

En este artículo, se describe una experiencia didáctica encaminada a curtir al alumnado de actitudes y valores de responsabilidad en torno al conflicto social derivado de la emisión de radiaciones electromagnéticas (REM) y se presentan algunos de los resultados obtenidos. La temática se aborda desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) como estrategia idónea para la alfabetización científica del alumnado en torno al tema. La experiencia se realiza en un espacio educativo natural con alumnos de 3º de ESO (15 años).

PALABRAS CLAVE: *Actitudes; Educación científica; Educación Secundaria; Electromagnetismo; Radiaciones electromagnéticas (REM); Relaciones CTS.*

Interacciones CTS en el aprendizaje del electromagnetismo: una experiencia para el desarrollo de actitudes de responsabilidad

pp. 79-91

Antonio García Carmona

Colegio Luisa de Marillac*

La Ciencia, como algo existente y completo, es la cosa más objetiva que puede conocer el hombre. Pero la Ciencia en su construcción, la Ciencia como un fin que debe ser perseguido, es algo tan subjetivo y condicionado psicológicamente como cualquier otro aspecto del esfuerzo humano; de modo que la pregunta "¿cuál es el objetivo y el significado de la Ciencia?" recibe respuestas muy diferentes según las distintas épocas y de acuerdo con la evolución social.

A. Einstein

Introducción

Vivimos en una sociedad invadida de productos tecnológicos, que tienen una presencia destacada en el ámbito del trabajo, el hogar, la

educación, la cultura y el ocio. Esta situación plantea la necesidad de que los jóvenes adquieran, desde edades tempranas, una formación básica que les proporcione, más allá de la comprensión de conceptos y fenómenos, una capacidad de análisis crítico en torno a las consecuencias del desarrollo científico y tecnológico (Cabral, 2001). Y es que la actividad científico-tecnológica, como cualquier otra actividad del ser humano, se desarrolla en una interacción permanente con las circunstancias de cada momento histórico. Por tanto, lejos de suponer una desviación del conocimiento científico, la inclusión de aspectos sociales, políticos, económicos y culturales en la educación científica, constituye una profundización

* Colegio Luisa de Marillac. Área de Ciencias. C/ Socorro, 18. 41003-Sevilla. Tlf.: 954228636. E-mail: agarciaca@cofis.es
✉ Artículo recibido el 21 de junio de 2005 y aceptado en octubre de 2005.

en la problemática asociada a su construcción (Gil *et al*, 1991). En una entrevista reciente¹, el historiador científico alemán Jürgen Renn, decía, al respecto, lo siguiente:

Es importante abrir las mentalidades y concienciar a la gente de que la Ciencia es algo que puede entenderse si se quiere, y tener una opinión sobre ella. No necesitan estar relacionados con ella o confiar en ella, sino que deben reflexionar sobre la Ciencia. Así es que, para mí, no hay un dominio de los hechos científicos sin conocer también los valores éticos; no hay hechos sin interpretación ni interpretación sin hechos, ambas cosas van unidas. Así es como se conforma la cultura pública sobre la Ciencia.

Esta visión de la Ciencia ha dado lugar a un movimiento renovador del currículo, conocido como enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) (Membiela, 2002), que tiene la finalidad de superar el carácter neutral atribuido habitualmente a la Ciencia, y de destacar su papel dinamizador en el desarrollo de la Sociedad. Desde esta perspectiva, la enseñanza de las Ciencias con un enfoque CTS intenta que los alumnos desarrollen una conciencia y, sobre todo, una capacidad para evaluar las consecuencias, a corto y largo plazo, de las acciones científico-tecnológicas en el mundo que viven (Alanís, 2000). Para ello, es necesario que los alumnos adquieran un conocimiento que les permita tener una visión crítica y fundamentada ante estos problemas; lo cual no siempre es fácil debido a la complejidad de los factores que suelen intervenir en los conflictos de estas características.

En consecuencia, una adecuada alfabetización científica debe proveer al alumnado de una capacidad de análisis y de respuesta ante cualquier situación social, que venga condicionada por el desarrollo científico-tecnológico. Dicho de otro modo, se ha de fomentar en el alumnado una serie de actitudes de responsabilidad (Pliego *et al*, 2004; Raviolo, Siracusa y Herbel, 2000), que les permitan intervenir, de forma activa, en los conflictos originados en un marco de interacción CTS. Este planteamiento exige el impulso de los contenidos procedimentales y

actitudinales en las clases de Ciencias de los niveles básicos de enseñanza.

Alineados con esta perspectiva de la educación científica, y conscientes de la motivación que suscita en el alumnado el análisis de las interacciones CTS, desde hace algún tiempo venimos desarrollando el currículo de Física y Química de la ESO en sintonía con los grandes temas de actualidad, relacionados con el desarrollo científico-tecnológico (García Carmona, 2003, 2004, 2005; Rosado y García Carmona, 2004).

