

tencia social y ciudadana en clase de Ciencias. El contexto elegido fue el debate existente en torno a la producción de energía en centrales nucleares. Mediante un análisis de las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) relativas al tema, el propósito era que los alumnos adquirieran un conocimiento básico para poder opinar, con sentido crítico y racional, ante situaciones relacionadas con el mismo. La experiencia se realizó con 25 alumnos de 3º de ESO, que inicialmente presentaban un conocimiento bastante pobre sobre la energía nuclear y su dimensión CTS. Tras la experiencia, se logró que la mayoría expresara una opinión crítica y fundamentada sobre la cuestión.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje por investigación; Competencia; Ciencia en contexto; Energía nuclear; Relaciones CTS.

La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno a la energía nuclear

pp. 25-38

Antonio García-Carmona*
Ana M^a Criado*

Universidad de Sevilla

Justificación

Las tendencias actuales en Didáctica de las Ciencias reivindican una educación científica que contribuya a que el alumnado adquiera una serie de competencias básicas, que le permitan desenvolverse con conocimiento, responsabilidad y espíritu crítico, en una sociedad donde el desarrollo tecnocientífico tiene una incidencia importante (Osborne y Dillon, 2008; Rocard et al., 2007).

La consecución de dicha meta educativa está condicionada por multitud de factores. Uno

de ellos es el interés que llegue a suscitar en el alumnado los aspectos o problemas que se estudien. En este sentido, autores como Ogborn et al. (1996) y Marco (2004), entre otros, sugieren dar prioridad a aquellos fenómenos o aspectos científicos que puedan ser observados por el alumnado en sus vidas diarias. Efectivamente, diversas investigaciones (Barab et al., 2007; Campbell y Lubben, 2000; Rivet y Krajcik, 2008; Upadhyay, 2006,...) han puesto de manifiesto que el aprendizaje de la Ciencia escolar se ve favorecido si ésta es abordada en conexión con el entorno natural y sociocultural del alumnado.

* Grupo Andaluz de Investigación en el Aula (GAIA). Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla. garcia-carmona@us.es y acriado@us.es

✉ Artículo recibido el 12 de diciembre de 2008 y aceptado el 8 de diciembre de 2009.

Del aprendizaje de la Ciencia a través de contextos sociales, cabe destacar su idoneidad para analizar las continuas y significativas interacciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (interacciones CTS). Un estudio reciente (Bennett, Lubben y Hogarth, 2007) revela que el análisis de tal dimensión contribuye al desarrollo de gran parte de las competencias básicas, que, hoy día, exige una adecuada alfabetización científica. En particular, el enfoque educativo CTS es idóneo, no sólo para promover la competencia científica sino también para el desarrollo de la competencia social y ciudadana (García-Carmona, 2005, 2006, 2008).

Uno de los temas de mayor controversia social está relacionado con la energía nuclear (Sánchez del Río, 2004); por dos motivos, fundamentalmente: de un lado, la creciente proliferación de proyectos nucleares con fines militares; y, de otro, la apuesta de los países más industrializados por la producción de energía nuclear, como solución a los problemas derivados de la gran demanda energética actual. Esta apuesta es consecuencia de los altos precios del petróleo y de los preocupantes problemas medioambientales derivados de su uso (Gómez, 2007), ya que la generación de electricidad en centrales nucleares no emite gases contaminantes a la atmósfera. En contraposición a ello aparecen, sin embargo, el riesgo de alguna fuga de radiación, en las centrales nucleares de fisión¹, y el posible impacto medioambiental de los residuos radiactivos que se generan.

Aparte de la perspectiva energética, el fenómeno de la radiación nuclear ha contribuido de manera importante al avance de campos como la medicina, la industria, la agricultura o la arqueología. Sin embargo, diversas investigaciones revelan cierta actitud de rechazo hacia ésta entre el alumnado y el profesorado (Gutiérrez et al., 2000; Pliago et al., 2004; Raviolo, Siracusa

y Herbel, 1997); básicamente, porque se suele asociar con la destrucción, graves enfermedades o la muerte. Y es que aún está presente en la memoria de la humanidad los efectos devastadores producidos por las bombas nucleares de Hiroshima y Nagasaki (1945), o el accidente nuclear de Chernobyl (1986). De modo que parece oportuno que, dentro de la educación científica, se analice el tema desde sus diferentes perspectivas (interacciones CTS), a fin de que el alumnado pueda opinar sobre el tema con cierto fundamento (García-Carmona y Criado, 2008). Ello resulta, además, bastante viable porque existe gran cantidad de información sobre el tema, con distintos enfoques y posicionamientos, que lo hacen accesible para el alumnado; e ideal para la confrontación de ideas y opiniones, con vistas a desarrollar un pensamiento reflexivo en torno al mismo.

Objetivo y cuestiones del estudio

De acuerdo con lo anterior, nos propusimos realizar una experiencia educativa en un contexto natural de la praxis docente, con alumnos de 3º de ESO. El propósito era analizar la contribución de esta experiencia al desarrollo de su competencia social y ciudadana², a partir del análisis de la problemática relacionada con la energía nuclear. Concretamente, se analizó la evolución de esta competencia en una situación de enseñanza en la que *partiendo de un conocimiento básico y útil sobre la energía nuclear, mediante un análisis de su dimensión CTS, desarrollaran las capacidades necesarias para poder intervenir u opinar, con sentido crítico y racional, ante situaciones relacionadas con ésta.*

A fin de valorar el grado de consecución de dicho objetivo, nos planteamos responder a las siguientes preguntas:

¹ Actualmente sólo se produce energía nuclear, con fines comerciales, mediante reactores nucleares de fisión. La obtenida por fusión nuclear sí es la energía ideal, dado que, además de no emitir contaminantes al medio durante su producción, no genera residuos (es la que produce el Sol). Sin embargo, aún no está desarrollada para ser empleada con fines comerciales.

² Si bien el objetivo de la experiencia fue analizar el desarrollo de la competencia social y ciudadana, en torno a la energía nuclear, también se contribuyó al desarrollo del resto de competencias básicas previstas para la etapa. Sin embargo, su análisis sobrepasaría los límites del presente artículo.

