

Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de secundaria

Antonio García Carmona

Área de Ciencias (Física y Química). Colegio Luisa de Marillac. Sevilla. España. E-mail: agarcia@cofis.es

Resumen: En este trabajo se describe una experiencia didáctica en torno al problema de la contaminación atmosférica y se presentan algunos de sus resultados. La temática se aborda desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) como estrategia idónea para la alfabetización científica del alumnado. La experiencia se lleva a cabo en un espacio educativo natural con alumnos de 4º de ESO. El propósito es que el alumnado tome conciencia de la amenaza que supone la contaminación atmosférica para el desarrollo sostenible de nuestro planeta.

Palabras clave: Alfabetización científica, contaminación atmosférica, desarrollo sostenible, relaciones CTS.

Title: STS relationships in the study of the air pollution: an experience with pupils of secondary school

Abstract: In this paper, we describe a didactic experience about the problem of air pollution 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. The experience has carried out in a natural educational context with pupils of secondary school (15-16 years old). With this experience we have aimed that the pupils become aware of the air pollution problem, and its threat for the sustainable development in our planet.

Key words: Air pollution, scientific literacy, STS relationships, sustainable development.

Introducción

El desarrollo científico y tecnológico de los últimos tiempos, y su gran repercusión en el progreso de la humanidad, plantea la necesidad de establecer un nuevo *compromiso* entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (relaciones CTS) (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Acevedo, 2004). Este compromiso debe estar orientado a que las personas adquieran una formación científica de base, que les permita comprender y participar, con responsabilidad, en la búsqueda de soluciones a los problemas del mundo (Buch, 2003; Edwards *et al*, 2004). Esto es, se ha de promover una *alfabetización científica* de la ciudadanía, que ponga de relieve la contribución

de la Ciencia al desarrollo de la Sociedad y, a su vez, muestre especial atención a los problemas éticos relacionados con su avance (Cabral, 2001; García Carmona, 2003, 2004a).

Uno de los grandes problemas de nuestro planeta, en la actualidad, es el calentamiento global de la Tierra, debido al *efecto invernadero* (Corregidor y Fernández, 2004; Couchoud, 2004). Este efecto se origina porque la energía procedente del Sol está formada por ondas de frecuencias altas (ultravioleta), que traspasan la atmósfera con gran facilidad. Al llegar a la Tierra, parte de esta energía es absorbida y otra parte es remitida hacia el exterior; si bien, al ser esta última de frecuencias más bajas, es absorbida por gases como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los Clorofluorcarbonados (CFCs) y el ozono (O_3), presentes en la atmósfera. Esta retención de energía es tanto más grande cuanto mayor sean los niveles de estos gases en la atmósfera; lo cual hace que la temperatura terrestre sea más alta. No obstante, en condiciones normales, la cantidad de energía que llega a la Tierra y la que emite es igual; de no ser así, la temperatura de nuestro planeta habría ido aumentando continuamente, cosa que no ha sucedido. Por tanto, de una manera sencilla y simplificada, se puede decir que lo que provoca el efecto invernadero es que la energía que llega a la Tierra sea "devuelta" más lentamente, de modo que es "mantenida" más tiempo junto a la superficie y así se mantiene la elevación de temperatura.

La preocupación por el efecto invernadero da pie, en 1997, a la celebración de la Cumbre de Kyoto, donde los 39 países más industrializados del mundo firman el famoso *Protocolo de Kyoto*. En éste se establecen una serie de medidas encaminadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Otro de los grandes problemas es el *agujero de la capa de ozono* (Europa Press, 2001, 2005). A mediados de la década de los 70 se descubrió que la emisión a la atmósfera de ciertos compuestos, producidos por el hombre para uso industrial, favorecía la eliminación del ozono estratosférico. Se observó que la carencia de ozono (O_3) en la atmósfera, que sirve de filtro para la radiación ultravioleta proveniente de Sol, tiene repercusiones negativas para la Salud y el Medio Ambiente. Fueron los científicos M. Molina y F. Rowland, quienes alertaron de la influencia de los compuestos Clorofluorcarbonados (CFCs) en la destrucción del ozono estratosférico; descubrimiento por el que fueron distinguidos, en 1995, con el premio Nobel de Química.

La preocupación por el agujero de la capa de ozono llevó a los gobiernos del mundo a acordar la Convención de Viena, en 1985, con el propósito de tomar medidas adecuadas para proteger la capa de ozono. A consecuencia de esto, surgió el Protocolo de Montreal de las Naciones Unidas, donde se proponen, básicamente, dos medidas: 1) la prohibición de fabricación de sustancias que contribuyan a la eliminación del ozono en la estratosfera, según unos plazos, y 2) la potenciación de investigaciones científicas encaminadas al desarrollo y fabricación de sustancias que lo preservasen. El Protocolo se firmó el 16 de

septiembre de 1987 y, desde entonces, cada año se conmemora como Día Mundial del Ozono.