Uno de los temas que está suscitando un gran debate social es el uso de aparatos que funcionan mediante radiaciones electromagnéticas –en adelante REM–. Por una parte, existe una preocupación en torno a los posibles efectos de las REM sobre la Salud (Llanos, 2004; Varela y Fajardo, 2001); y, por otra, de las consecuencias psico-sociales que tiene el empleo desmedido de estos aparatos. En un estudio reciente (El País, 2005) se ha constatado la adición de los adolescentes al teléfono móvil, y entre sus efectos se destaca la reducción de las habilidades sociales, el aislamiento del individuo y un incremento del riesgo de padecer depresión. Por tanto, se trata de un tema CTS idóneo para educar en actitudes y valores de responsabilidad ciudadana, dentro del ámbito de la educación científica. Y es que hasta hace poco más de un siglo, la única fuente de campo electromagnético, a la que estaban sometidas las personas, era natural (Sol, radiactividad natural, campo magnético terrestre, etc.). Sin embargo, hoy es difícil imaginar la sociedad sin la electricidad, los electrodomésticos, la radio, la televisión o la telefonía móvil, cuyo funcionamiento está basado en campos y ondas electromagnéticas.

Por todo ello, nos planteamos abordar el tema con nuestro alumnado de Física y Química de la ESO. El propósito de este artículo es, pues, describir la experiencia realizada, y mostrar los resultados y las conclusiones más significativas, en relación con las capacidades desarrolladas por los alumnos sobre la problemática.

¹ Disponible en: <http://www.fisicaysociedad.es/view/>

Descripción de la experiencia

Situación de partida

Tal como hemos apuntado anteriormente, la experiencia que planteamos forma parte de nuestro propósito de desarrollar el currículum de Física y Química de la ESO en conexión con el entorno del alumno (Rosado y García Carmona, 2004). Primero, porque se trata de una estrategia didáctica orientada a ofrecer una dimensión más real y cercana de la Ciencia, en aras de contribuir a la alfabetización científica de los adolescentes. Y, segundo, porque nuestra experiencia docente, en esta línea de trabajo (marco CTS), nos ha demostrado que el alumnado se siente más interesado por el estudio de la Ciencia; lo cual repercute de manera positiva en su rendimiento escolar.

El hecho de plantear la experiencia en el ámbito del Electromagnetismo, además del interés social de la problemática asociada a su desarrollo, responde a un deseo por impulsar el estudio de esta temática en la ESO. La enseñanza del Electromagnetismo suele estar descuidada en las programaciones de aula de Física y Química de esta etapa² (Rosado *et al*, 2001); tal vez, porque se trata de un tema que plantea serias dificultades de aprendizaje para el alumnado (Greca y Moreira, 1998), y sumado a ello, por la escasa carga lectiva de la asignatura (2 horas semanales en 3º de ESO), que no permite abarcar todos los contenidos del currículum. En cualquier caso, lo cierto es que no suele ser un tema prioritario en la educación científica de los niveles básicos de enseñanza. Esto se manifiesta con la poca información que se tiene, actualmente, de las ideas y dificultades de los alumnos sobre el tema (Pozo y Gómez Crespo, 1998, p. 242); en efecto, entre las numerosas publicaciones didácticas referidas a esta disciplina, son escasas (Borges y Gilbert, 1998) las que se ocupan del aprendizaje del Electromagnetismo en el nivel de Secundaria Obligatoria.

En consecuencia, y siendo conocedores de la dificultad que entraña el aprendizaje del Electromagnetismo en el nivel de ESO, creemos que un buen modo de abordar el tema –en sintonía con las finalidades de la educación científica básica– es mediante un planteamiento CTS de sus contenidos. De este modo, centramos la atención en los temas transversales relacionados con el tema (educación para la salud, solidaridad, educación para el consumo,...), y restamos prioridad a los contenidos conceptuales, con idea de alejarnos de la finalidad propedéutica atribuida habitualmente a la educación científica (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005).

Objetivos

A la vista de lo expuesto, el principal propósito de la experiencia es tratar de promover en el alumnado una capacidad de participación responsable y solidaria, en torno a la problemática de las REM. Esto es, que el alumnado desarrolle unas actitudes que le permitan juzgar, de forma racional y crítica, los distintos enfoques que se plantean sobre este tema. Por tanto, el interrogante que ha guiado el desarrollo de la experiencia se enuncia del modo siguiente:

¿Es posible fomentar en el alumnado de Secundaria Obligatoria una serie de actitudes y valores de responsabilidad, en torno a la problemática asociada a la emisión de REM, mediante un tratamiento CTS de los contenidos de Electromagnetismo?

Atendiendo a lo formulado en la cuestión anterior, y siguiendo las sugerencias de Obach (1995) para el tratamiento de temas CTS en el aula, se planificó la experiencia con objeto de que los alumnos desarrollasen las *capacidades* siguientes:

1. Comprender los aspectos científicos básicos relacionados con los campos electromagnéticos, dentro del contexto más próximo del alumno.