– ¿Qué conocimiento inicial poseen los alumnos sobre la energía nuclear (aspectos científico-tecnológicos, controversias surgidas en torno a ésta,...)?

– ¿Qué postura muestran, inicialmente, los alumnos ante la producción de energía nuclear? ¿Qué argumentos emplean en su justificación?

– ¿En qué medida se modifican y/o refuerzan las opiniones y argumentos de los alumnos sobre el tema tras la experiencia educativa?

– Para los alumnos, ¿qué interés tiene aprender sobre la energía nuclear y sus implicaciones CTS?

Planteamiento didáctico

Aprender Ciencias investigando

El modelo de *aprendizaje por investigación* actual constituye una estrategia de enseñanza eficaz para enseñar y aprender Ciencia (Cañal, Pozuelos y Travé, 2005; García-Carmona y Criado, 2007; Rocard et al., 2007). Este modelo fomenta la organización de los alumnos en equipos de trabajo, que abordan el estudio de situaciones problemáticas de interés (próximas a su contexto natural y/o sociocultural), partiendo de sus propias ideas, en interacción permanente con los demás y con el profesor, sintonizando con la perspectiva actual del aprendizaje como proceso socio-constructivo.

Alineados con este modelo educativo, planteamos un interrogante inicial y sugerente, que sirvió de eje central para el diseño y desarrollo de la experiencia. Dicho interrogante fue: “¿A favor, o en contra de la energía nuclear?”. Se explicó que, con independencia del posicionamiento ideológico de cada uno, lo importante era conseguir dar una respuesta fundamentada desde el conocimiento y la reflexión crítica³; de ahí la importancia de aprender sobre el tema.

³ A fin de no influir en las opiniones y argumentaciones del alumnado, durante la experiencia el profesor cuidó no manifestar su posicionamiento personal respecto al tema.

⁴ También, antes de la implementación de la unidad didáctica, los alumnos ya habían estudiado, en la materia de Tecnologías, las fuentes renovables y no renovables de energía. Ello resultaba igualmente esencial, con vistas a sacar el máximo partido a la unidad.

Diseño y desarrollo de la unidad didáctica

Pese a su importancia y actualidad, la energía nuclear suele tener una escasa presencia en los textos escolares de Física y Química de 3º de ESO; y menos aún su dimensión CTS (García-Carmona y Criado, 2008). Por tal motivo, diseñamos una unidad didáctica breve, pero específica, para abordar esta temática en clase. Dentro de la programación del curso, la unidad se enmarcó en el bloque de contenidos denominado *Ciencia y Sociedad*. Su implementación se llevó a cabo después de que los alumnos ya hubiesen estudiado los contenidos relativos a *la materia y sus propiedades, la estructura del átomo y las reacciones químicas*; los cuales eran esenciales para abordar el estudio posterior de la energía nuclear.⁴

En el diseño de la secuencia de actividades seguimos la estrategia utilizada por Lijnse y Klaassen (2004), caracterizada, entre otros aspectos, por:

1. Generar en los alumnos una motivación hacia el estudio del tema. En nuestro caso, esto se hizo con la aplicación del test de *conocimientos previos*, como veremos más adelante.

2. Partir de lo que el alumno ya sabe, y progresar hacia el nuevo conocimiento con actividades que estimulen en los alumnos una *demandas de aprendizaje*.

3. Aplicar el conocimiento adquirido a nuevas situaciones; por ejemplo, pidiéndoles que contesten a una situación determinada con ayuda de información previa, extraída de diferentes medios o fuentes. En nuestro caso, además, orientamos al alumnado sobre qué ideas podía poner en juego para responder.

4. Procurar que los alumnos entiendan hasta dónde se quiere llegar con el desarrollo de las actividades; es decir, su finalidad educativa. En nuestro caso, adquirir: (a) unas nociones científicas básicas sobre el fenómeno de la energía

nuclear, (b) sus principales aplicaciones, y, (c) las interacciones CTS, que tienen lugar en torno a la misma. Si bien estas tres partes se hicieron bastante explícitas durante la experiencia, al principio se explicó a los alumnos cuáles eran los objetivos de aprendizaje.

Con todo ello, diseñamos la unidad didáctica indicada en la tabla 1. Consta de tres partes fundamentales: i) *¿Qué es la energía nuclear? ¿Cómo se origina? ¿Qué propiedades tiene?* (actividades A.1–A.6; temporización: 2 sesiones de clase); ii) *¿Cuáles son las principales aplicaciones de la energía nuclear?* (actividad A.7; temporización: una sesión); y iii) *¿Qué debate existe, actualmente, en torno a la energía nuclear?* (actividad A.8; temporización: una sesión). Los espacios de trabajo fueron el aula, la biblioteca y la sala TIC.

Habitados con el modelo de aprendizaje por investigación, durante la implementación

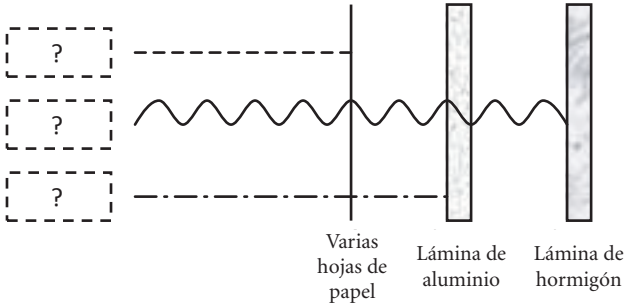
de la unidad los alumnos se organizaron en equipos de tres (mayoritarios) o cuatro componentes. En estos, interpretaban la información encontrada u ofrecida en las actividades; intercambiaban ideas y opiniones; solicitaban ayuda al profesor, ante las dudas u obstáculos que les surgían, y elaboraban respuestas consensuadas a las cuestiones (salvo en aquellos casos en los que se les solicitaba una respuesta previa individual, que luego sí eran discutidas entre todos). Después, en las puestas en común, cada equipo exponía sus conclusiones a los demás. El fin era discutir las y llegar a la(s) respuesta(s) más adecuada(s), en el caso de cuestiones de índole científica; o a las mejor argumentadas, en el caso de las cuestiones de opinión. El profesor moderaba estas discusiones introduciendo los matices y orientaciones oportunas, según las necesidades de cada momento, y asumiendo un papel más activo cuando la situación lo requería.⁵

TABLA 1. Secuencia de actividades de la unidad didáctica y objetivos de aprendizaje.