Pese a la toma de conciencia de los gobiernos, lo cierto es que la contaminación atmosférica, debida a los dos fenómenos anteriores, sigue siendo uno de los problemas más serios a los que se enfrenta la *sostenibilidad* de nuestro planeta (Ramírez, 2002). Por tanto, se plantea la necesidad de que sea abordado, sin más demora, desde los distintos frentes (científico, político, educativo,...). A este respecto, la Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico (UNESCO-ICSU, 1999) proclamó que "*nos encontramos en una situación de interdependencia creciente y que nuestro futuro es indisoluble de la preservación de los sistemas de sustentación de la vida en el planeta [...]*"; de manera que "*[...] la Ciencia debe estar al servicio del conjunto de la humanidad y contribuir a dotar a todas las personas de una comprensión más profunda de la naturaleza y la sociedad [Alfabetización Científica], con el fin de lograr una mejor calidad de vida y un entorno sano y sostenible para las generaciones presentes y futuras*".

Alineados con lo proclamado en la Declaración de Budapest, y convencidos del importante papel de la Educación Científica, en aras de lograr un *desarrollo sostenible* de nuestro planeta, nos planteamos abordar el problema de la contaminación atmosférica¹ en aula de Ciencias de la ESO. Además, la experiencia tiene como propósito contribuir a la difusión de la problemática en el marco de persuasión promulgado por la UNESCO en el manifiesto sobre la *Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014)*.

Objetivos

Con el planteamiento de la experiencia didáctica, nos propusimos que los alumnos y alumnas desarrollasen las siguientes capacidades:

- 1) Comprender los aspectos científicos relacionados con la capa de ozono (fenómenos físico-químicos, biológicos, etc.).
- 2) Conocer las causas de la destrucción de la capa de ozono y del efecto invernadero, así como sus consecuencias para la Salud y el Medio Ambiente.
- 3) Analizar la contaminación atmosférica desde la perspectiva del desarrollo científico-tecnológico, económico, político y social (relaciones CTS).
- 4) Asumir la necesidad de proteger la atmósfera como condición indispensable para lograr un desarrollo sostenible en nuestro planeta.
- 5) Adquirir una serie de actitudes y valores que permitan ser críticos y responsables ante situaciones relacionadas con la contaminación atmosférica.

¹ Aun cuando la *lluvia ácida* es también una de las consecuencias graves de la contaminación atmosférica, estimamos centrarnos en el estudio del efecto invernadero y de la destrucción de la capa de ozono, ya que sus efectos se ponen de manifiesto de manera global en todo el planeta.

- 6) Diseñar campañas de información y divulgación sobre las repercusiones negativas del efecto invernadero y de la destrucción de la capa de ozono, con vistas a remover conciencias en relación con el cuidado y la preservación de nuestro planeta.

Desarrollo de la experiencia

Metodología de trabajo

La experiencia se desarrolló durante el primer trimestre del curso 2004/05, con un grupo de 14 alumnos y alumnas de 4º de ESO, que cursaban las asignaturas opcionales de Física y Química y de Biología y Geología. Debido al reducido número de alumnos de la clase, se formaron dos grupos de trabajo: uno dedicado al efecto invernadero y otro al agujero de la capa de ozono. Esta estrategia metodológica la justificamos porque la interacción entre individuos de nivel cognitivo similar favorece el proceso de aprendizaje (Membiela, 2002; Cordero *et al*, 2002). De modo que, en todo momento, se facilitó a los alumnos la participación tanto dentro de los grupos como ante el conjunto de la clase. Aunque ambos grupos trabajaron por separado, en las puestas en común todos los alumnos participaron en los dos ámbitos de la contaminación atmosférica.

Los escenarios de trabajo fueron el aula y la sala de informática del centro. En esta última, el alumnado buscaba toda la información necesaria para elaborar el informe del estudio; luego, en el aula, organizaban esta información, obtenían las conclusiones más significativas y deliberaban sobre su ordenación y presentación dentro del informe. Después de cada apartado del trabajo, y antes de seguir avanzando, se hacía una puesta en común intergrupala en clase. Esto tenía la finalidad de que los grupos intercambiasen ideas y valorasen cómo evolucionaban sus respectivos trabajos. Además, el profesor les hacía las sugerencias oportunas con el fin de reorientar los trabajos de un modo constructivo.