² El estudio del Electromagnetismo en Secundaria Obligatoria se establece para 3º de ESO, donde se introducen contenidos de Electricidad, Magnetismo y la relación entre ambas (Electromagnetismo); si bien, en la práctica se suele centrar la atención en la Electricidad (Rosado *et al*, 2001). Es en Bachillerato donde se aborda el Electromagnetismo de un modo específico, con el propósito de preparar al alumnado para el acceso a la Universidad.

2. Conocer cuáles son los posibles efectos de las REM sobre la Salud, y el Medio Ambiente en general.

3. Analizar y valorar críticamente el problema de la emisión de REM artificiales desde la perspectiva del desarrollo científico-tecnológico, económico, político y social (relaciones CTS).

4. Desarrollar una serie de actitudes y valores que les permitan ser críticos y responsables ante situaciones de controversia, en relación con el uso de dispositivos que emiten REM.

Metodología y desarrollo

La experiencia se llevó a cabo, durante el segundo trimestre del curso 2004/05 (a lo largo de un mes, aproximadamente), con 25 alumnos y alumnas de 3º de ESO, que cursaban la asignatura de Física y Química en el Colegio Luisa de Marillac de Sevilla. No se realizó ningún proceso de selección, sino que el alumnado participante era aquél al que impartía docencia el profesor-investigador; de modo que la experiencia se desarrolló en un escenario natural de la práctica docente.

A la hora de organizar el trabajo en el aula, se tuvo en cuenta que la interacción entre individuos, con similar nivel cognitivo, favorece el aprendizaje (Cordero *et al*, 2002); de manera que el alumnado se constituyó en grupos de trabajo de 4 ó 5 miembros. A este respecto, hay que decir que se trató de equilibrar, en lo posible, todos los grupos en cuestiones de género y de capacidades; aunque, en ningún momento, se forzó a los alumnos a pertenecer a uno u otro grupo.

Los espacios de trabajo fueron el aula y la sala de informática. En esta última, el alumnado buscó la información necesaria para elaborar el informe del estudio. Después, en el aula organizaban la información, obtenían las conclusiones más significativas y deliberaban sobre su ordenación y presentación dentro del informe. Al finalizar cada apartado del trabajo, y antes de seguir avanzando, se hacía una puesta en común intergrupala. Con ello se pretendía que los grupos intercambiasen ideas y valorasen cómo evo-

lucionaban sus respectivos trabajos. Se trató de contribuir así en la *competencia comunicativa* de los alumnos (Martínez y Latorre, 1998), como un recurso orientado a incrementar su capacidad discursiva en torno a la problemática tratada. Asimismo, durante todo este proceso el profesor hacía las correcciones y sugerencias oportunas, con el fin de reorientar los trabajos de manera constructiva.

De acuerdo con los objetivos planteados, la experiencia se desarrolló a partir de un *guión de trabajo*, cuya estructura básica es la que venimos planteando en el aula (García Carmona, 2003, 2004, 2005), cuando abordamos los contenidos científicos desde una perspectiva CTS. En lo que sigue, describimos el trabajo de clase realizado en torno a dicho guión.

– Estudio de *nociones básicas sobre Electromagnetismo*. En el marco del currículum de Física y Química de la ESO, los contenidos se trataron una vez habían sido trabajados los contenidos de Electricidad. Al inicio de la experiencia, se intentó que los alumnos se familiarizaran con los imanes y el magnetismo que generan, así como con la relación entre la Electricidad y el Magnetismo. No se pretendió hacer un tratamiento formal del tema, sino que los alumnos manipularan imanes, observaran las líneas de campo que producen –mediante la disposición de limaduras de hierro a su alrededor–, construyeran un electroimán sencillo (casero), reprodujeran la experiencia de Oersted y realizaran una experiencia ilustrativa de la ley de Faraday. Estas dos últimas experiencias se realizaron mediante un equipo de experimentación escolar para tales fines. Todo ello se realizó en 4 sesiones de clase.

– Análisis de los *posibles efectos de los campos electromagnéticos sobre la Salud*. Se trató de que los alumnos consultaran diferentes fuentes de información (compañías telefónicas, foros ecologistas, asociaciones de afectados, Organización Mundial de la Salud [OMS], investigaciones independientes sobre el tema,...), con el propósito de que contrastasen la información y, en consecuencia, pudiesen fundarse de opiniones propias sobre el tema. Para la realización de este apartado, se tomo como referencia el plan-

teamiento didáctico propuesto por Varela y Fajardo (2001). Algunos de los artículos consultados por los alumnos, al respecto, son:

* «*Teléfonos móviles, ¿una nueva adicción?*»; «*La OMS se preocupa por el uso de los teléfonos móviles*»; e «*Investigadores británicos desaconsejan en un informe oficial el uso de teléfonos móviles por los niños*». Disponibles en: <http://db.doyma.es/cgi-bin/wdbcgi.exe/doyma/press.plantilla?ident=12645>

