen la energía nuclear. Se observa que los que introducen mayor cantidad de estos aspectos son el texto [8], con la práctica totalidad de los mismos, y el texto [2] con nueve de los doce definidos. Mientras que los que menos inciden en ello son los textos [1] y [4], con una cuarta parte, o menos, de tales aspectos. El resto de textos abordan entre cuatro y ocho de los aspectos CTS.

En cuanto a las actividades, de la tabla 8 podemos extraer información múltiple. Respecto al número de aspectos CTS tratados en las actividades, destacan los textos [2] y [10], que llegan a abordar seis de los doce aspectos definidos. Les siguen los textos [3] y [8], que tratan cuatro de los doce. El resto, aborda la cuarta parte, o menos, de los aspectos, destacando el texto [9], que no plantea ninguna actividad sobre la temática.

Además, en la tabla 8 vemos en qué tramo de la unidad se ubican las actividades. Son siete de once los textos que proponen alguna actividad durante el desarrollo de los contenidos, siendo el texto [2] el que más aspectos CTS aborda, con seis de doce de los mismos. Por otra parte, encontramos que los textos [1], [4], [9] y [11] no plantean

Tabla 6
Número de textos que incluyen el criterio CTS, referido al debate que suscita la producción de energía nuclear, y distribución de los contenidos y actividades.

| Criterio CTS | TRATAMIENTO DIDÁCTICO | | | | | | |
|--------------|-----------------------|---|-----------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| | Presentación del tema | Contenido básico (declarativo) del tema | Complemento o ampliación del tema | Actividades | | | |
| | | | | Iniciales | De desarrollo del tema | Finales (recapitulación o evaluación) | Complementarias o de ampliación |
| 6 | – | 6 | 3 | – | 5 | 1 | – |

(N=11)

ninguna. El resto de textos sólo llega a abordar entre dos y tres aspectos CTS en actividades integradas durante el desarrollo de los contenidos básicos de la(s) unidad(es).

También son escasos (3/11) los textos que incluyen actividades finales sobre la energía nuclear bajo un enfoque CTS. Si entendemos que las actividades planteadas en las secciones finales, o de recapitulación, están destinadas a afianzar los contenidos básicos de la unidad didáctica, parece que la temática que estamos analizando no llega a ser asumida como básica en la mayoría de los textos revisados.

Respecto al planteamiento de alguna actividad CTS sobre la temática en las secciones de complemento o ampliación, encontramos que cuatro son los textos que plantean alguna. Igualmente es destacable que sólo los textos [1]

y [11] propongan alguna actividad CTS en la fase inicial, o de presentación, de las unidades didácticas.

Por último, en la misma tabla 8 se atiende al planteamiento de actividades, sobre un mismo aspecto CTS, en distintos tramos de las unidades didácticas. Observamos que sólo los textos [8] y [10] lo hacen; concretamente, en las fases de desarrollo y de recapitulación. Si asumimos que cuando un texto incide con actividades sobre un mismo aspecto, en más de un tramo de la unidad, es porque considera que dicho aspecto es importante; encontramos que el texto [8] parece dar importancia a comparar los beneficios y perjuicios en relación con la producción de energía nuclear; mientras que el texto [10] parece darla a la producción de energía en centrales nucleares y a la incidencia de la energía nuclear en la política y la socioeconomía.

Tabla 7
Presencia de contenidos CTS, referidos al estudio de la energía nuclear, en los textos analizados.