Dado el marcado carácter procedimental y actitudinal de la experiencia, su *seguimiento y evaluación* se realizó de la siguiente forma:

- 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 ello orientado a promover el *aprendizaje autónomo* del alumnado en relación con la problemática planteada.
- Seguimiento y valoración de la elaboración de un informe sobre el desarrollo y las conclusiones del trabajo realizado.
- Evaluación de las actitudes y valores desarrollados por los alumnos, en relación con el cuidado de la atmósfera, mediante un cuestionario (Anexo I).

Teniendo en cuenta los objetivos didácticos previstos, la experiencia se planificó de acuerdo con el siguiente *guión de trabajo*:

1. Aspectos científicos relacionados con la capa de ozono y su destrucción (Figura 1). Aspectos científicos relacionados con el efecto invernadero (Figura 2). Seguimiento de la evolución del agujero de la capa de ozono (Figura 3). Evolución, en la última década, de la temperatura global de la Tierra y perspectivas para un futuro próximo.

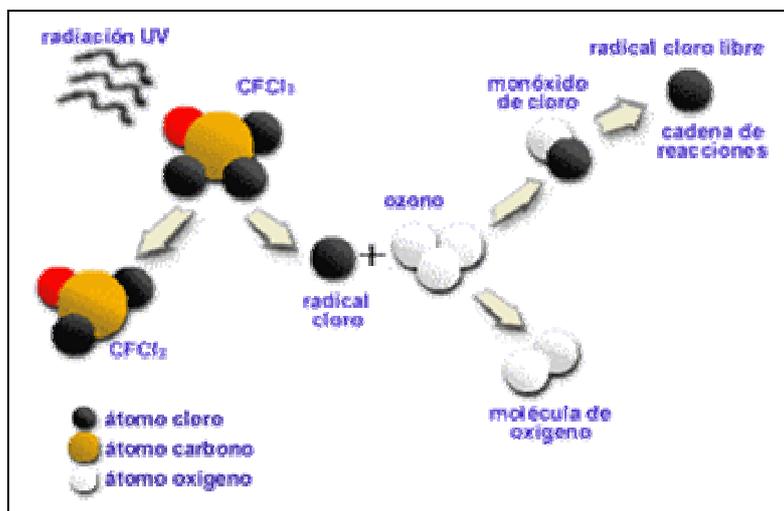


Figura 1.- Ciclo físico-químico que tiene lugar en la destrucción de la capa de ozono, y que fue estudiado por los alumnos durante la experiencia.

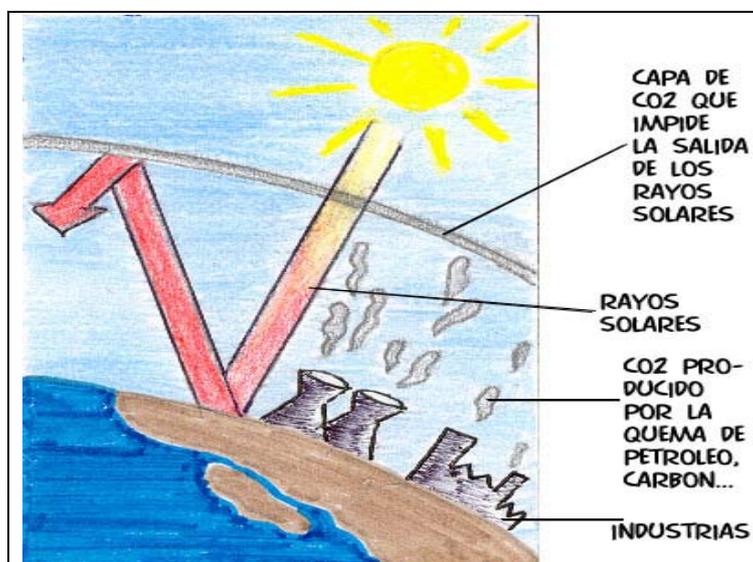


Figura 2.- Dibujo esquemático del efecto invernadero realizado por los alumnos.