* «*¿Antenas inocentes?*». Disponible en: <http://www.elmundo.es/salud/2002/463/1010780820.html>

* «*¿Existen motivos para preocuparse?*». Disponible en: <http://www.elmundo.es/elmundo/salud/suplemento/2000/411/975504394.html>

* «*La OMS señala que no hay pruebas de que las antenas de telefonía móvil sean perjudiciales*». Disponible en: <http://www.elpais.es/archivo/buscando.html>

* «*El jefe de investigación del CSIC niega los efectos negativos de las antenas de telefonía*». Disponible en: <http://www.elpais.es/archivo/buscando.html>

– Consulta de la *legislación vigente y de sentencias judiciales* sobre casos relacionados con la emisión de REM. El propósito no era tanto que los alumnos conociesen los pormenores de la legislación, sino que observaran que detrás de un fenómeno científico hay toda una serie de leyes, que tratan de regular las consecuencias del funcionamiento de los dispositivos electromagnéticos, en aras del bienestar de la Sociedad. Así, los alumnos consultaron en Internet algunas de las sentencias, tanto a favor como en contra de compañías relacionadas con la emisión de REM, a fin de que se hiciesen una idea de cómo se trata el tema desde el ámbito jurídico. Algunas de las fuentes consultadas por los alumnos se encuentran disponibles en la Web: <http://www.gea-es.org/comunicados.html>

– Conocimiento de las *actuaciones, que sobre el tema, llevan a cabo los diferentes agentes sociales* (políticos, científicos, empresas, asociaciones,...). Esto tenía como objetivo que los alumnos conociesen cuáles son las posturas encontradas entre los distintos estamentos sociales, en relación con la problemática asociada a

las REM. Con el fin de profundizar en ello, se organizó un juego de rol donde cada uno de los grupos de trabajo asumió un papel estamental. Se designaron por azar los siguientes papeles: “Asociación de afectados”, “Empresa de telefonía móvil”, “Jueces”, “Científicos” “Grupo Ecológico” y “Administración competente”. Se dejó claro que eran actores y que, por tanto, tenían que interpretar su papel, al margen de que se identificasen o no con él. Antes de comenzar el juego, y durante una sesión de clase, se instó a los grupos a que prepararan sus argumentos al objeto de defender sus ideas y posturas ante los demás compañeros. Hay que decir que fue una de las actividades que más gustó a los alumnos; además, se desencadenó un debate bastante interesante con bases bien fundamentadas.

Reflexión final y propuestas de mejora. Además de elaborar una memoria de todo lo anterior, los alumnos expusieron en el informe sus propias conclusiones, y propusieron una serie de medidas como posibles soluciones al problema analizado. Hubo propuestas de todo tipo, desde bastante ingenuas hasta muy interesantes. Los que siguen son pequeños fragmentos de propuestas realizadas por algunos de los grupos de trabajo:

“[...] Las compañías telefónicas deberían advertir a los consumidores de las ventajas e inconvenientes que conllevan el uso de teléfonos móviles, y de las antenas telefónicas. Deberían hacer una cosa similar a lo que se hace con los paquetes de tabaco, en los que se indican sus efectos perjudiciales para la salud.”

“[...] No se deberían instalar antenas de telefonía móvil dentro de las ciudades; deberían estar a las afueras como ocurre con las torres eléctricas de alta tensión, que también emiten radiaciones peligrosas. Así, nadie recibiría tanta cantidad de radiaciones electromagnéticas. Y, también, que se sigan haciendo investigaciones científicas para que se puedan fabricar aparatos que emitan bajas radiaciones.”

“[...] Aunque el móvil es una chulada, y no sabríamos que hacer sin él, deberíamos usarlo con más moderación, porque así nos irradiaríamos menos; aunque esto es difícil de conseguir. Por eso, estaría bien que inventaran algo que sirva para lo mismo, pero que no sea peligroso para la salud.”

El *seguimiento* y la *evaluación* de la experiencia, dado su destacado carácter procedi-

mental y actitudinal, se hicieron del modo siguiente:

- Observación del trabajo individual, del trabajo en grupo y de las puestas en común realizadas, donde se valoró la participación, el esfuerzo y la cooperación entre compañeros y compañeras. Todo estuvo orientado a promover el *aprendizaje autónomo* del alumnado, en relación con la problemática planteada.

- Seguimiento y valoración de la elaboración del informe sobre el desarrollo y las conclusiones del trabajo realizado.

- Valoración de la preparación e intervención en el juego de rol realizado.

- Evaluación de las actitudes y valores desarrollados por los alumnos, en relación con la emisión de REM, mediante un cuestionario de opinión (ver Anexo). Esto se describe con detalle en el siguiente apartado.