| CONTENIDOS O ASPECTOS CTS RELATIVOS A LA ENERGÍA NUCLEAR. COMPARACIÓN ENTRE TEXTOS | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|---|------------------------------|
| Textos | 1.a | 1.b | 1.c | 1.d | 2 | 3.a | 3.b | 3.c | 4 | 5.a | 5.b | 6 | Proporción respecto al total |
| [1] | S | - | - | - | - | - | - | - | S | - | - | - | 2/12 |
| [2] | S | S | S | S | S | - | S | S | S | - | - | S | 9/12 |
| [3] | S | - | - | - | S | - | - | - | S | - | - | S | 4/12 |
| [4] | S | - | - | - | - | - | - | - | S | - | - | S | 3/12 |
| [5] | S | - | - | - | S | - | S | S | - | S | - | - | 5/12 |
| [6] | S | - | S | - | - | - | S | S | S | S | S | S | 8/12 |
| [7] | - | S | S | - | - | - | S | - | S | - | - | S | 5/12 |
| [8] | S | S | S | S | S | - | S | S | S | S | S | S | 11/12 |
| [9] | S | S | S | S | - | S | S | - | S | - | - | S | 8/12 |
| [10] | S | S | S | S | - | - | - | - | S | - | - | S | 6/12 |
| [11] | S | S | S | S | - | - | S | S | S | - | - | S | 8/12 |

S: Aparece el aspecto o contenido.

-: No aparece el aspecto o contenido.

1.a: Producción de energía eléctrica en centrales nucleares.

1.b: Datación de restos mediante isótopos radiactivos.

1.c: Aplicaciones médicas de los isótopos radiactivos.

1.d: Aplicaciones industriales de la radiactividad.

2: Influencia de la ciencia y la tecnología nucleares en la política, la socioeconomía, y viceversa.

3.a: Influencia de la ciencia atómica y nuclear en el pensamiento y la cultura.

3.b: Historia de la ciencia atómica y nuclear.

3.c: Evolución del conocimiento científico en la ciencia atómica y nuclear.

4: Problemas medioambientales relacionados con la producción de energía nuclear.

5.a: La mujer en la ciencia nuclear.

5.b: El trabajo en equipo.

6: Beneficios frente a perjuicios de la producción de energía nuclear.

Tabla 8

Comparación de textos en relación con la propuesta de actividades CTS, relativas a la energía nuclear, en los diferentes tramos de las unidades didácticas correspondientes.

| Textos | CRITERIOS CTS | | | | | | | | | | | | Total de aspectos tratados en actividades |
|--------|---------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|---|-----|-----|------|---|
| | 1.a | 1.b | 1.c | 1.d | 2 | 3.a | 3.b | 3.c | 4 | 5.a | 5.b | 6 | |
| [1] | C | - | - | - | - | - | - | - | I | - | - | C | 3/12 |
| [2] | D | D | D | D | D | - | - | - | D | - | - | - | 6/12 |
| [3] | F | - | - | - | F | - | - | - | D | - | - | D | 4/12 |
| [4] | C | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1/12 |
| [5] | - | - | - | - | - | - | - | - | D | - | - | D | 2/12 |
| [6] | D | - | - | - | - | - | - | - | D | - | - | D | 3/12 |
| [7] | - | - | - | - | - | - | - | - | D | - | - | D | 2/12 |
| [8] | - | - | - | - | D | - | C | C | - | - | - | D, F | 4/12 |
| [9] | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| [10] | D, F | - | C | C | D, F | - | - | - | C | - | - | D | 6/12 |
| [11] | I | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1/12 |

I: Actividades iniciales
D: Actividades de desarrollo
F: Actividades finales o de recapitulación
C: Actividades complementarias o de ampliación

4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

A partir del análisis efectuado, acerca del tratamiento CTS de la energía nuclear en textos de física y química de 3º de ESO, llegamos a las siguientes conclusiones:

- Al contrario de lo que esperaríamos si nos fijásemos en un contenido físico-químico más clásicamente consolidado en esta etapa educativa, encontramos cierta diversidad de tratamiento en el número y tipos de aspectos CTS relativos a la energía nuclear: desde textos que introducen más de las tres cuartas partes de los aspectos encontrados en la muestra analizada, hasta los que no llegan a la cuarta parte de éstos. Además, distinguimos dos tendencias diferenciadas en los textos, y en semejante proporción (casi mitad y mitad en la muestra analizada), a la hora de incluir tales contenidos: *a)* los que, de forma predominante, integran el enfoque CTS durante el desarrollo de los contenidos básicos (declarativos) de la energía nuclear; y *b)* los que suelen relegar dichos aspectos a las secciones de ampliación o suplementos de la unidad didáctica. Esta última insinúa, quizás, que este tipo de contenidos CTS no llega a ser considerado tan fundamental como los que aparecen en el corpus de

la unidad. Otra cuestión que apunta en la misma línea es que sólo dos de los textos incluyen estos contenidos en las actividades de recapitulación o evaluación. Como señala Layton (1994), tal vez ello sea consecuencia de que el enfoque CTS es todavía considerado una innovación curricular definida con poca precisión; o, sencillamente, de segundo orden.

- Respecto a la propuesta de actividades CTS sobre la energía nuclear, encontramos que los textos, a través de éstas, llegan a abordar, a lo sumo, seis de los doce aspectos definidos. Podemos destacar, también, que siete textos proponen actividades integradas en el desarrollo de los contenidos básicos del tema. En estos textos, a estos contenidos CTS se les da un tratamiento similar al de otros, considerados tradicionalmente fundamentales; es decir, los autores parecen no conformarse con un planteamiento expositivo de los mismos, sino que a la vez que aportan conocimientos declarativos proponen actividades que suponen una mayor implicación cognitiva del estudiante. Sin embargo, luego observamos que son escasos (en torno a la cuarta parte de la muestra) los textos que vuelven a plantear actividades sobre la temática en las secciones finales o de recapitulación.

Si pensamos que dichas secciones están destinadas a afianzar los contenidos básicos de la unidad didáctica, lo anterior podríamos interpretarlo como que la temática no llega a ser finalmente asumida como básica, frente a otros contenidos más clásicos, en la mayoría de los textos revisados.

– Observamos que la producción de energía eléctrica, en centrales nucleares, y el uso de isótopos radiactivos en medicina son las aplicaciones tecnológicas tratadas con mayor frecuencia en los textos. El tratamiento didáctico predominante de los mismos suele ser la exposición como conocimiento declarativo; sólo algo menos de la quinta parte de los textos propone alguna actividad al respecto, a lo largo de la unidad didáctica correspondiente. Pensamos que sin el planteamiento de actividades se involucra poco al alumnado en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Es decir, no se estaría fomentando en ellos el hábito de aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones problemáticas, descuidándose así el desarrollo de habilidades y actitudes en relación con el tema. Tampoco se estaría favoreciendo la creación de una opinión personal fundamentada, a menos que el profesorado que utilice estos textos adopte medidas encauzadas a ello.

– Encontramos una baja presencia en los textos (en torno a la cuarta parte) de los aspectos socioeconómicos y/o políticos relacionados con la energía nuclear, pese a que son de los más controvertidos de la historia reciente de la humanidad. El tratamiento didáctico predominante de éstos es, también, mediante una exposición de conocimientos declarativos. Y las actividades propuestas al respecto se concentran, mayoritariamente, en la recapitulación, o fase final, de la unidad didáctica; aunque son escasos los textos que las proponen. A nuestro entender, dichas actividades corren el riesgo de no realizarse, ya que al ser de ampliación, puede ser considerado un contenido que no es necesario, o, al menos, en principio lo sería menos que otros tratados en el núcleo básico de la unidad didáctica. Con ello describimos, meramente, la situación de este tipo de contenidos, sin entrar en más consideraciones que necesitarían un debate más profundo.

– La construcción y el desarrollo de la ciencia nuclear, así como su influencia en la historia, son atendidos en, prácticamente, un tercio de los textos. El episodio tratado con mayor frecuencia es el relativo al descubrimiento de la radiactividad por Becquerel. Sin embargo, en gran parte de los textos suele omitirse la evolución histórica del conocimiento en la ciencia atómica nuclear. Igualmente observamos que se olvida uno de los pasajes –en nuestra opinión– más relevantes de la historia reciente de la humanidad, que tiene relación con la ciencia atómica: la carrera nuclear y su desenlace en la Segunda Guerra Mundial. Son escasas también las actividades propuestas sobre estos aspectos CTS. En suma, en estos textos se presenta la energía nuclear desligada de los acontecimientos históricos en los que ha tenido una crucial influencia; esta sensación se ve reforzada, además, por el hecho de que prácticamente no se proponen actividades al respecto.

– El control y almacenamiento de residuos radiactivos, como uno de los mayores problemas medioambientales

actuales, tampoco llega a ser considerado contenido fundamental en la enseñanza básica de la energía nuclear; su introducción sólo es llevada a cabo en algo más de la mitad de los textos analizados. Desde nuestro punto de vista, su ausencia en la educación científica básica estaría pasando por alto uno de los problemas científico-tecnológico, medioambiental y social de mayor relevancia en el mundo actual.

– Los logros alcanzados en la ciencia atómica y nuclear, como una consecuencia del trabajo colectivo de los científicos, sólo son abordados por alrededor de la tercera parte de los textos analizados. Y menor aún es el número de textos (inferior a la quinta parte) que contribuyen a la *coeducación*, a través de la inclusión del papel de la mujer en el desarrollo de la ciencia nuclear (sólo se limitan a exponer la biografía de Marie Curie). Además, ninguno propone actividades orientadas a la reflexión sobre las causas de la escasa presencia de la mujer (en relación con la de los hombres), en la historia de la ciencia, y las consecuencias sociales que ello tiene. En nuestra opinión, se trata de un aspecto más que sigue alimentando la negativa imagen de la ciencia como un campo de conocimiento neutro e independiente de las personas que la construyen.

– Destacable es, también, que no todos los textos (cerca de la mitad de la muestra analizada) traten como contenido básico (declarativo) los beneficios y perjuicios –tanto potenciales como constatados– de la generación de energía nuclear. Pero menor aún es el número de textos que proponen actividades orientadas a suscitar el debate en torno a las ventajas e inconvenientes de la producción y uso de dicha energía. Pensamos que así se sustrae la posibilidad de que los alumnos asimilen los contenidos procedimentales y actitudinales, que suelen ser construidos mediante este tipo de actividades.

Todo lo que acabamos de decir, aun cuando es consecuencia de un primer análisis exploratorio y aproximado, a partir de una muestra de once textos de 3º de ESO, fortalece la hipótesis de que las interacciones CTS, surgidas en torno a la energía nuclear, no reciben la atención que merecen en la educación científica básica. Sobre todo, teniendo en cuenta que es –y, posiblemente, siga siendo en el futuro próximo– uno de los temas de mayor controversia a escala mundial.

Asimismo, concluimos que, como observamos en parte de la muestra analizada, parece seguir existiendo cierto escepticismo y reticencias, en algunos de los diseñadores de materiales didácticos, a la hora de considerar el enfoque CTS como elemento esencial de la alfabetización científico-tecnológica de los jóvenes (Harlen, 2001). Consecuentemente, pensamos que sería conveniente hacer un llamamiento a los editores de textos de física y química de la ESO, y sugerirles que den mayor importancia a los contenidos CTS; porque su inclusión coadyuva al desarrollo de valores y actitudes del alumnado ante los fenómenos y procesos relacionados con los avances científico-tecnológicos. Y, al mismo tiempo, animar al profesorado identificado con este enfoque educativo a diseñar sus propios materiales didácticos con idea de que

vayan abandonando, de forma paulatina, el uso exclusivo de los libros de texto en su práctica docente.

Por último, queremos añadir que, con objeto de seguir ahondando en la línea de investigación planteada al principio, en lo sucesivo nos proponemos investigar algunas de las cuestiones siguientes: 1) ¿Qué importancia dan los profesores de Secundaria obligatoria a la energía nuclear, y a su dimensión CTS, dentro de sus programaciones de aula?; 2) ¿Cómo abordan estos profesores tales contenidos en dicho nivel educativo?; 3) ¿Qué actitudes muestra el alumnado de 2º ciclo de ESO (14-16 años) hacia el fenómeno radiactivo y la producción de energía nuclear?; 4) ¿Qué estrategias didácticas y metodológicas serán necesarias, con vistas a propiciar el cambio actitudinal

correspondiente? Pensamos que la búsqueda de respuestas a estos interrogantes contribuirá, de algún modo, a la integración coherente y progresiva de las interacciones CTS –y en particular, de las relativas a la energía nuclear–, en la educación científica básica.

NOTAS

¹ Entrevista concedida al Colegio Oficial de Físicos (Madrid), en 2005, con motivo de la conmemoración del Año Internacional de la Física. Disponible en <www.fisicaysociedad.es/view/default.asp?cat=215&id=1899>.

² Algunos de los textos analizados hacen alusión a la energía nuclear en más de una unidad didáctica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, P. y ACEVEDO, J.A. (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón*, 54(1), pp. 5-18.
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2). Disponible en <www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero2/Art1.pdf>.
- AIKENHEAD, G.S. (2002). STS Education: A Rose by Any Other Name, en Cross, R. (ed.). *A Vision for Science Education: Responding to the Work of Peter J. Fensham*. New York: Routledge Press. Disponible en <<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>>.
- ALCOCER, L., CARRIÓN, R., ALONSO, J.J. y CAMPANARIO, J.M. (2004). Presentaciones aparentemente arbitrarias de algunos contenidos comunes en libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(1). Disponible en <www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero1/Art6.pdf>.
- ALSOP, S. y WATTS, M. (1997). Sources from a Somerset Village: A model for Informal Learning about Radiation and Radioactivity. *Science Education*, 81, pp. 633-650.
- CAMPBELL, P. (2003). Should nuclear energy form part of the UK's energy future? *Physics Education*, 38, pp. 143-149.
- CEJA (Consejería de Educación de la Junta de Andalucía) (2004). *Curriculum de Física y Química de la ESO*. Disponible en <www.juntadeandalucia.es/averroes/publicaciones/etapa_esofyq.pdf>.
- COOPER, S., YEO, S. y ZADNIK, M. (2003). Australian students' views on nuclear issues: Does teaching alter prior beliefs? *Physics Education*, 38, pp. 123-129.
- DOMÉNECH, J.L., GIL, D., GRAS, A., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., TRUMPER, R. y VALDÉS, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Cuadernos Brasileños de Ensino de Física*, 20(3), pp. 285-310.
- DREYFUS, A. (1992). Content analysis of school textbooks. The case of technology-oriented curriculum. *International Journal of Science Education*, 14(1), pp. 3-12.
- EYNDE, A. (1994). Género y Ciencia, ¿términos contradictorios? Un análisis sobre la contribución de las mujeres al desarrollo científico. *Revista Iberoamericana de Educación*, 6, pp. 79-101. Disponible en <www.campus-oei.org/oeivirt/rie06.htm>.
- FERNÁNDEZ RIUS, L. (2000). Roles de género-Mujeres Académicas: ¿Conflictos? *III Congreso Internacional Multidisciplinario sobre Mujer, Ciencia y Tecnología*. Panamá, 27, 28 y 29 de julio de 2000. Disponible en <www.campus-oei.org/salactsi/lourdes.htm>.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2001). Perpetuum mobile. La idea del movimiento perpetuo ha inquietado a muchos físicos e inventores a lo largo de la historia. *Revista Española de Física*, 15(4), pp. 58-60.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2002a). Ciencia y pensamiento ilustrado. *Red Científica: Ciencia, Tecnología y Pensamiento*, 48. Disponible en <<http://www.redcientifica.com/doc/doc200211220001.html>>.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2002b). Casualidad, inspiración y descubrimientos científicos. *Red Científica: Ciencia, Tecnología y Pensamiento*, 47. Disponible en <www.redcientifica.com/doc/doc200209150001.html>.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2003). Integración de las relaciones

- CTS en la educación científica. Una propuesta didáctica en el estudio de la energía. *Perspectiva CEP*, 6, pp. 109-121.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en Educación Secundaria*. Barcelona: ICE Universidad de Barcelona/Horsori.
- GÓMEZ, C. y CERVERA, S. (1993). Development of conceptual knowledge and attitudes about energy and the environment. *International Journal of Science Education*, 15(5), pp. 553-565.
- GONZÁLEZ GARCÍA, M.I. y PÉREZ, E. (2002). Ciencia, Tecnología y Género. *Revista de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS+I)*, 2. Disponible en <<http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/varios2.htm>>.
- GUTIÉRREZ, E.E., CAPUANO, V.C., PERROTTA, M.T., DE LA FUENTE, A.M. y FOLLARI, B.R. (2000). ¿Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear? *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), pp. 247-254.
- HARLEN, W. (2001). The assessment of scientific literacy in de OECD/PISA. *Studies in Science Education*, 36, pp. 79-104.
- HOBSON, A. (2003). Physics literacy, energy and the environment. *Physics Education*, 38, pp. 109-114.
- JIMÉNEZ, J. y CRIADO, A. (2005). Análisis de las actividades sobre la Historia de la Química en los libros de Física y Química del segundo ciclo de la ESO en Andalucía. *Actas del VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Granada.
- LAYTON, D. (1994). STS in the school curriculum: A movement overtaken by history?, en Solomon, J. y Aikenhead, G.S. (eds.). *STS Education: International Perspectives on Reform*, pp. 32-44. Nueva York: Teachers College Press.
- MALAVAR, M., PUJOL, R. y D'ALESSANDRO, A. (2004). Los estilos de prosa y el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en textos universitarios de Química General. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), pp. 441-454.
- MATTHEWS, M.R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 255-277.
- MEMBIELA, P. (coord.) (2002). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- MOLINA, A., MORO, A.M., PÉREZ-GARCÍA, E., QUESADA, J.M. y LOZANO, M. (1999). El sueño de los alquimistas en 1999. *Revista Española de Física*, 13(4), pp. 27-30.
- PLIEGO, O.H., CONTINI, L., ODETTI, H., GÜEMES, R. y TIBURZI, M.C. (2004). Las actitudes de los estudiantes universitarios hacia el fenómeno radiactivo, la energía nuclear y sus aplicaciones. *Educación Química*, 15(2), pp. 142-148.
- RAVIOLO, A., SIRACUSA, P. y HERBEL, M. (1997). Cambio de actitudes hacia la energía nuclear: experiencia en la formación de maestros. *Educación en Ciencias*, 1(3), pp. 24-31.
- SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M.D. y SEBASTIÁN LAMANA, J.L. (2005). El saber del profesorado de bachillerato: residuos radiactivos. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra: VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Granada.
- SOLBES, J. y TRAVER, M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Física y Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 103-112.
- VALDÉS, P., VALDÉS, R., GUIASOLA, J. y SANTOS, T. (2002). Implicaciones de las relaciones Ciencia-Tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, pp. 101-128.
- VILCHES, A., GIL, D. y SOLBES, J. (2001). Las relaciones CTS y la alfabetización científica y tecnológica. *Actes V Jornades de la Curie*, pp. 72-81.
- WEBSTER, A.J. (2003). Fusion: Power for the future. *Physics Education*, 38, pp. 135-142.
- WILLIAMS, G. y REEVES, T. (2003). Another go at energy. *Physics Education*, 38, pp. 150-155.