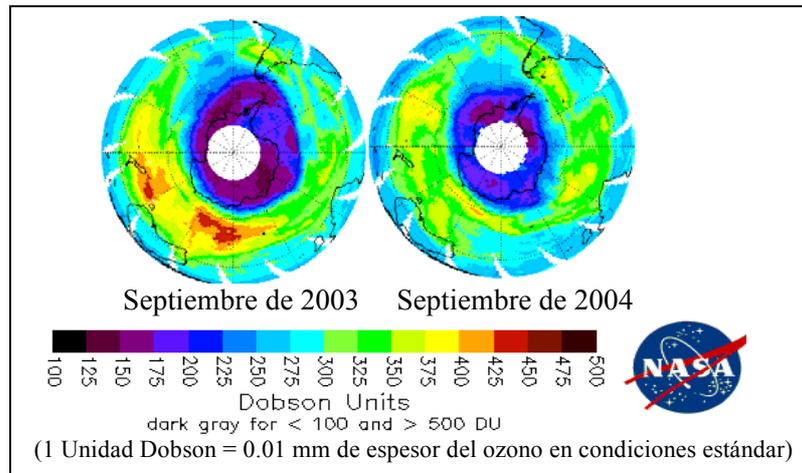


Figura 3.- Comparación de los niveles de ozono en la estratosfera entre los años 2003 y 2004. Consultado por los alumnos en Internet.

2. Efectos del agujero de la capa de ozono y del efecto invernadero sobre la Salud y el Medio Ambiente.

3. Seguimiento y análisis de los niveles de emisión de gases contaminantes a la atmósfera, que contribuyen a la destrucción de la capa de ozono y al recrudecimiento del efecto invernadero. El caso de mi ciudad (Figura 4). Para ello, durante la experiencia los alumnos debían consultar la página Web de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente>), donde aparecen los niveles de gases contaminantes emitidos a la atmósfera, en las distintas ciudades de la Comunidad y a diferentes horas del día.

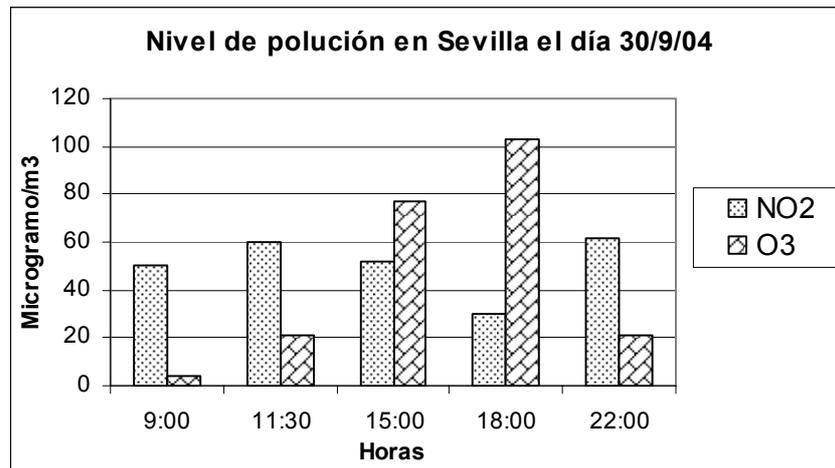


Figura 4.- Gráfico realizado por los alumnos sobre los niveles de emisión de O₃ y NO₂ en Sevilla.

4. Legislación vigente sobre la emisión de gases nocivos para la atmósfera. Se trató de comprobar si los niveles de emisión de gases, recopilados por los

alumnos, estaban dentro del marco legal y, en consecuencia, valorar en qué estado de contaminación se encuentra la ciudad en la que viven.

5. Estudio sociológico sobre la problemática del agujero de la capa de ozono y del efecto invernadero. Elaboración de una encuesta de opinión y análisis de los resultados.

6. Propuestas para la divulgación de las causas que destruyen la capa de ozono, y el impacto que ello tiene sobre la Salud y el Medio Ambiente.

De acuerdo con el guión de trabajo, los grupos de alumnos elaboraron un informe extenso, donde desarrollaron ampliamente todos los aspectos señalados; si bien, en este artículo nos limitamos, por razones de espacio, a exponer los resultados del estudio sociológico y de la campaña de divulgación planificada por los alumnos para remover conciencias sobre la problemática planteada.

También se presentan los resultados de la evaluación de actitudes hacia el cuidado de la atmósfera, realizada mediante el cuestionario que se describe en el anexo I.

Estudio sociológico sobre la contaminación atmosférica

En el estudio sociológico, los alumnos elaboraron un cuestionario de encuesta. El cuestionario final (anexo II) fue el resultado de un consenso entre los componentes de los grupos de trabajo formados, además de las sugerencias realizadas por el profesor; si bien este último trató de respetar al máximo las ideas y decisiones tomadas por los alumnos sobre su diseño.

En la encuesta participaron profesores, alumnos de otros cursos (de Secundaria, principalmente), familiares de los alumnos, amigos no pertenecientes al Colegio, etc. La muestra final estuvo compuesta por 95 personas, que es un número considerable con vistas a obtener conclusiones interesantes en torno a la problemática estudiada.