Desarrollo de actitudes en el alumnado. Resultados

La realización de la experiencia estuvo orientada a que el alumnado adquiriese una serie de actitudes, que le permitan ser crítico y responsable ante situaciones de controversia en torno a la emisión de REM. En el diseño del proceso se tuvo en consideración el concepto de *actitud* adoptado en el ámbito de la Educación. Al respecto, Escámez (1991; cit. en Hirsch, 2005: 3) dice que la actitud es “una predisposición aprendida para responder consistentemente, de un modo favorable o desfavorable, con respecto a un objeto social dado”. Asimismo, suelen distinguirse tres componentes de la actitud (Pliego *et al*, 2004): *cognoscitiva*, *afectiva* y *comportamental*. La primera, hace alusión al conocimiento, opinión, idea o creencias en relación con el tema en cuestión; la afectiva, se refiere a los sentimientos o a la evaluación que hace un individuo del tema, y la comportamental, a la conducta que tiene el individuo respecto al mismo.

Una de las estrategias empleadas habitualmente, con vistas a producir cambios de actitudes en educación, son la persuasión y la exposi-

ción a un conflicto sociocognitivo, cuya resolución requiere la modificación de actitudes (Pozo, 1996; cit. en Raviolo, Siracusa y Herbel, 2000: 80). En nuestro caso, esta estrategia fue llevada a cabo mediante el guión y la metodología de trabajo descritos anteriormente.

A fin de evaluar las actitudes adquiridas por los alumnos a partir de la experiencia, se elaboró un cuestionario de opinión con escala tipo Likert de 1 a 5 (ver Anexo). En su diseño se tomó como referencia otros cuestionarios destinados a la evaluación de actitudes en Ciencias (Fernández Manzanal *et al*, 2003; Hirsch, 2005; Martínez y Latorre, 1998; Pliego *et al*, 2004; Raviolo, Siracusa y Herbel, 2000); los cuales han sido validados favorablemente por los autores.

Mediante el cuestionario se indagó sobre las actitudes del alumnado desde distintas perspectivas; concretamente, se trató de obtener información respecto a la necesidad de: a) interesarse y preocuparse por tener información sobre el tema; b) tener claras una serie de pautas que eviten o atenúen los posibles daños (psicológicos o fisiológicos) producidos por el uso desmedido de dispositivos electromagnéticos; c) proporcionar la opinión personal siempre que sea necesario, e implicarse en la resolución de conflictos sobre el tema cuando sea preciso; d) fomentar investigaciones científicas que arrojen luz al problema, y darlos a conocer a la Sociedad de manera objetiva; e) que no se antepongan intereses particulares (económicos, políticos,...) a los intereses de la ciudadanía en general.

La idea básica era comprobar si la experiencia planificada había producido algún cambio en las actitudes de los alumnos respecto al tema. Para ello, se les suministró el mismo cuestionario en dos ocasiones; la primera (*Pre-test*), un mes antes de abordar el tema en el aula (finales del primer trimestre del curso), con objeto de conocer cuál era el estado de partida en la experiencia. Y la segunda (*Post-test*), una vez concluida la experiencia, pero con un lapso de tiempo de 5 meses (tercer trimestre); de este modo se pretendía tener ciertas garantías de que los cambios de actitudes producidos habían sido afianzados, realmente, por el alumnado.

El análisis de los datos se concretó en comparar las puntuaciones asignadas por los alumnos en cada uno de los ítems del cuestionario, en ambas ocasiones. Los resultados de este análisis se muestran en la tabla 1, donde se presentan los valores promedios del *Pre-test*, del *Post-test* y la diferencia entre estos valores, expresada en tanto por ciento, con objeto de cuantificar, de algún modo, el cambio actitudinal producido. Se observa que en todos los ítems, salvo en el ítem 4 —donde se mantuvo el valor promedio—, hubo cambios favorables en las actitudes de los alumnos. Si bien, con el fin de comprobar si ese cambio era estadísticamente significativo, se aplicó la prueba *t de Students*. El resultado de dicha prueba indicó que, para un nivel de significación del 5%, los cambios producidos no eran significativos. Este resultado no minusvalora la validez de la experiencia realizada; sobre todo si se tiene en cuenta que las actitudes iniciales del alumnado eran, en general, bastante positivas (véase la tabla 1). En consecuencia, el hecho de que se produjera una modificación sustancial de las mismas era un tanto difícil. Además, la experiencia se realizó en un espacio natural de la *praxis* docente y, por tanto, no se hizo ningún proceso de selección del alumnado (muestreo accidental o causal); lo cual merma, de alguna manera, la eficacia de los análisis estadísticos realizados.

Por consiguiente, aun cuando los cambios observados no son estadísticamente significativos, sí son relevantes desde una perspectiva educativa, ya que se ha logrado modificar, en sentido positivo, las actitudes del alumnado en la práctica totalidad de los aspectos tratados en el cuestionario (ver tabla 1).

A modo de síntesis, exponemos a continuación las conclusiones más significativas en relación con los cambios actitudinales del alumnado sobre el tema.

Después de realizar la experiencia, el alumnado ha incrementado en un 7% su preocupación por el tema de las REM; y su inseguridad, a consecuencia de los posibles efectos de éstas sobre la salud, ha aumentado también en un 5%. Igualmente se extiende en un 6,3% la idea de que el tema no es tan complicado como para que los ciudadanos puedan interesarse por él.