Actividades	Objetivos de aprendizaje
<p>A.1 Ya sabemos que en los procesos físicos, las sustancias no cambian su naturaleza, o composición química; mientras que en los procesos químicos, se transforman en otras nuevas, sin que cambien los átomos que participan en el proceso.</p> <p>Existen otros procesos, distintos a los anteriores, llamados procesos nucleares, donde los átomos se transforman en otros nuevos.</p> <p>¿Creéis que en los procesos nucleares interviene la corteza electrónica de los átomos? Razonad la respuesta.</p> <p>¿Cómo afectarán los procesos nucleares a los números atómico (Z) y másico (A) de los átomos? Razonad las respuestas, buscando para ello toda la información necesaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguir entre procesos físicos, químicos y nucleares.⁶ • Identificar la “parte atómica” que interviene en los procesos nucleares.
<p>A.2 Una profesora de física y química explicaba a sus alumnos: “Los procesos nucleares se originan porque los núcleos de los átomos de algunos elementos no son estables, al tener mayor número de neutrones que de protones. Además, esa inestabilidad será mayor cuanto más grande sea la diferencia”.</p> <p>¿Qué elementos (naturales) de la tabla periódica tienen en sus átomos mayor número de neutrones que de protones? Ordenad los, de mayor a menor, según su grado de inestabilidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la causa de los fenómenos radiactivos. • Localizar en la tabla periódica los principales elementos radiactivos.

⁵ De acuerdo con los fines del estudio, no nos ocuparemos aquí de analizar los efectos de la metodología de aprendizaje en sí.

⁶ Si bien esta clasificación de procesos podría ser matizable –entre otras razones, porque también se habla de Física o Química Nuclear–, desde un punto de vista didáctico entendemos que es la más adecuada para el nivel educativo que nos ocupa.

<p>A.3 La misma profesora anterior explicaba a sus alumnos: “Los núcleos de átomos inestables emiten partículas y radiaciones, espontáneamente, hasta lograr su estabilidad. En este proceso, tales núcleos se transforman en núcleos atómicos de otros elementos. A este fenómeno se le denomina radiactividad. Investigad: ¿qué tipo de partículas y radiaciones son emitidas en este proceso, y cuáles son sus principales características?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir explícitamente el concepto de radiactividad. • Conocer las diferentes partículas y radiaciones [partículas alfa, beta y rayos gamma], y sus principales características.
<p>A.4 Según la información encontrada en la actividad anterior, y considerando el poder de penetración de las distintas radiaciones nucleares, identifica cada una de ellas en el dibujo siguiente:</p>  <p style="text-align: center;"> Varias hojas de papel Lámina de aluminio Lámina de hormigón </p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer las partículas alfa, beta y rayos gamma, según su poder de penetración en la materia.
<p>A.5 Ya has estudiado que los isótopos son átomos de un mismo elemento que poseen el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones. De modo que los radioisótopos son isótopos radiactivos de un elemento. Teniendo en cuenta lo estudiado hasta ahora, a) ¿Cuál es el radioisótopo en las siguientes parejas de isótopos? ¿Por qué?: $a) {}^1_6\text{C} \quad {}^{14}_6\text{C}$; $b) {}^1_1\text{H} \quad {}^2_1\text{H}$; $c) {}^{35}_{17}\text{Cl} \quad {}^{37}_{17}\text{Cl}$ b) Investigad: ¿en qué átomos de otros elementos se transformarán los radioisótopos anteriores?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar radioisótopos de diferentes elementos a partir de sus números atómico (Z) y másico (A).
<p>A.6 Existen fuentes naturales y artificiales de radiactividad (o radiación nuclear). Investigad sobre cada una de ellas y elaborad un breve informe.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer y diferenciar las fuentes naturales y artificiales de radiactividad.
<p>A.7 Investigad sobre las aplicaciones de la radiación nuclear encontradas por el hombre, y elaborad un informe.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las diferentes aplicaciones de la radiactividad (producción de energía nuclear –fusión y fisión nucleares–, aplicaciones médicas e industriales,...)

<p>A.8 Leed individualmente el siguiente artículo (“El debate nuclear: a favor... y en contra”, publicado en el monográfico sobre Energía, del número 13 de la revista “Física y Sociedad”, pp. 18-21, 2003). A continuación, responde a las siguientes preguntas:</p> <p>a) ¿Has podido relacionar lo que has leído en el texto con algo que ya sabías sobre el tema? ¿Con qué?</p> <p>b) ¿Hay información en el texto que no está de acuerdo con lo que sabías antes?</p> <p>c) Separa en una tabla los argumentos dados a favor y en contra de la producción de energía nuclear.</p> <p>d) Después de leer el artículo, ¿con cuál de las dos posiciones defendidas en el artículo te identificas más?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer argumentos, dados por expertos, a favor y en contra de la producción de energía nuclear. • Adquirir un criterio fundamentado y personal en torno al debate de la energía nuclear.
--	--

Método del estudio

Alumnado participante

La experiencia se hizo con el alumnado de una clase de 3º de ESO, a la que el primer autor impartió la materia de Física y Química en un colegio de Sevilla. El grupo estaba formado por 11 chicas y 14 chicos (N=25), de clase social media-baja, procedentes, mayoritariamente, de la zona norte de la ciudad. Sus edades oscilaban entre 14 y 17 años, siendo la media de edad 15 años. Presentaban historiales académicos dispares, y seis de ellos habían repetido curso, al menos en una ocasión. Es preciso decir que una parte importante del grupo manifestaba que no continuaría estudios post-obligatorios relacionados con la Ciencia.