Con objeto de no ser extensos y de ilustrar algunos de los resultados obtenidos por los alumnos en el estudio sociológico, exponemos, a continuación, las conclusiones a las que llegó el grupo de trabajo dedicado al agujero de la capa de ozono:

- La gente opina que hay suficiente información sobre la destrucción de la capa de ozono, si bien no es realmente consciente de la importancia del problema.
- En cuanto a los aspectos científicos relacionados con la capa de ozono, se observa un alto porcentaje de desconocimiento (superior al 65%) en la población.
- El 70% de los encuestados propone ideas interesantes para combatir el problema de la capa de ozono, entre las que destaca: *«Que los gobiernos tomen verdadera conciencia del problema y no interpongan otros intereses como los económicos»*.

- Con respecto a la actuación individual de los ciudadanos ante el problema, el 84% piensa que es una parte esencial para paliar la destrucción de la capa de ozono; aunque gran parte de este conjunto (cerca del 50%) reconoce que no suele tomar medidas porque piensa que en solitario no va a conseguir nada.
- El 94% tiene claro que el agujero de la capa de ozono tiene algún efecto sobre la Salud de las personas y el Medio Ambiente; y el 81% se declara por comprar los productos que no contiene CFCs. No obstante, el 88% de los encuestados cree que el gobierno debería facilitar y fomentar todas aquellas prácticas y hábitos en los ciudadanos, a fin de cuidar la capa de ozono.

Propuestas de los alumnos para concienciar a la ciudadanía del problema de la contaminación atmosférica

A partir de los resultados de la encuesta, los alumnos hicieron una serie de propuestas encaminadas a difundir entre los ciudadanos las causas de la contaminación atmosférica, y sus consecuencias para la Salud y el Medio Ambiente. Estas son algunas de las propuestas:

- Promover campañas de información, desde edades tempranas, sobre la importancia que tiene la capa de ozono para nuestras vidas y la necesidad de no acrecentar el efecto invernadero de cara a contribuir en el desarrollo sostenible de nuestro planeta. Por ejemplo, hacer carteles informativos adaptados a las distintas edades: para niños de Educación Primaria (Figura 5), de forma que lo entiendan y les llame la atención; para personas de Secundaria y superiores (Figura 6), los cuales se colocarán en las clases y por las calles, con la intención de concienciar a las personas de la seriedad del asunto.



Figura 5.- Cartel informativo elaborado por los alumnos y alumnas, sobre los efectos nocivos de los CFCs, para niños y niñas de primeros cursos de Primaria.



Figura 6.- Cartel informativo elaborado por los alumnos y alumnas, sobre el problema de la capa de ozono, dirigido a los niveles de Secundaria.

- Difundir por correo electrónico información sobre la destrucción de la capa de ozono y de los efectos del calentamiento global de la Tierra, por el efecto invernadero, de forma que impacte a los usuarios con titulares llamativos. Por ejemplo, usando pequeños vídeos en formatos .gif o .flash.
- Fomentar, por parte del gobierno, investigaciones tecnológicas y científicas encaminadas a buscar sustancias alternativas que no dañen la capa de ozono.
- Colocar información para concienciar a las personas sobre la gravedad de este asunto, en lugares concurridos como, por ejemplo, autobuses urbanos, hospitales, Colegios e Institutos, etc.
- Intercalar en los programas de radio y televisión anuncios que informen sobre la seriedad de la destrucción de la capa de ozono.
- Tratar de concienciar a la ciudadanía, con todo lo anterior, de que cada uno de nosotros contribuimos, de algún modo, en el efecto invernadero (mediante el uso desmesurado del transporte privado, por ejemplo) y en la destrucción de la capa de ozono. Y, por tanto, debe aportar su granito de arena y actuar en consecuencia.

Actitudes y valores desarrollados por los alumnos en relación con la contaminación atmosférica

A fin de evaluar los valores y actitudes desarrolladas por los alumnos, con respecto a la contaminación atmosférica, se elaboró un cuestionario de opinión (anexo I). En el diseño del cuestionario se tomó como referencia otros cuestionarios destinados a la evaluación de actitudes en Ciencias (Fernández Manzanal *et al*, 2003; Martínez y Latorre, 1998; Raviolo, Siracusa y Herbel, 2000). Habitualmente, a la hora de valorar el desarrollo de actitudes suele aplicarse el mismo cuestionario antes (pre-test) y después del desarrollo de la

experiencia (pos-test), con objeto de contrastar su evolución; si bien, en este caso sólo se aplicó el cuestionario una vez finalizada la experiencia. La razón es que con la realización de la experiencia, partimos de la base de que se contribuye, de algún modo, en el desarrollo de valores y actitudes positivas del alumnado (García Carmona, 2004b). Asumimos que si existe algún cambio de actitudes y valores en los alumnos, respecto de su estado inicial, es en el sentido positivo (en el peor de los casos, los alumnos mantendrán las mismas actitudes que antes de realizar la experiencia; pero no inferiores). Además, debido al reducido número de la muestra de alumnos (N=14), un análisis estadístico de contraste (del pre-test y pos-test) proporcionaría datos poco fiables con vistas a obtener conclusiones significativas. Por consiguiente, nos limitamos a hacer una estimación cualitativa y descriptiva del estado actitudinal de los alumnos sobre el tema, después de realizar una experiencia didáctica en un entorno natural de la práctica docente (Latorre, 2003).