En aspectos como la necesidad de fomentar investigaciones científicas, que, por un lado, divulguen objetivamente los posibles efectos de las REM y que, por otro, ayuden a disminuir sus posibles efectos nocivos, se observa un cambio actitudinal discreto (inferior a un 5%), aunque en sentido positivo. Esto quizás se deba a que, desde un principio, los alumnos mostraron actitudes bastante favorables hacia ello (puntuación promedio por encima de 4, en una escala de 1 a 5). Algo similar ocurre con cuestiones como hacer un uso racional de dispositivos que emiten/absorben REM y el derecho de los ciudadanos a opinar sobre la problemática.

Se experimenta un cambio actitudinal favorable —en un 11,4%— hacia la idea de que los posibles efectos nocivos de las REM no se compensan con los beneficios que aportan a la Sociedad los aparatos que las emiten. Asimismo, se incrementa en un 9,7% la actitud encaminada a hacer un uso moderado de aparatos electromagnéticos, hasta tanto no existan evidencias claras de su nocividad o inocuidad.

El alumnado ha conseguido tener una mayor información sobre el tema, con vistas a tener una opinión fundamentada; esta percepción se ha visto incrementada en un 8% respecto a la inicial.

A raíz de la experiencia realizada, los alumnos están aún más convencidos (con un incremento de un 11,7%) de que, en la problemática asociada a la emisión de REM, se anteponen intereses económicos y políticos a los científicos y de salud.

Respecto a la necesidad e importancia de opinar sobre el tema, y de informar a otros sobre el mismo, también se ha registrado un cambio favorable. En concreto, el alumnado destaca —con un incremento de un 17,6%— que su opinión tiene mucho valor a la hora de resolver conflictos relacionados con las REM.

Valoración final

Con esta experiencia, planificada desde una perspectiva CTS, hemos observado que el alumnado se siente más interesado, participa

ÍTEM	Min.	Max.	Pre-test	Post-test	Difer.
1. Aceptar sin preocupaciones estos descubrimientos.	1	5	3,0000	2,9167	-7,0%
2. Es complicado para interesarse por ellos.	1	5	3,3333	3,1250	-6,3%
3. Sensación de inseguridad ante los posibles efectos de las radiaciones electromagnéticas.	1	5	3,2917	3,4583	5,0%
4. Me preocupo por conocer todo lo referente a los posibles efectos de las REM.	1	5	3,5833	3,5833	4,9%
5. Debe haber mayor divulgación de las investigaciones realizadas en torno al tema.	1	5	4,2917	4,5000	-8,0%
6. Me falta información para tener una opinión fundamentada sobre este tema.	1	5	3,7083	3,4167	9,7%
7. Tengo las ideas claras sobre el uso racional de aparatos que funcionan con REM.	1	5	3,4583	3,7917	-8,5%
8. Se debe hacer caso omiso a las restricciones del uso de estos aparatos mientras no existan evidencias claras de sus efectos nocivos.	1	5	3,4167	3,1250	-11,4%
9. Los posibles efectos nocivos de las REM se compensan con los beneficios que aportan a la sociedad los aparatos que las emiten.	1	5	2,9167	2,5833	3,1%
10. Las investigaciones científicas y tecnológicas deben contribuir a atenuar los posibles efectos nocivos de las REM.	1	5	4,0417	4,1667	2,0%
11. Debo hacer un uso racional de aparatos que emiten/absorben REM.	2	5	4,4167	4,5000	4,8%
12. Tengo derecho a opinar sobre este tema.	1	5	4,3750	4,5833	9,0%
13. Debo dar mi opinión; afecta a todos.	1	5	3,2083	3,5000	-4,0%
14. Expresar mi opinión es poco útil.	2	5	3,1667	3,0417	-17,6%
15. Mi opinión no tiene mucho valor.	1	5	3,0833	2,5417	8,0%
16. No tendría dificultad en convencer a otros de que opinen.	1	5	3,6667	3,9583	5,5%
17. Debo persuadir a otros para hacer un uso moderado de dispositivos que emiten REM.	1	5	3,7917	4,0000	11,7%
18. Se anteponen intereses económicos y políticos a intereses científicos y de salud.	2	5	3,2083	3,5833	-7,0%

Tabla 1. Puntuaciones promedios asignadas en cada ítem del pre-test y post-test de la investigación, y diferencias cuantitativas de las actitudes.

más activamente en la construcción de su propio conocimiento y, lo que es más importante, ha dejado de ser un mero receptor de información durante el proceso educativo. Todo su aprendizaje se ha desarrollado a través de una investigación escolar en torno a la problemática de las REM. Esto ha propiciado que su conocimiento se haya construido de un modo enriquecedor, estimulante y, sobre todo, más próximo a la realidad en la que se desenvuelven. En líneas generales, y a tenor de los resultados, estamos en disposición de decir que se han logrado los objetivos didácticos previstos; esto es, se ha contribuido a la alfabetización científica de los alumnos en tanto han desarrollado actitudes positivas, que les permitirán afrontar, de forma crítica y responsable, aquellas situaciones de controversia referentes al uso de dispositivos que emiten REM.

En conclusión, queremos destacar que experiencias como ésta, en la que se muestra la Ciencia contextualizada en la realidad social, fomentan el interés del alumnado por su estudio; lo cual repercute de manera positiva en su formación científica. Mediante los planteamientos didácticos CTS, los alumnos encuentran sentido a la educación científica, pues ven su utilidad y comprenden que les curte como ciudadanos críticos, sensibles y responsables ante los problemas del mundo en que viven. En consecuencia, sostenemos que la alfabetización científica de los jóvenes será tanto más efectiva en la medida en que las propuestas curriculares se articulen en torno a las interacciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (interacciones CTS) de cada contexto y época.

REFERENCIAS

- ALANÍS, A. (2000). El niño y la Ciencia: el contacto necesario con el entorno sociocultural. *Contexto Educativo*, 14. Disponible en: <http://www.contexto-educativo.com.ar/archivo.htm>
- BORGES, A.T. y GILBERT, J.K. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education*, 20 (3), pp. 361-378.
- CABRAL, I. (2001). Alfabetismo científico y educación. *Contexto Educativo*, 18. Disponible en: <http://www.contexto-educativo.com.ar/archivo.htm>
- CORDERO, S. et al. (2002). ¿Y si trabajan en grupo...? Interacciones entre alumnos, procesos sociales y cognitivos en clases universitarias de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 427-441.
- EL PAÍS (2005). *El Defensor del Menor de Madrid alerta del uso adictivo del móvil entre los adolescentes*. Edición PAÍS.es/Sociedad (24-05-2005).
- FERNÁNDEZ MANZANAL, R. et al. (2003). ¿Qué miden las escalas de actitudes? Análisis de un ejemplo para conocer la actitud hacia los residuos urbanos. *Ecosistema, Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 2. Disponible en: <http://www.aeet.org/Ecosistemas/032/educativa1.htm>
- GARCÍA CARMONA, A. (2003). Integración de las relaciones CTS en la educación científica. Una propuesta didáctica en el estudio de la Energía. *Perspectiva CEP (Consejería de Educación de la Junta de Andalucía)*, 6, pp. 109-121.
- GARCÍA CARMONA, A. (2004). Una propuesta con enfoque Ciencia/Tecnología/Sociedad (CTS) para el estudio del Ruido en la Enseñanza Secundaria. *Journal of Science Education*, 5 (1), pp. 13-15.
- 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). Disponible en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART3_Vol4_N2.pdf
- GIL, D. et al. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en Educación Secundaria*. Barcelona: ICE Universidad de Barcelona/Horsori.
- GRECA, I.M. y MOREIRA, M.A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de Física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 289-303.
- HIRSCH, A. (2005). Construcción de una escala de actitudes sobre ética profesional. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7 (1). Disponible en: <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-hirsch.html>

- LLANOS, C. (2004). Campos electromagnéticos y riesgos sobre la salud. *Física y Sociedad. Colegio Oficial de Físicos*. Disponible en: <http://www.fisicaysociedad.es/view/default.asp?cat=476>
- MARTÍNEZ, F.A. y LATORRE, A. (1998). La alfabetización científica de personas adultas: Un enfoque comunicativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 251-260.
- MEMBIELA, P. (coord.) (2002). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- OBACH, D. (1995). El proyecto SATIS. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, pp. 39-44.
- PLIEGO, O. et al. (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. (2000). Desarrollo de actitudes hacia el cuidado de la Energía: Experiencia en la formación de maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), pp. 79-86.
- ROSADO, L. et al. (2001). Dificultades de aprendizaje en Electricidad y Magnetismo: opiniones de los profesores. En ROSADO, L. y AYENSA, J.M., *Investigar en Didáctica de la Física*, pp. 178-196. Madrid: UNED.
- ROSADO, L. y GARCÍA CARMONA, A. (2004). El entorno del alumno como marco de referencia en la enseñanza de la Física. En ROSADO, L. y Cols. (Eds.) *Didáctica de la Física y sus Nuevas Tendencias (Manual de 2004)*, pp. 259-312. Madrid: UNED.
- VARELA, C. y FAJARDO, M.B. (2001). ¿Influyen los campos electromagnéticos en nuestra salud?: Una propuesta didáctica. *I Congreso Nacional de Didácticas Específicas*, Granada (España).
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A. y MANASSERO, M.A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2). Disponible en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf

Anexo: Cuestionario

Con el presente cuestionario pretendemos conocer tu opinión sobre la presencia masiva de aparatos, que emiten campos electromagnéticos, a nuestro alrededor. Estas contestaciones serán confidenciales, además no afectarán tus calificaciones. Contesta las preguntas siguientes redondeando con un círculo la respuesta más adecuada. Si deseas modificarla, táchala con una X y vuelve a contestar.

«EL USO DE APARATOS QUE GENERAN CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS»

Hoy en día es difícil imaginar la sociedad sin la electricidad, los electrodomésticos, la radio, la televisión o la telefonía móvil, que son aplicaciones que generan y utilizan campos y ondas electromagnéticas. Nadie cuestiona la utilidad de estos avances tecnológicos, que nos hacen más cómoda la vida cotidiana; sin embargo, en los últimos años se ha generado una cierta preocupación por los hipotéticos efectos de estos campos electromagnéticos sobre la salud humana.

RESPECTO AL TEMA:

1. Pienso que son descubrimientos como otros muchos que se producen todos los días y que hay que oír sin muchas preocupaciones.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
2. Tengo la impresión de que este tema es algo complicado para que una persona normal (no científica) pueda entenderlo e interesarse por él.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
3. Me siento inseguro y en peligro ante los posibles efectos que puede ocasionar el uso masivo del teléfono móvil y electrodomésticos (televisión, ordenador, microondas...), y no sé cómo pueden afectarnos en un futuro.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
4. Tengo la responsabilidad de informarme de las investigaciones realizadas sobre los posibles efectos de los campos electromagnéticos producidos por los diferentes aparatos electrodomésticos (microondas, televisión...), teléfonos móviles, etc.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
5. Los científicos, los medios de comunicación (televisión, prensa, etc.) y los centros educativos y culturales deberían favorecer la divulgación de estas investigaciones.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
6. Me falta información para tener una opinión fundamentada sobre este tema.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
7. Tengo las ideas claras sobre cómo hacer un uso adecuado de los diferentes aparatos electrodomésticos, el teléfono móvil, etc.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
8. Mientras no haya certeza científica de los posibles efectos nocivos, sobre la salud, de los campos electromagnéticos generados por los teléfonos móviles, microondas, televisión, etc., debemos seguir utilizándolos sin ninguna preocupación.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
9. Pienso que los beneficios aportados por estos aparatos para nuestro bienestar, compensan los posibles efectos perjudiciales para nuestra salud y, por tanto, no debemos dejar de utilizarlos.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé

10. Creo que las investigaciones en Física y Tecnología de las Comunicaciones (basadas en ondas electromagnéticas) pueden mejorar la utilidad de los diferentes aparatos electrodomésticos, disminuyendo considerablemente las emisiones de estas radiaciones que pudieran afectar nuestra salud.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
11. Creo que es necesario hacer un uso racional del teléfono móvil y no estar todo el día “enganchado” a él, pues, por pequeño que sea, algún efecto sobre la salud tendrá.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
12. Como ciudadano tengo derecho a opinar sobre la ubicación de las antenas de telefonía móvil instaladas en las ciudades.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
13. Dar mi opinión sobre este tema es poco útil porque deciden los científicos o las personas que tienen el poder político o económico.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
14. Creo que, sobre este tema, mi opinión no tiene mucho valor porque soy un “simple” ciudadano.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
15. Es posible que, sobre este tema, no diera mi opinión en público porque no estoy acostumbrado/a y me pongo muy nervioso/a.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
16. Si tuviese una antena de telefonía móvil próxima a mi casa, no dudaría en pedir información sobre ella, y creo que no tendría dificultades en convencer a las personas más importantes y próximas a mí de la conveniencia de hacer pública nuestra petición.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
17. Debo estimular en otros el uso de mis métodos para no contaminar la atmósfera.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
18. Detrás de la telefonía móvil hay grandes intereses económicos por parte de empresas internacionales, de modo que aunque existiera cierto riesgo para la salud (debido a las radiaciones), se seguiría comercializando masivamente como hasta ahora con esta tecnología.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé

ABSTRACT

In this paper, we describe a didactic experience oriented to encourage responsibility attitudes and values in pupils about the problem of electromagnetic radiation (EMR) emission and we present some of its results. The subject matter is boarded from a Science-Technology-Society (STS) perspective as a suitable strategy for the pupils' scientific literacy about it. The experience has carried out in a natural educational context with pupils of Secondary School (15 years old).

KEY WORDS: Attitudes; Electromagnetism; Electromagnetic radiations; Scientific education; Secondary education; STS relationships

RÉSUMÉ

Dans cet article, on décrit une expérience didactique dirigée à développer dans l'effectif scolaire les attitudes et les valeurs de responsabilité concernant au conflit social de l'émission de radiations électromagnétiques (REM) et on montre les résultats obtenus. On s'approche au thème depuis une perspective Science-Technologie-Société (STS) comme la stratégie appropriée pour l'alphabétisation scientifique des étudiants. L'expérience est comprise dans un espace naturel éducatif par les élèves de éducation secondaire (15 ans).

MOTS CLEF: Attitudes, Education scientifique, Education secondaire, électromagnétisme, radiations électromagnétiques, Relations STS.