Secuencia temporal

La experiencia se llevó a cabo al principio del tercer trimestre del curso. El desarrollo de la unidad didáctica requería 4 sesiones de clase, de 1 hora cada una. Esta temporización estuvo condicionada por el horario lectivo del que dispone la materia de Física y Química en 3º de ESO: 2 horas semanales. El diseño de una unidad más amplia hubiese ido en detrimento del resto de contenidos programados para la materia.

Además del tiempo empleado en su implementación, una semana antes dedicamos una sesión a que los alumnos cumplimentasen un test de conocimientos y opiniones iniciales (primeros 30 minutos de la clase, aproximadamente), y a explicarles los fines de la unidad didáctica que iba a ser estudiada. Asimismo, una semana después de concluir su estudio, se empleó otra sesión para realizar un test de evaluación final. Y, por último, aproximadamente un mes después se emplearon tres sesiones de tutoría para realizar entrevistas individuales.

Proceso e instrumentos de investigación

– *Test de conocimientos y opiniones iniciales.* Con éste pretendíamos conocer qué ideas, conocimientos y opiniones presentaban los alumnos, en relación con la energía nuclear, al principio de la unidad. Esto permitía, por una parte, diagnosticar el punto de partida para, luego, poder valorar la evolución de dichas ideas tras la experiencia educativa. Por otra, estimular una demanda de aprendizaje en el alumnado sobre el tema; esto es, que sintiesen una necesidad de adquirir un conocimiento básico sobre el mismo, con vistas a poder opinar con sentido crítico y fundamentado. Los resultados del test ayudaron, además, a reajustar los objetivos y las actividades de la secuencia de enseñanza que sería implementada. Se trataba de un test con preguntas de respuestas

abiertas (tabla 2), que daba al alumnado la oportunidad de expresar sus ideas y opiniones con libertad de espacio; y a los investigadores, la posibilidad de hacer un análisis más profundo y rico de las mismas. Una versión

previa del test había sido aplicada anteriormente, con otros alumnos, como prueba piloto. Ello ayudó a depurar las preguntas y obtener el test utilizado, finalmente, en esta experiencia.

TABLA 2. Preguntas del test de conocimientos y opiniones iniciales

1. ¿Conoces alguna fuente de radiactividad natural? ¿Y artificial?
2. ¿Conoces algún uso o aplicación de la energía nuclear y demás fenómenos radiactivos? ¿Cuál(es)?
3. En los medios de comunicación se habla con frecuencia de la energía nuclear, normalmente con polémica. ¿A qué crees que se debe ello?
4. Tu posición acerca del uso y producción de la energía nuclear es, ¿a favor o en contra? Justifica tu respuesta.

– *Test de evaluación final.* Una semana después de concluir la implementación de la unidad didáctica, los alumnos contestaron a un test de preguntas abiertas, orientadas a evaluar el grado de consecución de los objetivos de aprendizaje. El test contenía preguntas sobre los conceptos científicos, las aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear y las interacciones CT surgidas en torno a la misma. Pero será este último aspecto al que nos refiramos aquí, dada la finalidad del presente estudio. Concretamente, lo que se hizo fue poner a los alumnos en situación (ficticia) de tener que manifestar su opinión ante un asunto relacionado con la energía nuclear, que les afectaba directamente como ciudadanos. La intención era conocer cómo habían evolucionado las opiniones y argumentos de los alumnos, respecto al inicio de la experiencia. Es decir, la evolución de su competencia social y ciudadana en torno al debate de la energía nuclear. La situación planteada fue la siguiente:

Lee la siguiente situación:

«Voltámpera es la compañía eléctrica que abastece de electricidad a la ciudad de Sitebar. Es consciente de los problemas de contaminación asociados a la producción de energía eléctrica en centrales termoeléctricas. Por ello, tiene proyectado construir una central nuclear a las afueras de la ciudad. Argumenta que, con ella, se produciría toda la energía eléctrica que necesita la ciudad, sin contaminar el medio ambiente. Si bien, antes la compañía desea conocer las opiniones de los ciudadanos sobre el proyecto.»

Si te preguntaran a ti, ¿cuál sería tu postura ante ello? *Argumenta tu respuesta.*

Entrevistas individuales. Aproximadamente un mes después del test de evaluación final, se entrevistó a 7 alumnos de los participantes, escogidos al azar (dos de ellos eran repetidores, y entre todos ellos existían diferencias respecto a la capacidad de aprender Ciencia). Con ello se intentó profundizar y triangular la información extraída con dicho test, así como conocer sus opiniones acerca de la finalidad de la experiencia realizada. En las entrevistas se emplearon unos 20 minutos, siguiendo el guión de preguntas de la tabla 3.

TABLA 3. *Guión utilizado en las entrevistas personales de opinión*

1. ¿Estás a favor o en contra de la producción de energía nuclear? ¿Por qué? (Explica tus razones)
2. (Ahora, se pide al alumno/a que conteste a la pregunta A o B, según la respuesta dada a la pregunta anterior)
 - a) (Si está en contra), ¿Encuentras algún(os) aspecto(s) positivo(s) de la producción de energía nuclear? ¿Cuál(es)? (Indica todos los que se te ocurran)
 - b) (Si está a favor), ¿encuentras algún(os) aspecto(s) negativo(s) de la producción de energía nuclear? ¿Cuál(es)? (Indica todos los que se te ocurran)
3. ¿Tiene interés para un alumno de ESO estudiar el tema de la energía nuclear y sus implicaciones en la sociedad? ¿Por qué?
4. ¿En qué medida crees que te servirá, como ciudadano/a, haber estudiado algunos aspectos relacionados con la energía nuclear? ¿Por qué?
5. ¿Ha cambiado (mucho, poco, nada...) tu opinión o ideas sobre el tema, después de haberlo trabajado en clase? Argumenta tu respuesta.

Resultados y discusión

Situación de partida: conocimientos y opiniones iniciales sobre el tema

En relación con los aspectos tecnocientíficos de la energía nuclear, el alumnado presentaba un conocimiento bastante escaso; algo lógico, dado que ésta tiene escasa presencia en los currículos de Ciencias de cursos anteriores. Así, 17/25 del alumnado no conocía ninguna fuente de energía nuclear, ya sea natural o artificial (cuestión 1). Sólo 5/25 citó al Sol o al Uranio como fuentes naturales de energía nuclear, y 4/25 nombró las centrales nucleares como fuentes artificiales.⁷

Respecto a las aplicaciones de la energía nuclear (cuestión 2), 10/25 del alumnado no conocía ninguna. Y su uso con fines militares, o en el campo de la medicina, apenas fue expresado por 4/25 y 2/25 del alumnado, respectivamente. Sí era más conocido el uso de la energía nuclear para generar electricidad (11/25 del alumnado).

En cuanto a las opiniones y argumentos sobre su dimensión CTS, los alumnos, en general, emitieron respuestas bastante pobres e ingenuas. Solían ser breves y con escasez de argu-

mentos. Asimismo, tenían un alto componente de subjetividad, propios de un conocimiento sensacionalista y poco contrastado sobre el tema. Ello no sólo no nos sorprendía, sino que esperábamos, dada nuestra experiencia docente y lo indicado en la literatura, al respecto.

Cuando se les preguntó sobre la polémica existente en torno a la producción de energía nuclear (cuestión 3), 16/25 del alumnado contestó que es debida a que se trata de una energía contaminante y que produce graves enfermedades. Tal argumentación puede catalogarse de demagógica, ya que una de las principales características, o virtudes, de la producción de energía nuclear es que no emite contaminante alguno al medio. El peligro sólo existe si, por accidente, surge algún escape de radiación al exterior de la central nuclear; si no hay una adecuada gestión de los residuos radiactivos generados; o bien, si ésta se usa con fines militares. Algunas de estas matizaciones sólo fueron hechas por 3/25 del alumnado. Del resto, sólo 3/25 explicó que la polémica viene suscitada por el dilema entre las ventajas e inconvenientes, derivados de la producción de energía nuclear (sin apenas entrar en detalles); y otro 3/25 no contestó.

Por último, y en bastante consonancia con los resultados obtenidos en la cuestión anterior,

⁷ Los tipos de respuestas aquí indicados, y a lo largo de todo el artículo, no son necesariamente excluyentes entre sí, en el sentido de que algunos alumnos –en ciertos casos– aglutinaron varias de éstas en sus argumentos. Su diferenciación es fruto del análisis de respuestas realizado por los investigadores.

15/25 del alumnado se manifestó *en contra* de la producción de energía nuclear (cuestión 4). El principal argumento expuesto fue –nuevamente– que se trata de una energía contaminante y peligrosa para la salud. Tan sólo 2/25 se manifestó *a favor*, explicando que es una fuente capaz de cubrir las necesidades energéticas de la sociedad. El resto del alumnado se manifestaba *indeciso*, bien por encontrar aspectos tanto a favor como en contra, sin decir cuáles (5/25); o bien, por no tener conocimientos suficientes sobre el tema para posicionarse (3/25).

Los resultados fueron comentados en clase, a fin de hacer ver al alumnado que era necesario aprender sobre el tema para poder opinar con mayor criterio y conocimiento de causa (estímulo de una demanda de aprendizaje).

Evolución de las opiniones y argumentaciones tras el proceso educativo

Resultados obtenidos mediante el test de evaluación final

Como hemos dicho, no se intentó –en absoluto– modificar las opiniones del alumnado sobre el tema, sino que enriquecieran sus argumentos a la hora de opinar sobre el mismo. Por tanto, los cambios de opinión del alumnado observados, tras la experiencia, sólo serían

considerados un resultado significativo si eran consecuencia de un mayor conocimiento sobre el tema.

Básicamente analizamos si los alumnos fundamentaban su opinión con argumentos basados en los conocimientos tecnocientíficos y CTS trabajados sobre el tema. Unido a ello, en el análisis consideramos un aspecto relevante que los alumnos, independientemente de su posicionamiento, reconocieran aspectos ventajosos, o negativos –según el caso–, de la postura contraria a la suya. Y es que en éste, como en otros muchos temas, las cosas no son blancas o negras. Precisamente, es la gama de “grises”, existente en torno a la energía nuclear, la que hacen de ésta un asunto controvertido.

La evolución de las opiniones de los alumnos se muestra en la figura 1. Se incrementó en seis el número de alumnos que se posiciona *a favor* de la energía nuclear. Y disminuyó en cuatro el número de alumnos que se sitúan *en contra*, y en dos, los que se muestran *indecisos*. En la mayoría de los casos, bien para reafirmar su postura inicial, o bien para pasar a posicionarse en la contraria, los argumentos fueron bastante más ricos y fundamentados que los dados al principio.

De una revisión preliminar elaboramos un inventario con los principales argumentos citados por los alumnos en sus opiniones (tabla 4). Éste resultó útil para el análisis posterior del conocimiento adquirido por el alumnado sobre el tema.

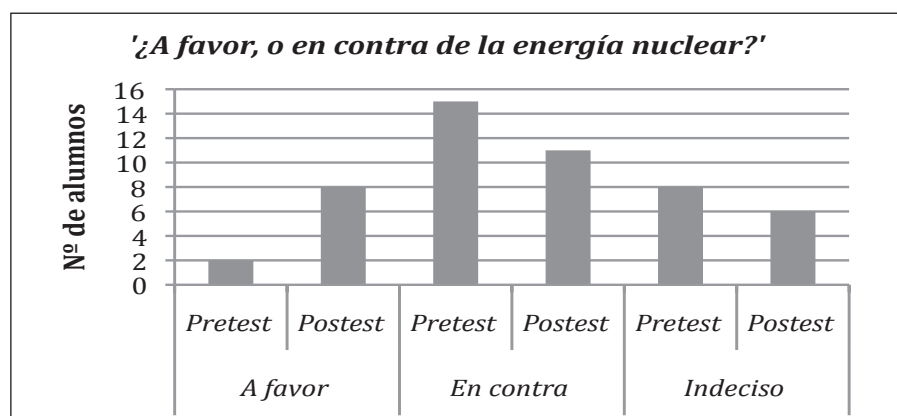


Figura 1. Evolución de las opiniones del alumnado, en relación con la producción de energía en centrales nucleares, con la experiencia.