En la tabla 1 se recogen los resultados obtenidos mediante el cuestionario de actitudes sobre la contaminación atmosférica. Desde una perspectiva global, los valores y actitudes del alumnado, al final del proceso, se sintetizan del modo siguiente:

- La gran mayoría cree que el problema de la contaminación atmosférica merece una mayor atención por parte de los medios de comunicación, a fin de divulgar sus causas y efectos nocivos para la Salud y el Medio Ambiente.
- La mayoría de los alumnos piensa que es conveniente informarse sobre el tema pero no como una obligación impuesta.
- La inmensa mayoría piensa que el problema de la contaminación atmosférica puede ser entendido, desde una visión global, por cualquier ciudadano con una formación mínima básica.
- Gran parte del alumnado manifiesta que, pese a que tiene suficiente información sobre el tema, se siente inseguro ante los efectos presentes y futuros de la contaminación atmosférica. La mayoría es consciente de que su ciudad tiene problemas importantes de contaminación atmosférica.
- Todos los alumnos coinciden en que se anteponen intereses políticos y económicos a los medioambientales en el problema de la contaminación atmosférica. Y algo más de la mitad piensa que su opinión sobre el tema carece de valor ante las decisiones políticas; si bien, la mayoría de los alumnos dice que la daría en público.
- La gran mayoría cree que se deben reducir las industrias que emiten gases contaminantes y el uso del transporte privado, en favor de los basados en las energías alternativas. Todo ello —dicen— debe venir propiciado por las investigaciones científicas y tecnológicas, y sin que se antepongan intereses políticos o económicos.
- La gran mayoría de los alumnos manifiesta sentirse satisfecho cuando toma medidas para no contribuir a la contaminación atmosférica, y

piensan que son importantes los métodos de persuasión basados en el "boca a boca" para evitar entre todos la contaminación. Aún así, manifiestan que no suelen hablar con sus amigos sobre la contaminación atmosférica como tema de ocio interesante.

ÍTEMS	Muy/bastante de acuerdo	Poco/nada de acuerdo
1. La contaminación atmosférica es un problema más que no merece especial atención.	14,3%	85,7%
2. Es un tema complicado para ser entendido por no científicos.	7,1%	92,9%
3. Me siento inseguro ante los efectos de la contaminación atmosférica.	71,4%	28,5%
4. Se deben divulgar las causas y consecuencias de la contaminación atmosférica.	100%	--
5. Me falta información para opinar con fundamento sobre el tema.	35,7%	64,3%
6. La emisión a la atmósfera de gases contaminantes por las industrias, vehículos, etc., se compensa con los beneficios que estos nos aportan.	21,4%	81,6%
7. Las investigaciones científicas y tecnológicas deben contribuir a disminuir la emisión de gases contaminantes.	100%	--
8. Es necesario hacer un uso racional de la energía que contribuye a la contaminación atmosférica, y usar más las energías alternativas.	100%	--
9. Mi opinión sobre el tema es poco importante, porque deciden los políticos.	57,2%	42,9%
10. En público, no daría mi opinión sobre el tema.	35,7%	64,3%
11. Debo informarme de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la Salud y el Medio Ambiente.	35,7%	64,3%
12. En el problema de la contaminación atmosférica se anteponen intereses económicos a los medioambientales y de Salud.	100%	--
13. Me gusta hablar con mis amigos del problema de la contaminación atmosférica.	7,1%	92,8%
14. Mi ciudad no tiene importantes problemas de contaminación atmosférica.	35,7%	64,3%
15. La contaminación atmosférica debe tener un peso importante en la educación científica básica.	78,6%	21,4%
16. Me satisface no contribuir a la contaminación atmosférica.	71,4%	28,6%
17. Debo persuadir a otros para que no contaminen la atmósfera.	78,6%	14,3%

Tabla 1.- Frecuencias más significativas de las opiniones² de los alumnos al cuestionario de actitudes relacionadas con la contaminación atmosférica.