ANEXO

Relación de libros de texto analizados:

- [1] AGAPITO, M. V. et al. (1999). *Física y Química 3º de ESO*. Madrid: Santillana.
- [2] ANTÓN, J.L., DE LA CRUZ, M.C., y GONZÁLEZ, F. (1994). *Física-Química 3º ESO*. Madrid: Editex.
- [3] CAÑAS, A., FERNÁNDEZ, M. y SORIANO, J. (2002). *Física y Química 3º de ESO. Proyecto Ecosfera*. Madrid: SM.
- [4] CRESPO, E. et al. (1997). *Física y Química 3º de ESO*. Madrid: Akal.
- [5] DOMÉNECH, J.L. et al. (1998). *Física y Química 3º de ESO*. Alicante: Marfil.
- [6] GUADIEL GRUPO-EDEBÉ (2002). *Física y Química 3 (3º de ESO)*. Sevilla: Guadiel.
- [7] MORALES, J.V., ARRIBAS, C. y LÓPEZ, V. (2002). *Física y Química 3º de ESO*. Zaragoza: Edelvives.
- [8] PEÑA, A., et al. (1997). *Física y Química 3º de ESO*. Madrid: McGraw-Hill.
- [9] PÍÑAR, I. (1998). *Física y Química 3º de ESO*. Navarra: Oxford.
- [10] PUENTE, J., VIGUERA, J.A. y GONZALO, P. (2002). *Física y Química 3º de ESO. Proyecto Newton*. Madrid: SM.
- [11] SACOTA, J. y VISQUERT, J.J. (1998). *Física y Química 3º de ESO*. Vizcaya: Anaya.

STS approach in teaching of nuclear power: analysis of its treatment in physics and chemistry textbooks of secondary education

GARCÍA-CARMONA, ANTONIO^{1,3} y CRIADO, ANA MARÍA^{2,3}

¹ Área de Ciencias. Colegio Luisa de Marillac. Sevilla

² Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla

³ Grupo Andaluz de Investigación en el Aula (GAIA)

agarcia@cofis.es

acriado@us.es

Abstract

We present the results of a study about what content on Science-Technology-Society (STS) relationships is addressed when Nuclear Energy is taught, and how it is dealt with. We analyzed 11 textbooks from the most commonly used publishers in the subject of Physics and Chemistry of the 3rd year of Compulsory Secondary Education (ESO) (14-15 year olds), in the Andalusia Autonomous Community (Spain). We determined whether the books covered the following topics: (1) technological applications of nuclear energy; (2) their influence on politics, economics, and social behaviour; (3) the role played by atomic and nuclear science in the evolution of knowledge and culture; (4) environmental problems; (5) the development of nuclear science as a product of the collective work of (men and women) scientists; (6) comparison of the beneficial and harmful consequences of nuclear energy. Furthermore, we explored whether these STS topics were presented in the units as: (1) presentation; (2) declarative content in the development; (3) further-study extension or supplement; (4) tasks. We also compared the textbooks, examining how many STS items were included in the content, and the quantity of activities proposed on the topic, noting whether these activities part of the initial, final, or further-study activities of the unit(s), or were integrated into the basic knowledge. The conclusion was that the STS interactions concerning nuclear power still do not receive enough attention in these textbooks of basic scientific education:

– While some textbooks did present considerable STS content, many did not deal with even a quarter of that content. Half of the sample integrated the STS approach into the (declarative) development of the basic content on nuclear energy, and the other half relegated it to the further-study sections.

– Altogether, the activities addressed only six of the aspects defined.

– Electricity production in nuclear power plants, and the use of radioisotopes in medicine were the most frequent technological applications presented. Activities of applying the knowledge acquired to problem situations that would encourage debate were neglected. Neither did the textbooks give much attention to the environmental, socio-economic, or political aspects, and the presentation of nuclear energy was not linked to crucial historical events.

– Atomic and nuclear science was not presented as a consequence of the collective work of scientists, and with little contribution to coeducation by including the role of women (except for the biography of Marie Curie).

We note that there still exists some scepticism and reluctance on the part of some of the designers of teaching materials to consider the STS approach as an essential element in teaching science.