TABLA 4. *Inventario de argumentos de los alumnos al opinar sobre la producción de energía en centrales nucleares*

- | |
|--|
| <p>A. Riesgos de fuga radiactiva en las centrales nucleares; y/o dudas sobre los sistemas de seguridad de éstas.</p> <p>B. Si hay un accidente en una central nuclear, la radiación emitida al exterior será muy perjudicial para la salud y el medio ambiente.</p> <p>C. La fuente de energía nuclear es no renovable, de modo que los recursos naturales que utiliza como materia prima se agotarán algún día.</p> <p>D. La producción de energía en centrales nucleares no contamina el medio ambiente, siempre y cuando se mantengan los sistemas de seguridad adecuados.</p> <p>E. Las centrales nucleares son propicias para abastecer las necesidades de energía (eléctrica) demandada por la sociedad.</p> <p>F. La energía nuclear tiene aplicaciones importantes en otros campos como la medicina.</p> <p>G. La energía producida en centrales nucleares es más rentable, económicamente, que otras fuentes de energía.</p> <p>H. Con la construcción y funcionamiento de una central nuclear, se pueden generar muchos puestos de trabajo.</p> <p>I. La construcción y mantenimiento de una central nuclear son costosos.</p> <p>J. Frente a la producción de energía en centrales nucleares, deben impulsarse las fuentes de energía renovables porque son: no contaminantes, inagotables y más rentables.</p> |
|--|

Entre los que se sitúan *en contra* de la producción de energía nuclear (11/25 del alumnado), los argumentos más utilizados fueron A y B, por 7/11 y 6/11, respectivamente. El argumento I fue empleado por 2/11 y el argumento J, por otro 2/11; tan sólo uno expuso entre sus argumentos el C. Asimismo, es significativo que, pese a su postura contraria, 5/11 reconocía algún aspecto positivo de la energía nuclear. Todos los alumnos de este grupo emplearon, al respecto, el argumento E; mientras que sólo un alumno hizo un reconocimiento de ésta con el argumento D, y otro, con el argumento F.

Los que siguen son ejemplos de respuestas de alumnos posicionados *en contra* de la energía, que consideramos con nivel adecuado de argumentación, teniendo en cuenta el punto de partida y los fines de la experiencia:

Andrea⁸: «...sé que aseguraría el suministro de energía a la ciudad, y que la energía nuclear en sí, es beneficiosa para detectar enfermedades, combatir, etc.; pero [...] mi postura es en contra. Dicha instalación conllevaría grandes esfuerzos económicos, pues la extracción de materiales radiactivos es costosa [...]. Además, una simple fuga podría contaminar no

sólo al medio ambiente, sino afectar a la salud de la población [...]»

Sandro: «Me posicionaría en contra porque si se produce un accidente, las consecuencias serían devastadoras para el medio ambiente y para las personas. [...] Por muy segura que sea, no puede ser perfecta. Tampoco es seguro que sea rentable, por el dinero que cuesta enriquecer el uranio y demás. Pienso que se podría utilizar otro tipo de energías como las alternativas, sin tener que correr riesgos.»

En relación con el posicionamiento *a favor* de la producción de energía nuclear (8/25 del alumnado), los argumentos más frecuentes fueron D y E, expuestos por 5/8 y 4/8, respectivamente. Sólo un alumno empleó el argumento G, en su justificación, y otro, el argumento H. Por otra parte, es destacable que 5/8 reconoció, además, la existencia de aspectos adversos o negativos de la producción de energía nuclear. Todos estos alumnos hicieron uso del argumento A; y dos exponen, además, el argumento B.

Ejemplos de respuestas consideradas adecuadas para argumentar una postura a favor de la producción de energía nuclear:

⁸ Éste y los que siguen son nombres ficticios, a fin de mantener en el anonimato al alumnado participante.

Quique: «Me parece bien, siempre y cuando se tomen medidas de seguridad avanzadas y suficientes para protegernos, ya que se trata de una energía limpia que no contamina la atmósfera, y que puede abastecer bien las necesidades energéticas de la ciudad.»

Luna: «Estoy a favor porque sería muy rentable y ventajosa para la ciudad [...]. Pero antes se deben garantizar las medidas de seguridad, porque un mínimo fallo puede producir grandes catástrofes para el medio ambiente [...].»

Por último, como era de esperar, todos los alumnos del grupo de *indecisos* (6/25) esgrimieron argumentos a favor y en contra de la producción de energía nuclear. Los principales argumentos a favor fueron D y E; mientras que los utilizados en contra fueron, principalmente, A y B. Ejemplo de respuesta de este grupo de alumnos:

Pablo: «No lo tengo claro, porque aunque produciría bastante energía constantemente y, además, limpia, el peligro de que haya un accidente está presente; y si esto ocurriese, sería una gran catástrofe para la naturaleza y los seres vivos. [...].»

Resultados obtenidos mediante las entrevistas

Las dos primeras preguntas de las entrevistas (tabla 3) permitieron profundizar en los aspectos anteriores, y triangular, por tanto, dicha información. De los alumnos entrevistados (7/25 del alumnado), 3/7 manifestaron estar a favor de la producción de energía nuclear, 3/7 en contra, y 1/7 indeciso. Los posicionamientos de estos alumnos, además de adecuadamente argumentados, no había cambiado desde su contestación al test de evaluación final; lo cual, de alguna manera, revelaba que habían consolidado un conocimiento básico sobre la energía nuclear y su dimensión CTS. Y que, como consecuencia de ello, terminaron siendo capaces de expresar su pensamiento ante el tema con un sentido crítico y racional (desarrollo de la competencia social y ciudadana).

El alumno *indeciso* empleó los argumentos B, C, D y E, en sus contestaciones:

Julio: «Yo... estoy a un 50% y 50%... porque la energía nuclear puede ser muy dañina [si existe un escape radiactivo] y sus desechos son costosos y com-

plicados de eliminar; pero también tienen una parte muy buena, que es que es una de las energías más limpias que hay, aunque no renovable [...].»

Ejemplo de respuesta de una alumna posicionada a favor, empleando los argumentos A, B, D e I:

Isa: «[...] me decanto por la producción de energía nuclear porque creo que en estos momentos no hay otra energía menos contaminante que sea capaz de producir tanta energía como ésta...; y si comparamos la cantidad de contaminación producida con la de energía obtenida, me parece que el número de energía supera al de contaminación. Y como aspecto negativo veo la contaminación... por el riesgo de accidente; aunque si una central se encuentra en perfectas condiciones, el riesgo debería ser mínimo. Otro aspecto muy negativo que veo es el alto coste de la construcción y el mantenimiento de las centrales.»

El siguiente es un ejemplo de respuesta, con una riqueza argumental considerable (argumentos A, B, E, G y J), de una alumna contraria a la producción de energía nuclear:

Bea: «Yo me posiciono en contra de la producción de energía por fisión, porque ya están demostrados los riesgos, en caso de accidente nuclear, para la vida humana y para el medio ambiente. También... la larga duración de la radiactividad de los residuos y los efectos negativos que aparecen en esa zona [donde se depositan: cementerio nuclear]. En vez de eso, creo que se podría invertir más en la investigación de otras fuentes de energía, como la nuclear de fusión, a la que aún no se le ha encontrado contraindicaciones. Si reconozco a favor que asegura el suministro permanente de electricidad a grandes concentraciones de población, y que a pesar del riesgo de accidente, se realizan controles e investigaciones para asegurarlo. También que es una de las principales formas de obtener energía y eso realiza un gran aporte a la economía.»

Valoraciones del alumnado de la experiencia realizada

Las tres últimas cuestiones de las entrevistas (tabla 3) estaban orientadas a conocer qué interés había tenido para los alumnos el tema, y qué les había aportado como ciudadanos.

Todos los alumnos entrevistados manifestaron, de una manera u otra, que les había re-

sultado interesante estudiar la dimensión CTS de la energía nuclear; y lo más significativo, que en sus respuestas ponían de relieve que un ciudadano responsable, con una formación adecuada, debe preocuparse por lo que ocurre a su alrededor. Dos ejemplos de ello:

Lola: «[...] porque es un tema de actualidad que estamos oyendo habitualmente, y su estudio puede ayudarnos a comprender mejor los conflictos y debates que se dan hoy día por su causa.»

Ismael: «[...] ahora que está tan moda el tema de la contaminación, la verdad creo que tiene interés saber qué daños puede hacer esta energía [nuclear] al planeta, o qué ventajas tiene.»

En la línea de lo anterior, los alumnos estaban convencidos de que lo estudiado sobre la energía nuclear les será útil como ciudadanos:

Raúl: «[...] yo creo que ahora lo único que me aporta es conocimiento porque, hoy por hoy, no he tenido la oportunidad de manifestar mi desacuerdo con esta energía, más que en clase. Pero quizá dentro de un tiempo encuentre algún grupo en el que pueda manifestar mi rechazo y colaborar con la causa de alguna manera.»

Isa: «Como ciudadana creo que me servirá para estar informada de un hecho [la producción de energía nuclear] que está presente en nuestros días y para poder opinar de una manera sensata, si en algún momento necesito hablar del tema.»

Igualmente, los alumnos valoraron positivamente cómo el hecho de haber abordado el estudio de la energía nuclear desde una perspectiva CTS, les había motivado especialmente:

Ismael: «[...] Puestos a estudiar Ciencias, este tema es más interesante [que otros] ya que a las personas lo que más le interesa es saber el daño colateral al que pueden estar expuestos [con la producción de energía nuclear].»

Lola: «[...] Nos ha ayudado a estudiar de una forma más amena y a asentar mejor nuestros conocimientos sobre el tema [de la energía nuclear].»

Raúl: «[...] Estos [los aspectos CTS de la energía nuclear] son los verdaderos aspectos que le interesa a la gente y les preocupa, y creo que se deberían estudiar más que otros más teóricos [se refiere a contenidos conceptuales de Ciencias descontextualizados].»

Finalmente, cuando se les preguntó si la experiencia desarrollada había contribuido a modificar o reafirmar sus opiniones sobre el tema, 2/7 manifestaron que no mucho, y el resto (5/7) explicó que bastante, como sigue:

Helena: «La verdad es que me ha cambiado del todo porque antes de haberlo estudiado en clase, no tenía ninguna opinión. No sabía nada y la verdad es que me era un poco indiferente si estar a favor o en contra. Al menos ahora tengo alguna idea sobre los aspectos negativos y positivos de la energía nuclear.»

Julio: «Pues la verdad es que mucho, porque yo antes tenía la idea de que al ser de las energías no renovables y ser de las no ecológicas, contaminantes, pues era como el "coco" de las energías junto con el carbón y el petróleo. Pero después de haberlo trabajado en profundidad, he visto que tiene también mucho a favor...»

Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Era necesario promover en el alumnado una alfabetización científica básica, en torno a la energía nuclear, porque:

a) presentaban un conocimiento inicial bastante escaso, en relación con los aspectos tecnocientíficos básicos de la energía nuclear, que les limitaba, considerablemente, para opinar adecuadamente sobre el tema.

b) las ideas y opiniones iniciales de los alumnos, respecto al debate de la producción de energía nuclear, eran bastante pobres y subjetivas, fruto de un conocimiento previo sensacionalista y poco contrastado sobre el mismo. Al igual que en estudios precedentes citados, destacaron los argumentos basados en el miedo y el horror.

2. Con la enseñanza contextualizada de la energía nuclear, basada en el análisis de su dimensión CTS, se propició una educación científica con verdadero sentido para los alumnos. Llegaron a percibir que, bajo este enfoque, se adquieren unos conocimientos básicos sobre el tema, que contribuyen a su formación básica e integral como ciudadanos perceptivos, críticos y responsables.

Tras la experiencia, los alumnos, en general, adquirieron una serie de ideas y conocimientos básicos sobre la energía nuclear, que les permitieron expresar sus opiniones, con sentido crítico y racional, y basadas, además, en el principio de precaución; no en balde, se trata de un tema actual bastante controvertido. Por tanto, se puede decir que la mayoría del alumnado realizó progresos en el desarrollo de su competencia social y ciudadana, al respecto.

Si bien durante toda la experiencia el número de alumnos posicionados en contra de la energía nuclear fue mayoritario, al final de la misma aumentó ligeramente el de los situados a favor. Creemos, en sintonía con lo anterior, que este cambio de posicionamiento en algunos alumnos fue debido a que el tratamiento CTS del tema les permitió considerar nuevos factores y puntos de vista, que terminaron persuadiéndoles de inclinar su balanza ideológica hacia el lado opuesto.

Aunque no ha sido en sí objeto de análisis, no queremos pasar por alto la motivación especial que originó en el alumnado la metodología empleada en el aula, basada en el aprendizaje por investigación. Ello, indudablemente, favoreció la asimilación progresiva y significativa de los contenidos abordados.

Asimismo, no pretendemos que nuestros resultados se conciban como generalizables a otros contextos educativos; entre otras razones, porque provienen de una experiencia cualitativa, desarrollada en un contexto natural y concreto de la praxis docente. Sin embargo, creemos que pueden servir de referente y estímulo a otros profesores, que deseen profundizar en el asunto; y, en general, que opten por impulsar una educación científica más pragmática, reflexiva y, en definitiva, útil para la vida diaria.

REFERENCIAS

- BARAB, S., ZUIKER, S., WARREN, S., HICKEY, D., INGRAM-GOBLE, A., KWON, E.J., KOUPER, I. y HERRING, S. (2007). Situationally embodied curriculum: Relating formalisms and contexts. *Science Education*, 91(5), 750-782.
- BENNETT, J. LUBBEN, F. y HOGARTH, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.
- CAMPBELL, B. y LUBBEN, F. (2000). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situation. *International Journal of Science Education*, 22(3), 239-252.
- CAÑAL, P., POZUELOS, F.J. y TRAVÉ, G. (2005). *Proyecto curricular investigando nuestro mundo (6-12). Descripción general y fundamentos*. Sevilla: Diada Editora.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2005). Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de Secundaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). En http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART3_Vol4_N2.pdf [Última consulta: 08/01/2009].
- GARCÍA-CARMONA, A. (2006). Interacciones CTS en el aprendizaje del electromagnetismo: Una experiencia para el desarrollo de actitudes de responsabilidad. *Investigación en la Escuela*, 58, 79-91.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2008). Relaciones CTS en la educación científica básica II: Investigando los problemas del mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 389-402.
- GARCÍA-CARMONA, A. y CRIADO, A.M. (2007). «Investigar para aprender, aprender para enseñar». Un proyecto orientado a la difusión del conocimiento escolar sobre Ciencia. *Alambique*, 52, 73-83.
- GARCÍA-CARMONA, A. y CRIADO, A.M. (2008). Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), 107-124.
- GÓMEZ, P. (2007). *Un planeta en busca de energía*. Madrid: Síntesis.
- 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), 247-254.
- LIJNSE, P. y KLAASSEN, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26(5), 537-554.

- MARCO, B. (2004). Alfabetización científica: un puente entre la ciencia escolar y las fronteras científicas. *Cultura y Educación*, 16 (3), 273-287.
- OSBORNE, J. y DILLON, J. (2008). *Science education in Europe: critical reflections*. London: Nuffield Foundation.
- OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I. y MCGILLICUDDY, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: OUP.
- 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), 142-148.
- RAVILOLO, 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), 24-31.
- RIVET, A.E. y KRAJCIK, J.S. (2008). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 79-100.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H., y HEMMO, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: Directorate General for Research, Science, Economy and Society.
- SÁNCHEZ DEL RÍO, C. (2004). La aversión a la energía nuclear. *Boletín Informativo del Instituto de España*, 1, 7-8.
- UPADHYAY, B.R. (2006). Using students' lived experiences in an urban science classroom: an elementary school teacher's thinking. *Science Education*, 90, 94-110.

ABSTRACT

Social and civic competence and science education: an experience on nuclear energy

This paper describes an educational experience oriented to promote the social and civic competence in Science classroom. The chosen context was the debate about production of energy in nuclear centrals. Through an analysis of Science-Technology-Society (STS) interactions regarding the topic, the aim was that students acquired a basic knowledge in order to can take part or think, with a critical a rational sense, about it. The experience was performed with Secondary Education 25 students (aged 14-17). They initially had a low knowledge about nuclear energy and its STS dimension. After experience, it was managed that most students expressed a suitable opinion about the question.

KEY-WORDS: *Competence; Inquiry-based learning; Nuclear energy; Science in context; STS relationships.*

RÉSUMÉ

Compétences sociales et civiques et l'enseignement des sciences: une expérience sur l'énergie nucléaire

Cet article décrit une expérience éducative destinée à la promotion des compétences sociales et civiques en classe de Sciences. Le contexte choisi est le débat existant autour de la production d'énergie nucléaire. À travers une analyse des interactions Sciences, Technologie et Société (STS) relatives à ce sujet, le but recherché était l'acquisition par les élèves de connaissances de base qui leur permettraient de formuler une opinion en se servant de leur sens critique et rationnel face à des situations relatives à ce thème. L'étude a été réalisée sur 25 élèves de troisième (troisième année de la "Enseñanza Secundaria Obligatoria" en Espagne), qui au départ montraient peu de connaissances sur la question de l'énergie nucléaire et sa dimension STS. Après l'expérience, la majorité d'entre eux ont été capables d'exprimer une opinion critique et fondée sur ce problème.

MOTS CLÉS: *Apprentissage par la recherche; Compétences; Sciences dans leur contexte; Énergie nucléaire; Relations STS.*