² Se han obviado las respuestas escépticas de los alumnos.

Valoración final

Con esta experiencia, planificada desde una perspectiva CTS, hemos observado que el alumnado se siente más interesado, participa más activamente en la construcción de su propio conocimiento y, lo que es más importante, deja de ser un mero receptor de la información. Todo su aprendizaje se ha desarrollado a través de una investigación escolar entorno a la problemática de la contaminación atmosférica; lo que 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 afirmar que se han alcanzado los objetivos didácticos previstos, en tanto se ha contribuido a la *alfabetización científica* de los alumnos mediante el desarrollo de valores y actitudes positivas hacia el cuidado de la atmósfera.

En conclusión, hemos de decir que experiencias como la expuesta, donde se muestra la Ciencia contextualizada en la realidad social, fomentan el interés del alumnado por su estudio; lo cual repercute positivamente en su formación científica. Con los planteamientos didácticos CTS, los alumnos encuentran sentido a la Educación Científica, pues llegan a comprender que ésta les curte como ciudadanos críticos, sensibles y responsables ante los problemas del mundo. En consecuencia, sostenemos que la Educación Científica Básica 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 momento histórico.

Referencias bibliográficas

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 línea en:

<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero2/Art1.pdf>.

Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las Ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (1), pp. 3-16.

Buch, T. (2003). CTS desde la perspectiva de la educación tecnológica. *Revista Ibero-Americana de Educação*, 32, pp. 147-163.

Cabral, I. (2001). Alfabetismo científico y educación. *Contexto Educativo*, 18.

Disponible en línea en:

<http://www.contexto-educativo.com.ar/2001/4/nota-01.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.

Corregidor, D. y Fernández, P. (2004). Energía y desarrollo sostenible. *Física y Sociedad*, 15, pp. 16-20.

Couchoud, M. (2004). Detección y medidas de niveles de CO₂ en la atmósfera. Principales consecuencias. *Física y Sociedad*, 15, pp. 6-13.

Edwards, M. *et al.* (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), pp. 47-64.

Europa Press (2001). Científicos del INTA advierten del próximo crecimiento del agujero en la capa de ozono. *El Mundo Digital*.

Disponible en línea en:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2001/10/19/ciencia/1003494368.html>.

Europa Press (2005). La capa de ozono podría reducirse de forma alarmante en el norte de Europa en las próximas semanas. *El Mundo Digital*.

Disponible en línea en:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2005/01/29/ciencia/1107003277.html>

Fernández Manzanal, R. *et al* (2003). ¿Qué miden las escalas de actitudes? Análisis de un ejemplo para conocer la actitud hacia los residuos urbanos. *Ecosistemas*, 2.

Disponible en línea en:

<http://www.aeet.org/Ecosistemas/032/educativa1.htm>.

García Carmona, A. (2003). Integración de las relaciones CTS en la educación científica. *Perspectiva Cep (Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía)*, 6, pp. 109-121.

García Carmona, A. (2004a). 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. (200b). Desarrollo de valores y actitudes en el laboratorio de Física y Química. *Contexto Educativo*, 32.

Disponible en línea en:

<http://contexto-educativo.com.ar/2004/3/nota-08.htm>.

Latorre, A. (2003). *La Investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.

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.

Membiola, P. (2002). Investigación-acción en el desarrollo de proyectos curriculares innovadores de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 443-450.

Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y Sociedad*, 13, pp. 30-33.

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.

Romero, J. R. (2000). El agujero de la capa de ozono crece pese a disminuir el uso de CFCs. *El Mundo Digital*.

Disponible en línea en:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2000/10/03/ciencia/970570022.html>.

UNESCO-ICSU (1999). *Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest (Hungría), 26 junio - 1 julio de 1999.

Disponible en línea en:

<http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm>.

Anexo I: Cuestionario sobre emisión de gases contaminantes a la atmósfera

Hoy en día es difícil imaginar la sociedad sin el uso de vehículos, el funcionamiento de industrias, electrodomésticos, etc., que emiten gases a la atmósfera.

Nadie cuestiona la utilidad de los avances científico-tecnológicos, que nos hacen más cómoda la vida cotidiana; sin embargo, en los últimos años se ha generado una cierta preocupación por los efectos que está provocando la emisión de estos gases en la atmósfera (efectos sobre la Salud y el Medio Ambiente).

Respecto a este tema:

1. Pienso que son noticias como otras muchas 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 de la contaminación atmosférica, 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. 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
5. 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
6. Pienso que los beneficios aportados por los aparatos, fábricas, vehículos..., para nuestro bienestar, compensan los posibles efectos perjudiciales sobre el aire de la atmósfera y no debemos dejar de utilizarlos.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
7. Creo que las investigaciones en Ciencias (Física, Química, Biología...) y Tecnología pueden mejorar la utilidad de los diferentes aparatos, vehículos, industrias..., disminuyendo considerablemente las emisiones de gases que contaminan la atmósfera.
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé
8. Creo que es necesario hacer un uso racional de la energía producida en industrias (centrales térmicas, etc.), que emiten gases a la atmósfera; de vehículos privados, etc., y utilizar más transporte público y energías limpias (renovables).
a) Muy de acuerdo b) Bastante c) Poco d) Nada de acuerdo e) No lo sé

9. 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*
10. 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*
11. Si viviese junto a una zona donde se producen, a diario, grandes aglomeraciones de vehículos (con la emisión de gases que ello conlleva), no dudaría en pedir información sobre el efecto que ello está provocando sobre mi salud y el medio ambiente, 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*
12. Detrás de la emisión de gases contaminantes hay grandes intereses económicos por parte de empresas internacionales, de modo que aunque exista riesgo para la salud y el medio ambiente, se seguirán emitiendo estos gases.
a) *Muy de acuerdo* b) *Bastante* c) *Poco* d) *Nada de acuerdo* e) *No lo sé*
13. Disfruto discutiendo los problemas de la contaminación atmosférica con mis amigos.
a) *Muy de acuerdo* b) *Bastante* c) *Poco* d) *Nada de acuerdo* e) *No lo sé*
14. Nosotros, en nuestra ciudad, *no* tenemos los problemas de contaminación atmosférica que algunos declaran.
a) *Muy de acuerdo* b) *Bastante* c) *Poco* d) *Nada de acuerdo* e) *No lo sé*
15. Tópicos como *conocimiento sobre la contaminación atmosférica, problemas y futuro del planeta*, etc. deberían ser una parte importante de las clases en todas las escuelas.
a) *Muy de acuerdo* b) *Bastante* c) *Poco* d) *Nada de acuerdo* e) *No lo sé*
16. Me da una satisfacción personal evitar contaminar la atmósfera.
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*

Anexo II: Cuestionario elaborado por los alumnos para realizar un estudio sociológico sobre el problema de la capa de ozono

1. ¿Estás informado sobre la destrucción de la capa de ozono?
a) *Bastante* b) *Un poco* c) *Nada*
2. ¿Qué importancia te merece el problema de la destrucción de la capa de ozono?
a) *Mucha* b) *Un poco* c) *Nada* d) *Me es indiferente*
3. ¿Cuál crees que es el principal causante de la destrucción de la capa de ozono?
a) *Los rayos UV* b) *Los CFCs* c) *El CO₂* d) *No sé*
4. ¿Cuál es la principal misión de la capa de ozono?
a) *Protegernos del calor* b) *Impedir que entren los rayos UV*
c) *Proporcionar oxígeno* d) *Impedir que entren gases*
5. ¿Crees que la destrucción de la capa de ozono tiene consecuencias para la Salud y el Medio Ambiente?
a) *Ninguna* b) *Sólo sobre la salud de las personas*
c) *Sólo sobre el medio ambiente* d) *Sobre ambos*
6. La destrucción de la capa de ozono tiene numerosos efectos sobre los seres vivos, ¿cuál crees que es el problema que más afecta a los seres humanos?
a) *Cáncer de piel* b) *Problemas cardíacos*
c) *Problemas respiratorios* d) *Otros*
7. ¿Cuál de estos acuerdos está más relacionado con la destrucción de la capa de ozono?
a) *Protocolo de Kyoto* b) *protocolo de Montreal*
c) *Protocolo de Cartagena* d) *No sé*
8. Si te damos a elegir entre un producto barato, que contiene CFC, y otro más caro, pero que no contiene CFC, ¿cuál comprarías?
a) *El que contiene CFC* b) *El que no contiene CFC*
9. ¿Crees que la problemática de la capa de ozono es un fenómeno más de los que protestan las asociaciones ecologistas?
a) *Sí* b) *No* c) *No sé* d) *Me es indiferente*
10. ¿Crees que tú puedes contribuir a combatir el problema de la destrucción de la capa de ozono, o esto es cosa del gobierno?
a) *Sí* b) *Sí, pero solo no* c) *No sirve de nada* d) *Es cosa del gobierno*
11. ¿Crees que la sociedad es consiente de las consecuencias de la destrucción de la capa de ozono?
a) *Bastante* b) *Lo justo* c) *No* d) *Me es indiferente*
12. ¿Qué medida global propones para combatir el problema de la destrucción de la capa de ozono?
Respuesta: