

Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados

Emilio Ríos y Jordi Solbes

IES José Viguer (Valencia) y IES J. Rodrigo Botet (Manises) y Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universitat de València. E-mail: jordi.solbes@uv.es

Resumen: La introducción de las relaciones CTSA es básica en la enseñanza de la tecnología y las ciencias porque da una idea multidimensional de los diversos factores que intervienen en la solución de problemas científicos y tecnológicos, además de dar una visión histórica y una contextualización de los contenidos enseñados. Al realizar actividades de este tipo los estudiantes de Ciclos Formativos Superiores cambian su imagen de la tecnología y las ciencias y mejoran sus actitudes hacia las mismas.

Palabras clave: relaciones CTSA, enseñanza de la tecnología y las ciencias

Title: The relations STES in the technology and sciences teaching: a proposed whit results

Summary: The introduction of relations STES is basic in technology and sciences teaching because it gives a multidimensional idea about the different factors that intervene on scientific and technological problem's solution, besides it can give a historical vision and a contextualization of the taught contents. When students of Superiors Formative Cycles make this type of activities, it changes their image of technology and sciences as well as it improve their attitudes toward them.

Key words: relations STES, technology and sciences teaching

Introducción

La contextualización de los conceptos, procesos y sistemas científicos y tecnológicos permite comprenderlos mejor, así como su importancia creciente en nuestra sociedad. Por ello no es extraño que diversos trabajos e investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales y la tecnología, se ocupen del problema de cómo introducir y tratar las relaciones que existen entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA). Sin embargo, algunas de estas investigaciones ponen de manifiesto que estas interacciones CTSA siguen sin ser utilizadas en la enseñanza secundaria (Solbes y Vilches, 1995) y, mucho menos, en la superior. A lo sumo aparecen como actividades complementarias que, habitualmente, no se hacen. En este artículo intentamos presentar brevemente los resultados de un trabajo de investigación realizado por los autores sobre la introducción de las relaciones CTSA en la enseñanza

de materias científicas y tecnológicas con estudiantes de Ciclos Formativos Superiores, es decir, mayores de 18 años (Ríos y Solbes, 2002 y 2003, Ríos, 2004).

En esos trabajos los autores investigan, en primer lugar, las concepciones de dichos estudiantes sobre la ciencia y la tecnología y sus relaciones con la sociedad y el ambiente, así como sus actitudes hacia las mismas. A continuación, la mejora que la realización de actividades CTSA puede producir en dichas concepciones, en las actitudes y en el interés de los alumnos hacia la Ciencia y la Tecnología.

Los problemas que se plantean se pueden expresar del siguiente modo: ¿Qué concepciones poseen los alumnos de Formación Profesional en torno a las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente?, ¿qué motivaciones poseen para realizar sus actividades de estudio y aprendizaje?, y en base a las mismas, ¿cómo diseñar actividades que mediante un adecuado tratamiento de las relaciones CTS, puedan modificar concepciones distorsionadas o incompletas, aumenten su interés y mejoren sus actitudes respecto al aprendizaje de las ciencias físicas y las tecnologías asociadas?

Para dar respuesta a las primeras preguntas se realizó la siguiente hipótesis: En la enseñanza de las ciencias físicas (electromagnetismo) y de las tecnologías asociadas (electrotécnicas) se proporciona en ocasiones una imagen aislada de su contexto social, predominantemente teórica y cuantitativa, que ignora su conexión con el mundo circundante, así como sus aplicaciones en el entorno natural y social, adquiriendo los alumnos una visión incompleta y distorsionada de la ciencia y de la tecnología, descontextualizada del medio natural y social. Como consecuencia de lo anterior, también podemos afirmar que posiblemente esto pueda ser una de las causas de falta de interés, rechazo y actitudes negativas del alumnado hacia el estudio y aprendizaje de las ciencias y sus tecnologías asociadas y de que prefieran la realización de prácticas.

La descontextualización de la ciencia había sido comprobada por diversas investigaciones de didáctica de las ciencias en otros niveles educativos, tanto en el antiguo BUP como en la secundaria, así como la existencia de concepciones alternativas del alumnado sobre la ciencia y la tecnología y su relación con la sociedad y el ambiente (Solbes y Vilches, 1992 y 1997). Sin embargo, tratándose de materias tecnológicas y científicas de la formación profesional, cabía suponer que sus implicaciones en la sociedad estarían más presentes. Pero las hipótesis sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje habituales se basan no sólo en las investigaciones didácticas previas, sino también en la experiencia docente de los investigadores, que una investigación sistemática puede o no generalizar. Y esa experiencia ponía de manifiesto que, pese a la existencia de muchas obras clásicas dedicadas a humanizar y contextualizar la tecnología (Kranzberg y Davenport, 1978; Mumford, 1992; Pacey, 1980; Winner, 1987), estos aspectos estaban ausentes en la enseñanza de la misma.

Por su importancia, en relación a la enseñanza de las ciencias y las tecnologías, podemos mencionar las siguientes concepciones: Algunas personas hacen una diferenciación extrema entre ciencia y tecnología que no les permite comprender la importancia de los conceptos científicos y su inseparable interrelación con los tecnológicos. También hay visiones negativas sobre ambas (Medina y Sanmartín, 1990). Otros no logran comprender la importancia de las representaciones gráficas en la conceptualización de los modelos tecnológicos (Kuhn, 1957; Canongue y Ducel, 1986; Solomon, 1993; Furió, Iturbe y Reyes, 1994), tanto teóricos como reales, lo que les lleva a un reduccionismo formulista de la ciencia (Gil, 1993).

Además, algunos alumnos no ven utilidad personal y social a los contenidos que se les enseña (Ausubel et al. 1976), lo que produce en ellos desinterés a lo largo de los años de escolarización (James y Smith, 1985). Otros tienen una visión de la tecnología como mera aplicación de la ciencia (Solomon, 1993; Gil, 1993) sin considerar que en ella también se plantean preguntas o problemas y que utilizan los métodos y procedimientos de la ciencia al resolverlos.

Por otra parte algunos alumnos poseen ideas descontextualizadas o incompletas de la ciencia y sus tecnologías asociadas, poco conectadas con la realidad en sus diversas vertientes: económicos, industriales, ambientales, aspectos históricos, realizaciones concretas, etc. (Caamaño y Vilches, 2001), que producen una visión deformada de la ciencia y la tecnología como obra individual de genios e inventores, no como una obra que exige organizaciones humanas (Hodson, 1992; Galbraith, 1984).

Con respecto a las ideas de los profesores sobre las relaciones CTS han sido analizadas en diversas investigaciones (Solbes y Vilches, 1995), encontrándose que el profesorado de Física y Química, pese a valorarlas, no se planteaba su introducción en el aula. Dada la semejanza de sus formaciones iniciales, cabe esperar que esta actitud se reproduzca en los profesores de tecnología.

Situación de partida

Para fundamentar la propuesta de introducción de actividades que impliquen el tratamiento de las relaciones CTSA en los contenidos de los programas, primero se han analizado si se tratan en los libros de texto, la consideración que de ellas hacen los profesores, y finalmente las concepciones de los alumnos sobre dichas relaciones.

Para ello se realizaron varios diseños experimentales consistentes en la elaboración y aplicación de una batería de cuestionarios, de diversa índole, que se han aplicado a libros de texto, profesores y estudiantes. Como los resultados están expuestos en anteriores trabajos (Ríos y Solbes, 2002 y 2003) nos limitaremos a presentar un breve resumen de los mismos.

El cuestionario de libros de texto esta formado por 10 ítems, sobre si se tratan o introducen diferentes aspectos de las relaciones CTSA. Los libros de texto analizados fueron 25, correspondientes a los ciclos superiores de

sistemas eléctricos y a las materias de Mecánica y Electrotecnia del Bachillerato tecnológico.

Sólo en porcentajes inferiores al 10% se proponen actividades para detectar las preconcepciones de los alumnos sobre ciencia y tecnología, se contextualizan las aportaciones de los científicos, se plantean actividades de taller o laboratorio como actividades problemáticas que plantean algún tipo de investigación, se presentan la ciencia y la tecnología como un medio de resolver problemas en el medio natural y social, se muestra la evolución y el papel que la ciencia y la tecnología han jugado en la sociedad, se plantean el papel que la sociedad, con sus problemas y necesidades, ha ejercido sobre la evolución de la ciencia y la tecnología, se tratan aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la industria y en la vida diaria, se presentan la ciencia y la tecnología como fruto del trabajo colectivo de organizaciones sociales (empresas, universidades, etc.) y no como obra individual de genios o inventores y, por último, contribuyen a la valoración crítica y la toma de decisiones. En resumen, se puede concluir que los textos dedicados a las enseñanzas técnicas ofrecen una imagen de la ciencia y la tecnología predominantemente cuantitativa y formalista, ignorando aspectos cualitativos como las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y el medio social y natural en que están inmersas.

El cuestionario de profesores trataba de establecer si los profesores consideran las relaciones CTSA y la forma de introducirlas en sus programas. Estaba formado por dos preguntas. El cuestionario fue contestado por 50 profesores de tecnología y ciclos formativos en activo. En general dichos profesores estarían dispuestos a introducir las relaciones CTSA en sus contenidos (58'1%). Pero sólo un 39'5% especifica de que tipo serían, introduciéndolas a través de diversas actividades (videos, prácticas, problemas, proyectos, prácticas en las empresas, aplicaciones tecnológicas en la vida diaria, etc.). Por último, un 11'6% no las consideran. Se puede afirmar que muchos profesores no tienen en cuenta que el tratamiento de las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y la naturaleza sea una fuente de interés para los alumnos.

El análisis de las ideas de los alumnos sobre las relaciones CTSA se llevo a cabo a través de tres cuestionarios. El primero relacionado con sus concepciones sobre ciencia, tecnología, científicos, sociedad y medio ambiente. El segundo relacionado con el origen de sus concepciones sobre ciencia y tecnología. El tercero relacionado con sus concepciones sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de ciencia y tecnología y sus motivaciones e intereses personales en el aprendizaje. La muestra total esta formada por estudiantes del ciclo superior de formación profesional del antiguo y nuevo sistema, dividida en tres niveles de 51, 48 y 87 alumnos.

En cuanto a las concepciones de los alumnos los resultados obtenidos fueron los siguientes:

1. Si bien se consideran las teorías y conceptos referidas a las ciencias físico químicas relacionadas con las tecnologías, se consideran en baja

proporción los métodos de investigación (9'8%) y su conexión con las tecnologías asociadas y sus aplicaciones (13'7%), lo que genera unas visiones negativas de la ciencia del 23'5%.

2. En relación a la definición de las ciencias físico- químicas se consideran en pequeña proporción las explicaciones que da la ciencia con sus métodos de investigación y sus teorías (5'9%) y las aplicaciones que su conocimiento puede tener para resolver problemas (7'8%), tanto en el orden personal como en el social. También existe un porcentaje relativamente alto que no contestan o no saben definir qué es una ciencia físico química (39'2%).

3. En relación a las tecnologías asociadas a las ciencias físico –químicas, los alumnos consideran sus teorías o conceptos (37'3%), sus aplicaciones prácticas (58'8%) como solución de problemas, consideran sus métodos (11'8%) o procedimientos de investigación y solución de problemas (15'7%) en su dimensión científica (emitir hipótesis, analizar, medir, calcular, comparar, realizar y contrastar, etc.), lo cual genera visiones negativas (17'6%). Además sólo un 9'8% la asocia a ciencia.

4. Aunque un porcentaje importante de los alumnos considere la dimensión científica (49%) y las aplicaciones de la tecnología (49%), no se considera en ella la necesidad de plantearse preguntas o enigmas y buscar explicaciones (9'8%) mediante métodos de investigación científica. También un grupo de alumnos no saben definir qué es la tecnología (13'7%), y se realiza una definición tautológica de la misma en un 60'8% de los casos y un 15'7% la definen como una asignatura.

5. Un 19'6% no contesta o no sabe definir lo que es un buen científico o científica. Consideran en baja proporción que los científicos estudian (27'5%), investigan (29'4%), descubren y resuelven problemas (15'7%). Las imágenes más incompletas o distorsionadas que poseen son: la decimonónica de inventor (19'6%) relacionada en parte con las patentes, recopilador de datos de tipo empirista y ateuico (3'9), genio (11'8%), neutral (2'0%) y desinteresado (3'9%).

6. En relación a los factores que influyen en el desarrollo científico y tecnológico se consideran en baja cuantía los factores económicos (35'3%), las políticas gubernamentales (5'9%), las demandas sociales (11'8%), la industria (0%), las culturales (2%), el régimen político (0%), los estudios y la preparación (15'6%), los antecedentes históricos en el desarrollo científico y tecnológico (0%), el trabajo y la dedicación (9'8%) y las personas que se dedican a ello (15'7%).

7. Un porcentaje importante de alumnos (aproximadamente 62'8%) no saben citar situaciones de influencia de la sociedad a lo largo de la historia sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Sólo un 3'9% indica una situación, 17'6% dos situaciones y un 15'7% tres situaciones.

8. Sólo un 27'5% de los alumnos mencionan a la vez ventajas e inconvenientes de la ciencia y la tecnología en la vida de los hombres. Un

11'8% sólo mencionan aspectos negativos y un 31'4% sólo aspectos positivos. Un 29'4% no saben o no contestan.

9. Sólo un 11'7% de los alumnos creen que pueden o podrían tener alguna influencia sobre el desarrollo y evolución de la ciencia y la tecnología, un 56'8% expresan que no, y un 31'3% no sabe o no contesta. Las razones más importantes dadas de forma afirmativa o condicional son: obteniendo un título (15'6%), desarrollando algún método o artefacto (11'7%), con dinero o medios (7'8%), con el estudio (5'9%), siendo una persona importante o influyente (3'9%) y ejerciendo como profesional (3'9%). Algunas razones del "no" son que no le gusta estudiar (2%), que no es genio o superdotado (3'9%), que todo está inventado (2%) y desilusión (5'9%).

En relación a las visiones negativas que los alumnos poseen sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias físico- químicas y las tecnologías asociadas (expresadas en los índices 1 y 3), estas se relacionan con: la dificultad (13'7%-7'8%), el formalismo, la exactitud y el uso de la calculadora (3'9%-3'6%), el aburrimiento para algunos alumnos (9'8%-3'9%) y los suspensos (2%-3'9%). En cuanto a los peligros de la ciencia y la tecnología en relación al medio social y natural (3'9%-3'9%), se identifican con deshumanización y peligros medioambientales. En resumen, podemos afirmar que la ausencia del tratamiento de las relaciones CTSA en la enseñanza produce en los alumnos una imagen deformada de la tecnología y las ciencias, descontextualizada y acrítica, y una actitud negativa hacia el estudio de las mismas.

En cuanto al origen de las concepciones de los alumnos sobre ciencia y tecnología, los resultados obtenidos son:

a. Los alumnos leen algún artículo de divulgación científica siendo las revistas más citadas en este campo *Muy Interesante* (25%), *QUO* (22'95%), *National Geographic* (4'2%), *Newton* (8'3%) o *CNR* (8'3%).

b. Los alumnos ven algún programa científico en televisión siendo los más citados los documentales de TVE2 (43'8%).

c. Sólo un 22'9% de los alumnos leen algún libro de divulgación científica.

d. Un 54'2% de los alumnos opina que la imagen que se da de la ciencia y los científicos que se transmite por los medios se parece algo a la que se da en clase.

e. Los alumnos asignan el origen de sus ideas sobre la ciencia y los científicos y su relación con la tecnología y la sociedad (en una escala de 0 a 10) sólo con un 5'75 a los profesores de ciencias y con un 0'96 a los profesores de otras asignaturas, es decir, no valoran suficientemente las aportaciones de los profesores de ciencias ni los de otras asignaturas. Es decir, no valoraran suficientemente a los profesores como origen de sus concepciones sobre ciencia y tecnología.

Finalmente, sobre los intereses de los alumnos y sus concepciones sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, los resultados que se obtuvieron fueron:

1. Los alumnos sólo dan una media de 5'5 al interés que las enseñanzas recibidas hasta la actualidad han despertado en ellos hacia el estudio de la ciencia, las tecnologías asociadas y sus aplicaciones.

2. Las mayores motivaciones de los alumnos son extrínsecas (encontrar trabajo, 83'9%), seguidas de motivaciones intrínsecas académicas como saber más (60'9%) y saber hacer (49'4%).

3. Los aspectos que pueden aumentar el interés en los alumnos hacia los estudios de electricidad y sus aplicaciones son la metodología de los profesores (24'2%), más prácticas (22%), visitas a fábricas e industrias (16'5%), más y mejores materiales (15'4%) para realizarlas, mejores prácticas (12'2%), conexión con la realidad (13'2%), nuevas tecnologías (9'9%) y obtener trabajo (9'95%).

4. Los aspectos que más valoran (de 0 a 10) para que los estudios que realizan sean más interesantes son la realización de prácticas (8'37) poseer más materiales para realizarlas (8'25) y la conexión teoría- prácticas (7'76) y la metodología del profesor (7'53). Otros factores como la actitud de los compañeros (ambiente en clase) o la evaluación no se valoran tanto.

5. Los aspectos que pueden contribuir a crear una actitud desfavorable o de desinterés hacia los estudios que realizan son: los profesores (55'2%) y su metodología (16'1%), los materiales de prácticas (24'1%), los compañeros (11'5%), y prácticas insuficientes (10'3%). Se observó por la tabla de contingencias que el factor de mayor peso en cuanto a compañeros y profesores es la relación, ya humanamente problemática.

Una propuesta para la introducción y enseñanza de las relaciones CTSA en los programas habituales

De los resultados obtenidos y el problema planteado, los autores formularon la siguiente hipótesis: Es posible que el tratamiento didáctico de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente aumente el interés del alumnado y mejore sus actitudes hacia el estudio y aprendizaje de las ciencias experimentales (electromagnetismo) y las tecnologías asociadas (electrotécnicas), y proporcione una imagen más contextualizada y completa, menos distorsionada de las mismas.

Para fundamentar dicha hipótesis los autores se basaron en el modelo constructivista de enseñanza-aprendizaje como investigación (Gil, 1993 y 1994) que produce cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales. Diversas investigaciones (Manassero et al, 2001; Solbes y Vilches, 1992 y 1997; Vázquez y Manassero, 1995) muestran que estos últimos se ven claramente favorecidos por la introducción de actividades CTS y de historia de la ciencia y la tecnología. Otros trabajos muestran que su introducción permite:

- Tratar aspectos cuantitativos y cualitativos, romper la uniformidad de las clases, actuar como integradores y reestructuradores de los conceptos de los contenidos.

- Realizar problemas y prácticas en que se integran los conocimientos y se tratan aspectos profesionales (Medir, 1995, Medir et col. 2000).

- Mostrar aplicaciones de la ciencia y la tecnología y sus implicaciones sociales y ambientales: problemas y necesidades que soluciona, fin constructivo, funcionamiento, modo de fabricación, características, precedentes históricos, etc. (Solomon, 1993 y 1995, Medir, 1995, Marco, 1995).

- Tratar aspectos históricos de la ciencia y las tecnologías asociadas (Del Carmen et col. 1997, Solbes y Traver, 1996 y 2003).

- Aumentar el interés hacia la ciencia y la tecnología al mostrar aplicaciones prácticas que son soluciones a problemas en la realidad relacionados con los contenidos que se tratan, y modificar las ideas distorsionadas sobre las mismas.

- Poder ser realizadas por alumnos de diferentes capacidades e intereses, para fomentar la curiosidad y examinar ideas en contextos concretos.

Se han realizado libros panorámicos (Membiela, 2001; Membiela y Padilla, 2005) y Seminarios Ibéricos (2000) sobre CTS, así como materiales experimentales que prueban que la introducción de las relaciones CTSA mejora las concepciones y actitudes de los alumnos sobre ciencia y tecnología. Se pueden citar algunos materiales y proyectos que han inspirado este trabajo, tales como SATIS (Science and Technology in Society) (Solomon, 1993, Marco 1995, Obach, 1995), APQUA (Aprendizaje de los productos químicos, sus usos y aplicaciones) (Medir, 1995, Medir et col. 2000), PLON (Physics curriculum development project), SAW (Science at work) (Caamaño y Heto, 1992), SALTER'S (Caamaño 1995), el proyecto Galaxia (Hernández et al, 1998 y 1999; Calatayud et al., 1995) y un largo etc.

Además es posible la elaboración y diseño de materiales para actividades CTS de acuerdo a una metodología constructivista (Caamaño y Heto, 1992; Solbes y Vilches, 1993; Del Carmen et col., 1997), que sirvan para contextualizar la ciencia y la tecnología y mejorar las actitudes de los alumnos, especificando los criterios de elaboración mediante una metodología iterativa e interactiva.

Para probar dicha hipótesis se han elaborado un conjunto de actividades CTSA, resultado de la colaboración de varios profesores y su prueba con los estudiantes, insertas y conectadas con los programas habituales. En el anexo del final de este artículo se muestran dos ejemplos de las mismas. Además se realizaron varios diseños experimentales, todos ellos consistentes en la elaboración y aplicación de una batería de cuestionarios, una parte de ellos similares a los utilizados en la primera parte de la investigación para contrastar las concepciones y actitudes de los alumnos, y otros adicionales para saber lo que los alumnos han aprendido y ha sido de su interés. Además se ha elaborado otro para saber la opinión de los profesores sobre dichas actividades.

El cuestionario de profesores esta formado por varias preguntas relacionadas con la valoración de diversos aspectos que pueden presentar las actividades CTS diseñadas: presentar aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la sociedad y establece relaciones cualitativas, facilitar la adquisición de conceptos y procedimientos científicos, facilitar el cambio conceptual al permitir que los alumnos manifiesten sus ideas previas a través de la emisión de hipótesis, su contrastación y la extracción de conclusiones, aumentar las actitudes positivas y los intereses de los alumnos hacia el estudio de las ciencias y las tecnologías asociadas, etc., obteniéndose en todas ellas unas valoraciones positivas.

Resultados obtenidos con los alumnos

La propuesta alternativa de enseñanza y aprendizaje con la introducción de las relaciones CTSA en algunas actividades de clase, incluidas en los programas habituales, se realizo con diversos grupos de ciclos superiores de formación profesional del antiguo y nuevo sistema, con un total de 70 alumnos. Estos grupos que realizaron las actividades CTSA para contrastar la segunda hipótesis se denominan grupo experimental, aquellos alumnos que sirvieron como referente en la primera hipótesis se denominan de control (GCO). A continuación exponemos de forma resumida los cambios analizados.

Resultados sobre las concepciones de los alumnos sobre ciencia y tecnología

En relación a lo que los alumnos piensan sobre las ciencias físico- químicas, en la cuestión (I-1): *"Escribe cinco palabras que expresen para ti lo que son las ciencias físico-químicas"*, podemos ver en la Figura 1 que en el grupo experimental (GEX) los alumnos contestan más, son mayores (con diferencias superiores al 20%) las palabras relacionadas con distintas dimensiones de la ciencia: conceptos, procedimientos, investigación y tecnología. Así mismo en el grupo experimental son mayores las expresiones positivas en relación a la ciencia que denotan actitudes positivas (48'6% frente al 37'3%) y son menores las visiones negativas mayoritariamente relacionadas con los procesos de su aprendizaje (11'4% frente al 23'5%).

En la cuestión (I-2): *"Define según tu criterio lo que es una ciencia físico-química"*, en el grupo experimental aumenta el número de alumnos que saben hacer una definición amplia de la ciencia (61'4% frente a 41'2%), y con diferencias superiores al 22% la consideran estudio, explicaciones de los fenómenos físicos y utilizan más expresiones positivas que denotan actitudes positivas hacia la ciencia.

En relación a los que piensan los alumnos sobre tecnología, en la cuestión (1-3): *"Escribe cinco palabras que expresen para ti lo que es la tecnología"*, en el grupo experimental es mayor (con diferencias superiores al 20%) la relación de las tecnologías con los conceptos y los procedimientos que se utilizan en ella, la consideración de su aplicabilidad (71'4% frente a 58'8%), su dimensión científica (21'4% frente al 9'8%), la expresiones que denotan actitudes

positivas (70% frente al 62'7%), disminuyendo las visiones negativas (14'4% frente a 21'5%) especialmente relacionadas con su enseñanza.



Figura 1.- Resultados comparativos de concepciones de los alumnos. Cuestión I-1.

En la cuestión (I-4): "Define según tu criterio lo que es la tecnología", podemos ver en la Figura 2 que en el grupo experimental se realizan menos definiciones tautológicas (2'9% frente al 60'8%) y se considera más que en el grupo de control (GCO) (con diferencias superiores al 21%) su dimensión investigadora de estudio y búsqueda de explicaciones. Además consideran en mayor grado la aplicabilidad de la tecnología (61'4% frente al 49%), su dimensión científica (55'7% frente al 49%) y aumentan las expresiones que denotan actitudes positivas hacia la misma (24'3% frente al 19'6%).

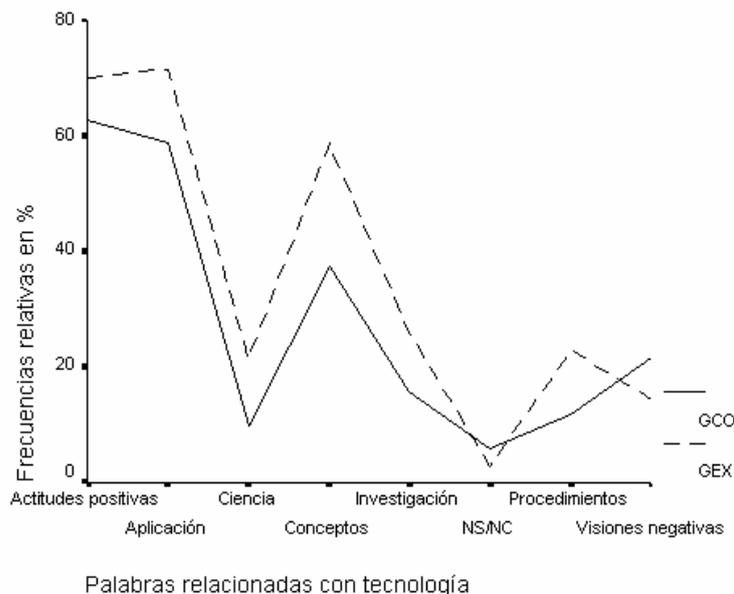


Figura 2.- Resultados comparativos de concepciones de los alumnos. Cuestión I-4.

En cuanto a los científicos y científicas se les planteo la cuestión (I-5): "Explica brevemente lo que es para ti un buen científico o científica", podemos ver en la figura 3 que aparece a continuación que en el grupo experimental (GEX) disminuyen las concepciones erróneas en relación a los científicos y científicas (inventor que realiza patentes, genio, neutral, desinteresado), aumentando respecto al de control (GCO) la consideración del tipo de tareas o trabajos que realizan: estudian (34'3% frente a 27'5%), investigan (40% frente a 29'4%), realizan descubrimientos y resuelven problemas (30'4% frente a 15'7%), mejoran la vida (37'1% frente al 27'5%), recopilan datos en relación a algunas de las tareas anteriores (4'3% frente al 0%) y trabajan (21'4% frente al 15'7%).

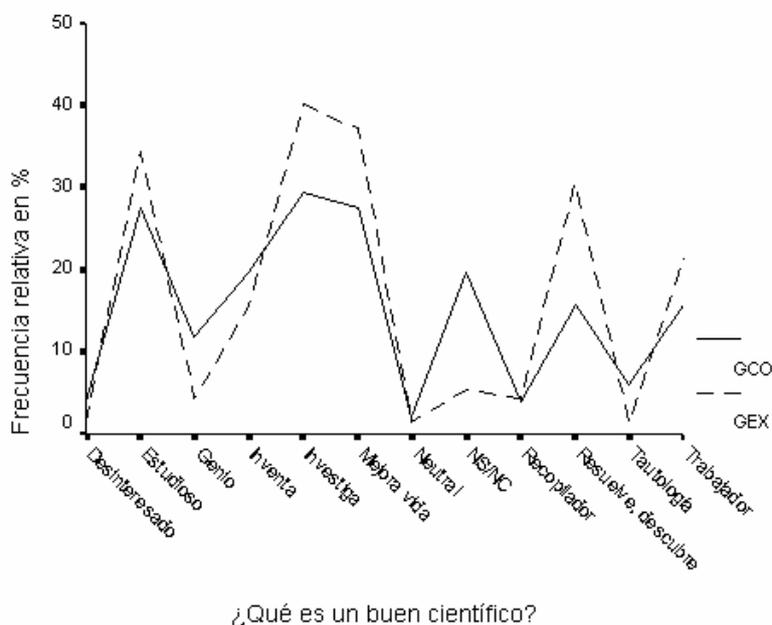


Figura 3.- Resultados comparativos de concepciones de los alumnos. Cuestión I-5

En relación al desarrollo científico y tecnológico se les planteo la cuestión (1-6): "Indica de qué factores dependerá, según tu criterio, el desarrollo científico y tecnológico", resultando que el grupo experimental considera mucho más los factores sociales e individuales de influencia sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología: los económicos (58'6 frente a 35'3%), los gubernamentales (32'9% frente a 4'95), las demandas sociales (28'6% frente a 13'7%), la investigación (28'6% frente a 11'8%), la industria (15'7% frente a 0%), los culturales (7'1% frente a 2%), el régimen político (17'1% frente a 0%), los estudios y la preparación (22'9% frente al 15'6%), los medios (31'4% frente al 19'6%), los precedentes históricos en su desarrollo (10% frente al 0%), las personas (27'1% frente a 15'7%) y el trabajo y la dedicación (25'7% frente al 9'8%).

En cuanto a lo que piensan sobre las influencias de la sociedad sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología, se les planteo la cuestión (I-7): "Indica tres o más ejemplos de influencias de la sociedad a lo largo de la historia

(políticas, económicas, etc.) en el desarrollo de la ciencia y la tecnología", resultando que los alumnos del grupo experimental (ver Figura 4) hacen más consideraciones y citas de las influencias sociales a lo largo de la historia sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología: citan tres (41'4% frente a 15'7%), citan dos (28'6% frente a 17'6%) y sólo uno (18'6% frente al 3'9%). Hacen más referencias a situaciones económicas tales como revoluciones comerciales, industriales y tecnológicas (44'3% frente al 25'5%), socio-políticas (32'9% frente al 7'8%) y guerras y conflictos (34'3% frente al 19'6%)

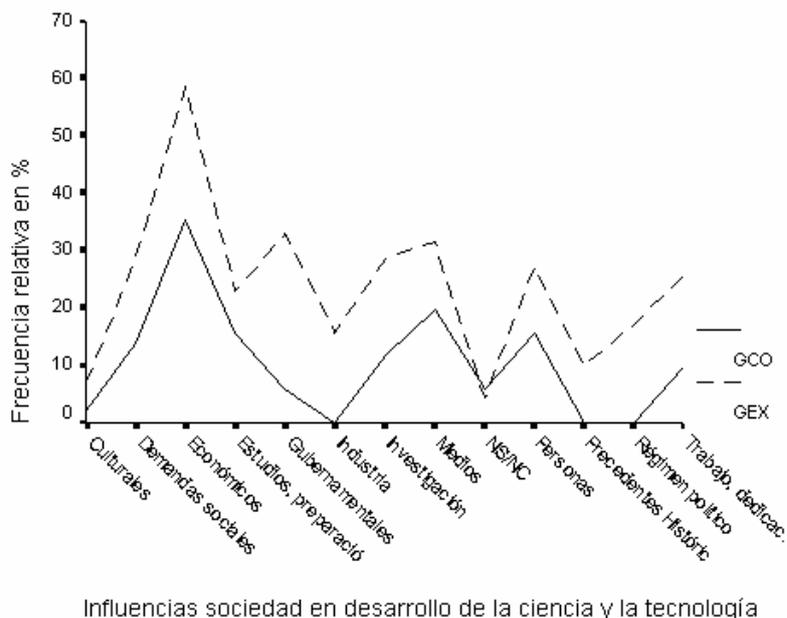


Figura 4.- Resultados comparativos de concepciones de los alumnos. Cuestión I-7

Para valorar su juicio sobre el papel que juega la ciencia y la tecnología, se les planteo la cuestión (I-8): "Trata de valorar breve y críticamente, sopesando ventajas e inconvenientes, el papel jugado por la ciencia y la tecnología en la vida de los hombres y mujeres", resultando que en el grupo experimental (Figura 5) se sopesa mejor las ventajas e inconvenientes del desarrollo de la ciencia y la tecnología en la vida del hombre (valoración de aspectos positivos y negativos), siendo una crítica más equilibrada y menos polarizada (54'3% frente al 27'5%). En el grupo experimental sólo mencionan aspectos positivos un 32'9% frente a un 31'4%, o negativos un 7'1% frente a un 11'8%. Con diferencias superiores al 18%, las ventajas más consideradas son el nivel y calidad de vida, la salud, la cultura y el desarrollo, entre los inconvenientes más citados están la contaminación, la deshumanización, la guerra y los conflictos, la mala ética en el uso de la ciencia y la tecnología y los intereses.

En relación a la posibilidad personal que los alumnos creen que tienen de influir sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología, se planteó la cuestión (I-9): "Indica si crees que personalmente puedes tener alguna influencia, y cómo

se llevaría a cabo ésta, o por qué no, sobre el desarrollo y evolución de la ciencia y la tecnología", resultando como se puede ver en la Figura 6, que el grupo experimental (GEX) se expresa más en esta cuestión (80% frente al 68'5%), siendo mayores los índices de los que creen que sí pueden tener alguna influencia sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología, el 35'7% frente al 11'7% del grupo control (GCO) y menores los que creen que no pueden influir (44'3% frente al 53'6%). En el grupo de control son mayores los no condicionales. Las razones más citadas son los estudios, obteniendo un título, ejercer como profesional, desarrollando algún método o aparato, ejerciendo como consumidor, participando en organizaciones sociales, teniendo dinero o medios, siendo una persona influyente, etc.

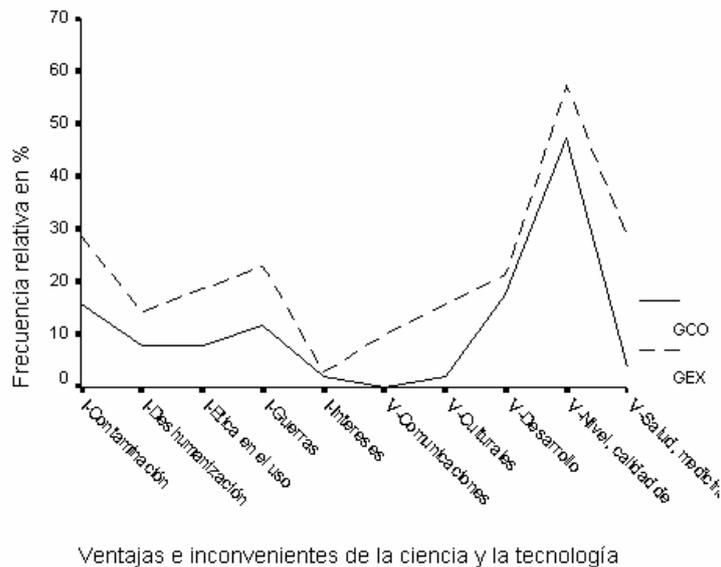


Figura 5.- Resultados comparativos de concepciones de los alumnos. Cuestión I-8

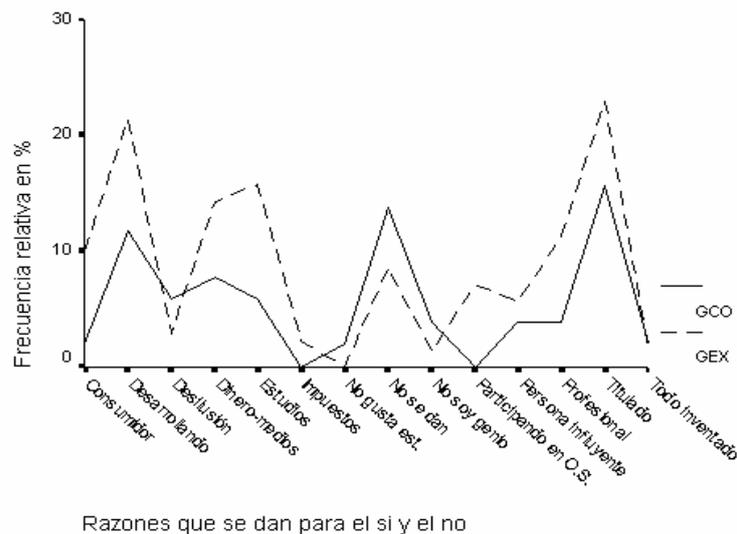


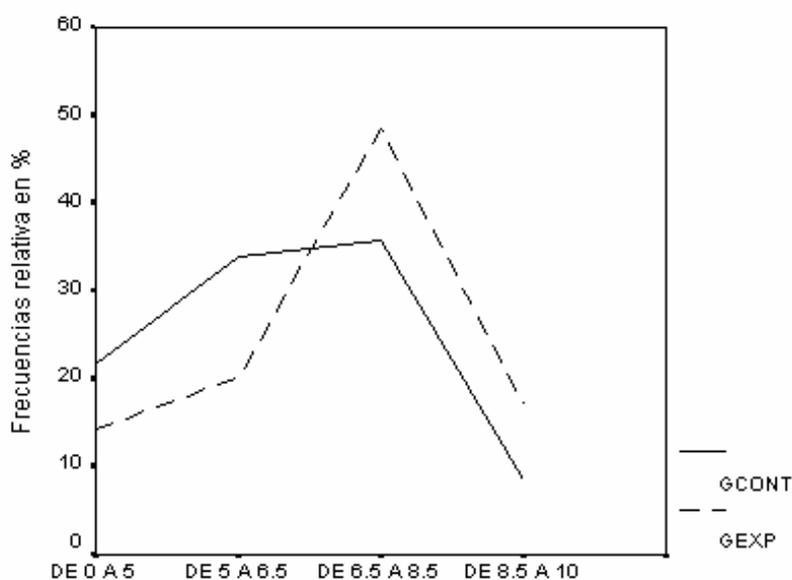
Figura 6.- Resultados comparativos de concepciones de los alumnos. Cuestión I-9

Por último, con referencia a las visiones negativas que los alumnos poseen sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias físico- químicas y las tecnologías asociadas (expresadas en las cuestiones I-1 y I-3), son menores en el grupo experimental (23'5%-21'5% frente al 11'4%-14'4%). Estas se relacionan principalmente con la dificultad (13'7%-7'8% 4'3%-4'3%), el formalismo, la exactitud y la calculadora (3'9%-2% frente a un 2'9%-2'9%), es aburrido para algunos alumnos (9'8%-3'9% frente a un 1'4%-7'2'9%) y los suspensos (2%-3'9% frente a un 1'4%-1'4%). En cuanto a los peligros de la ciencia y la tecnología en relación al medio social y natural (3'9%-3'9% frente a un 1'8%-2'9%), se relacionan con deshumanización por la máquina y peligros medioambientales

Los resultados anteriores confirman nuestra hipótesis, los alumnos experimentales poseen una imagen más amplia y contextualizada de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza.

Resultados sobre los intereses y actitudes de los alumnos

En referencia al interés que ha despertado la enseñanza recibida hasta la actualidad, planteamos la siguiente cuestión (III-1): "*Valora (de 0 a 10) si la enseñanza recibida hasta la actualidad han despertado tú interés por la ciencia, la tecnología y sus aplicaciones*", obteniéndose que los alumnos del grupo experimental muestran una valoración más alta de las enseñanzas recibidas hasta la actualidad sobre ciencia y tecnología (6'2 frente a 5'5 de media).



Valoración interés despertado por las enseñanzas recibidas

Figura 7.- Resultados comparativos de actitudes de los alumnos. Cuestión III-1

Con relación al cambio de motivaciones (cuestión III-2), se ha conseguido aumentar en los alumnos experimentales las motivaciones intrínsecas relacionadas con sus estudios en una media del 16'3% respecto al grupo de control, a costa de una reducción de las extrínsecas.

En referencia a los factores del proceso de enseñanza aprendizaje de las, se les planteo la cuestión (III-3): "*Señala los factores que aumentan o pueden aumentar tu interés hacia los estudios que realizas de las ciencias y tecnologías asociadas y sus aplicaciones*", obteniéndose que los alumnos experimentales que han utilizado en las clases las actividades de interacción CTSA, valoran positivamente la inclusión de estos aspectos como un factor que puede hacer aumentar su interés hacia el estudio de la electricidad y sus aplicaciones, dando resultados más elevados que el grupo de control en la categoría "conexión con la realidad" (49% frente al 13'8%).

En relación a la valoración en lista cerrada de distintos factores del procesos de enseñanza y aprendizaje, en una escala de (0 a 10), se les planteo la cuestión (III-4): "*Valora (de 0 a 10), de los factores que se indican, los que crees más importantes para que los estudios que realizas sean más interesantes*", se obtuvo que los alumnos experimentales valoran con mayores calificaciones las categorías como "la conexión teoría-prácticas", "materiales de prácticas", "conexión teoría realidad", "tratar relaciones CTS", fábricas e industrias, etc.

Para analizar que factores podrían crear una actitud desfavorable hacia los procesos de enseñanza aprendizaje, se les planteo la cuestión (III-5) abierta: "*Expresa que aspectos contribuyen o pueden contribuir a crear una actitud desfavorable o de desinterés hacia los estudios que realizas*", resultando que tanto los alumnos de control como experimentales señalan como factores que más pueden crear una actitud desfavorable hacia los estudios son: los profesores, su metodología, los compañeros, el material insuficiente, los contenidos poco útiles, las prácticas insuficientes y la evaluación. Los alumnos experimentales contestan más a esta cuestión y señalan con mayor tasa la ausencia de las relaciones CTS.

En relación al tipo de prácticas realizadas y preferidas (cuestión III-6, a y b), el grupo experimental aprecia más los diseños experimentales y prácticas de tipo investigativo (problemáticas) en las que hay que utilizar metodologías científicas (84% frente a 56'6%) ya que las han realizado más (55'1% frente a 27'6%) en los diferentes módulos o asignaturas. De las tablas de contingencias de ambos grupos (Rios, 2004) se deduce que para que las tendencias entre la idea de prácticas realizadas y preferidas sean máximamente coincidentes las prácticas a realizar deberían ser semidirigidas con procesos de investigación.

Los resultados obtenidos anteriormente confirman nuestras hipótesis de que el interés y las actitudes hacia los procesos de enseñanza y aprendizaje de los alumnos mejora con la introducción de metodologías científicas para resolver problemas, y con actividades que tratan sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

Resultados sobre lo que los alumnos han aprendido en las actividades CTS propuestas y el interés que ha despertado en ellos

En algunas actividades propuestas se ha realizado un cuestionario al finalizarlas en la que se planteaban dos cuestiones:

¿Cuál es vuestra opinión sobre la actividad realizada?, y en segundo lugar ¿Qué has aprendido?

Las opiniones expresadas por los alumnos en las actividades CTSA analizadas son acorde con un aprendizaje más significativo. A continuación mostramos algunas de las respuestas dadas por los alumnos a las actividades CTSA que presentamos como anexos al final del artículo después de su realización.

En la actividad de *"Minicentrales hidroeléctricas. Maquinas asíncronas"* encontramos respuestas como las siguientes: "He aprendido los diferentes elementos que forman parte de una central hidroeléctrica", "He apreciado como se puede obtener la energía eléctrica de la energía hidráulica", "Ha sido interesante ver una aplicación de lo que estamos viendo sobre alternadores" o "Comprendo la importancia social de la producción de energía eléctrica mediante centrales hidroeléctricas y el cambio e impacto medioambiental que producen".

En la actividad *"Desarrollo de la lámpara de descarga por ionización"* los alumnos señalan que han comprendido o apreciado: "los diferentes elementos que forman parte de una lámpara de descarga por ionización de gases", "la importancia de la investigación para el desarrollo y mejora de un producto tecnológico", "la incidencia de la iluminación eléctrica en diversos aspectos de la seguridad (se evitan incendios y explosiones de gas, permite la iluminación pública)", "las aplicaciones que posee este tipo de lámparas en otros campos: reproducción de documentos, aplicaciones terapéuticas, etc.", "la influencia de disponer de fuentes de energía eléctrica duraderas" o que "permite ahorrar combustibles al no utilizarse de forma directa en los mismos puntos de uso".

Conclusiones y perspectivas

Los resultados presentados en este trabajo de investigación ponen de manifiesto que un tratamiento adecuado de las relaciones CTSA mejora las motivaciones y actitudes de los alumnos de los ciclos formativos para el estudio y aprendizaje de la física y las tecnologías asociadas, mejora la imagen de éstas, disminuye las concepciones erróneas e incompletas, aumenta el conocimiento de las aplicaciones de las mismas y su conexión con la realidad, así como las implicaciones sociales y ambientales que poseen. Así mismo aumenta el sentido crítico equilibrado al ver tanto las ventajas como inconvenientes que poseen, haciendo de los alumnos ciudadanos más responsables y conscientes de sí mismos. Además las actividades CTSA sirven como elementos motivadores estructurantes de los conceptos y principios estudiados por los alumnos y de detección de concepciones erróneas o

incompletas. Confirman así los resultados obtenidos por Solbes y Vilches (1997) con estudiantes de BUP y COU.

Hemos constatado que la utilización de elementos de la evolución e historia de la ciencia y la tecnología (Solbes y Traver, 1996 y 2003), a través de diferentes experimentos y artefactos asociados, permite a los alumnos reconstruir y comprender los conceptos y principios en que se fundamentan las tentativas y mejoras científicas y tecnológicas logradas, así como las posibles aplicaciones que poseen.

Hemos contrastado, así mismo, que la utilización de actividades de relación entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente ha modificado las motivaciones extrínsecas de los estudiantes hacia aquellas de carácter intrínseco que implican la motivación al logro y el impulso cognitivo, una tarea importante desde el punto de vista educativo.

También hemos cotejado que la consideración de la ciencia y la tecnología como estudio e investigación de objetos y procesos físicos, cuyos resultados son aplicables en la vida diaria y la sociedad, mejora el interés y las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias y las tecnologías asociadas.

En resumen, un adecuado tratamiento de las relaciones CTSA ayuda a aumentar el interés y mejorar las actitudes de los alumnos por contenidos de las asignaturas, mejora la metodología del profesor y aumenta la conexión con la realidad de los contenidos impartidos, aumentando su utilidad. Además, por su naturaleza intrínseca, estas actividades bien planteadas ayudan a mejorar el ambiente en clase. La ausencia de actividades CTSA en los libros de texto puede dar oportunidad a los profesores para crear materiales que traten dichos aspectos en diferentes momentos del curso para ser realizadas en clase, integradas en los programas didácticos usuales (Aguilar, Marco-Stiefel e Ibáñez, 2000).

A lo largo de esta investigación han surgido diferentes aspectos relacionados con ella, los cuales creemos que podrían ser interesantes para ser tratados en otras investigaciones, entre los cuales pueden citarse el papel e influencia que pueden poseer:

- Los medios de comunicación de diversa índole, otros profesores de materias no científicas, etc. sobre las concepciones CTSA.
- Los catálogos técnicos como fuente de información y transmisión científica y tecnológica.
- La consideración de la investigación científica realizada por empresas privadas y el registro de patentes.
- La inclusión de imágenes (esquemas, dibujos, fotografías, etc.) en los problemas relacionados con aspectos CTSA y en la presentación como en la solución de problemas.

Por último señalar que nuestra intención en este trabajo de investigación no es tan sólo verificar unas hipótesis, fundamentadas en un modelo teórico constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, en relación a las interacciones

CTSA, sino, también, colaborar en la medida de nuestras posibilidades a que nuestros materiales didácticos sean mejores, más interesantes y motivadores para profesores y alumnos, más educativos y formadores, y más relacionados con la realidad industrial y la vida cotidiana de nuestra sociedad y nuestro país.

Referencias bibliográficas

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1976). *Educational Psychology. A cognitive view*. New York: Holt, Rineheart and Winston, Inc.

Aguilar, T., Marco-Stiefel, B. y Ibáñez, T. (2000). Alfabetización Científica. Nuevos horizontes educativos. En "*O Movimento CTS na Península Ibérica*". Aveiro: Universidad de Aveiro.

Caamaño, A. (1995). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de Ciencias. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 3, 4-6.

Caamaño, A. y Heto, A. (1992). *Orientaciones teórico prácticas para la elaboración de Unidades Didácticas. Curso de actualización didáctica*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

Caamaño, A. y Vilches, A. (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: Un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo, *Enseñanza de las Ciencias*, n° extra. II Congreso.

Calatayud, M. L.; Hernández, J.; Paya, J.; Solbes J. y Vilches, A. (1995). *Proyecto Galaxia: Física y Química 1º Bachillerato*. Barcelona: Octaedro.

Canongue, F. y Ducel, R. (1988). *La educación técnica. Sus bases y métodos*. Buenos Aires: Editorial Paidós.

Del Carmen, L.; Caballer, M.J.; Furió, C.; Gómez, M.A.; Jiménez, M^a P.; Jorba, J.; Oñorbe, A.; Pedrinaci, E.; Pozo, J.I.; Sanmartí, N. y Vilches, A. (1997). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Editorial Horsori.

Furió, C. J., Iturbe, J. y Reyes, J.V. (1994) Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias, *Investigación en la Escuela*, 24, 89-101.

Galbraith, J.K. (1984). *El nuevo estado industrial*. Barcelona: Editorial Ariel.

Gil, D. (1993) Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.

Gil, D. (1994) Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico, *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32.

Hernández, J.; Paya, J.; Solbes J. y Vilches, A. (1998). *Proyecto Galaxia: Física y Química 3º ESO*. Barcelona: Octaedro.

Hernández, J.; Paya, J.; Solbes J. y Vilches, A. (1999). *Proyecto Galaxia: Física y Química 4º ESO*. Barcelona: Octaedro.

Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education, *International Journal of Science Education*, 14 (5), 41-562.

James, R. K. y Smith, S. (1985). Alienation of students from science in grades 4-12, *Science Education*, 69, 39-45.

Kranzberg, M. y Davenport, W.H. (eds.). (1978). *Tecnología y cultura*. Barcelona: Gustavo Gili.

Kuhn, T. S. (1988). *La Revolución Copernicana*. Barcelona: Editorial Orbis.

Marco, B. (1995). La naturaleza de la Ciencia en los enfoques CTS, *Alambique*, 3, 13-18.

Manassero, M. A., Vázquez, A. Y Acevedo, J. A (2001). *Avaluació dels temes de Ciència, tecnologia i Societat*, Illes Balears: Conselleria d'Educació i Cultura.

Medina, M.; Sanmartín, J. (1990). *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Estudios interdisciplinarios en la Universidad, en la Educación y en la Gestión Pública*. Barcelona: Editorial Anthropos.

Medir, M. (1995). El Proyecto APQUA, *Alambique*, 3, 53-60.

Medir, M.; El Boudamoussi, S.; Abelló, M. (2000). El Proyecto APQUA: Nuestra experiencia de doce años de docencia. En *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Universidad de Aveiro.

Membiola, P. (ed.) (2001). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia- Tecnología- Sociedad*. Madrid: Narcea.

Membiola, P. y Padilla, Y. (Eds.). (2005). *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*, Educación Editora.

<http://webs.uvigo.es/educacion.editora/Libro01.htm>

Munford, L. (1992). *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza.

Obach, D. (1995). El Proyecto SATIS, *Alambique*, 3, 39-44.

Pacey, A. (1980). *El laberinto del ingenio. Ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología*. Barcelona: Gustavo Gili.

Ríos, E. (2004). *Las Interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad en los Ciclos Formativos de Sistemas Eléctricos*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia 2005.

Ríos, E. y Solbes, J. (2002). ¿Qué piensan los estudiantes de Ciclos de Formación Profesional sobre la Ciencia y la Tecnología? Origen de sus concepciones, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 16, 113-133.

Rios, E. y Solbes, J. (2003) Relaciones CTS, punto de encuentro entre ciencia y tecnología, *Alambique*, 38, 62-70.

Seminario Ibérico (2000). *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Universidad de Aveiro.

Solbes, J. y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Física y la Química, *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 103-112.

Solbes, J. y Traver, M. (2003). Against negative image of science: history of science in the physics & chemistry Education, *Science & Education*, 12, 703-717.

Solbes, J. y Vilches, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones ciencia, técnica y sociedad (C/T/S), *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 181-186.

Solbes, J. y Vilches, A. (1995). El profesorado y las actividades CTS, *Alambique*, 3, 30-38

Solbes, J. y Vilches, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry, *Science Education*, 81, 377-386.

Solomon, J. (1993). *Teaching Science, Technology & Society*. Buckingham: Open University Press.

Solomon, J. (1995). El estudio de la Tecnología en la educación, *Alambique*, 3, 13-18.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual, *Enseñanza de las ciencias*, 13 (3), 337-346.

Winner, L. (1987). *La ballena y el reactor*. Barcelona: Gedisa.

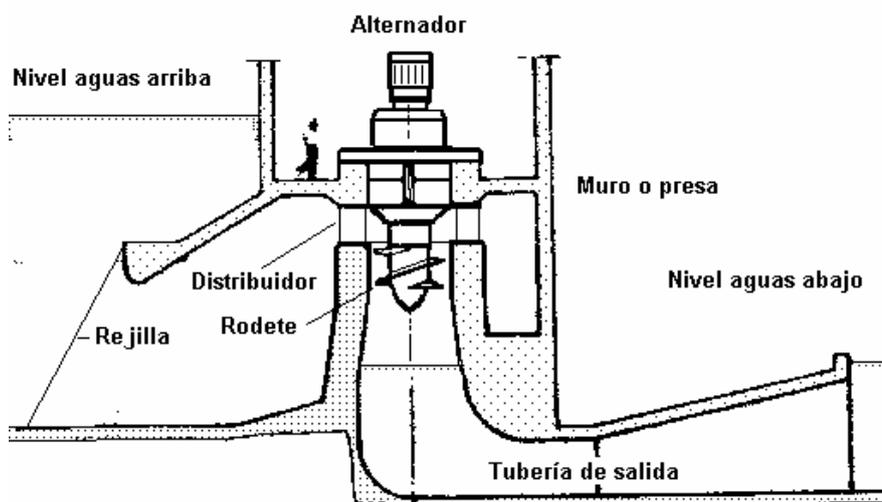
ANEXO: EJEMPLO DE ACTIVIDADES

Actividad 1: MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. ALTERNADOR SÍNCRONO

Son pequeñas centrales situadas en los cursos de los ríos para aprovechar su capacidad de energética debido a su caudal y energía cinética (rapidez) o potencial (debido a diferencias de altura en su curso). Su capacidad generadora no supera unos megavoltioamperios. En la figura se muestra una de estas centrales con turbina Kaplan (de hélice) que dispone de un alternador síncrono, basta para ello que alcance el giro de la velocidad de sincronismo y se conecte a la red. Realiza las siguientes actividades:

- Explica el funcionamiento de la central indicando la función de cada uno de sus elementos.
- ¿Qué aplicaciones tiene?, ¿qué implicaciones sociales y ambientales tiene?
- El cauce tiene un caudal Q de $20 \text{ m}^3/\text{s}$, el salto H es de 10 m (entre aguas arriba y aguas abajo), y la eficiencia o rendimiento η del equipo turbina- alternador es del 80% . Determinar la potencia instantánea que puede producir la central: $P=9'8QH\eta$ (kW)
- Si el alternador tiene una tensión nominal de 5 kV y está conectado a una red de $380 \text{ V}/50 \text{ Hz}$, ¿cuáles deberán ser las características nominales mínimas del transformador?
- Si el alternador es tetrapolar conectado en estrella, determinar : 1) Velocidad de sincronismo. 2) Intensidad máxima que circulará en el alternador. 3) Intensidad máxima que circulará por la línea. 4) Características nominales del alternador.

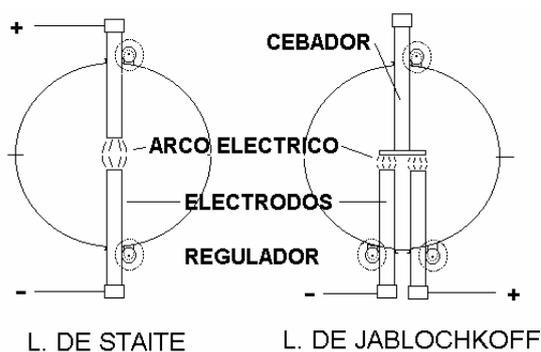
Minicentral de turbina Kaplan de eje vertical, cámara en sifón



Actividad 2. DESARROLLO DE LA LÁMPARA DE DESCARGA POR IONIZACIÓN

Con la aparición de la pila de Alessandro Volta, en 1800, Humphry Davy pudo comprobar en 1808 que un par de electrodos de carbono íntimamente unidos producían un arco eléctrico cuando se separaban, emitiendo luz. Este arco está constituido por un chorro de electrones que puede producir temperaturas de hasta 3500° en el electrodo positivo, ionizando la atmósfera en que se produce.

Esto hizo pensar a otros investigadores que se podrían fabricar lámparas o "bujías" de iluminación mediante el empleo de electrodos de carbono a tensiones suficientemente altas. Uno de ellos, W.E. Steatite, fabricó lámparas de arco como la que se muestra en la figura, consta de dos electrodos de carbono posicionados sobre el mismo eje, que se pueden mover mediante reguladores manuales para variar la distancia entre electrodos y regular la luz emitida. El problema de esta lámpara fue que los electrodos se desgastaban por efecto del arco, especialmente el positivo o ánodo, y su duración no era muy larga, el carbono desprendido producía iluminación añadida por combustión en la atmósfera. Este tipo de lámparas necesitaba dinamos de gran voltaje movidas por máquinas de vapor, además producían una disminución de la resistencia de carga muy importante cuando se iniciaba el arco.

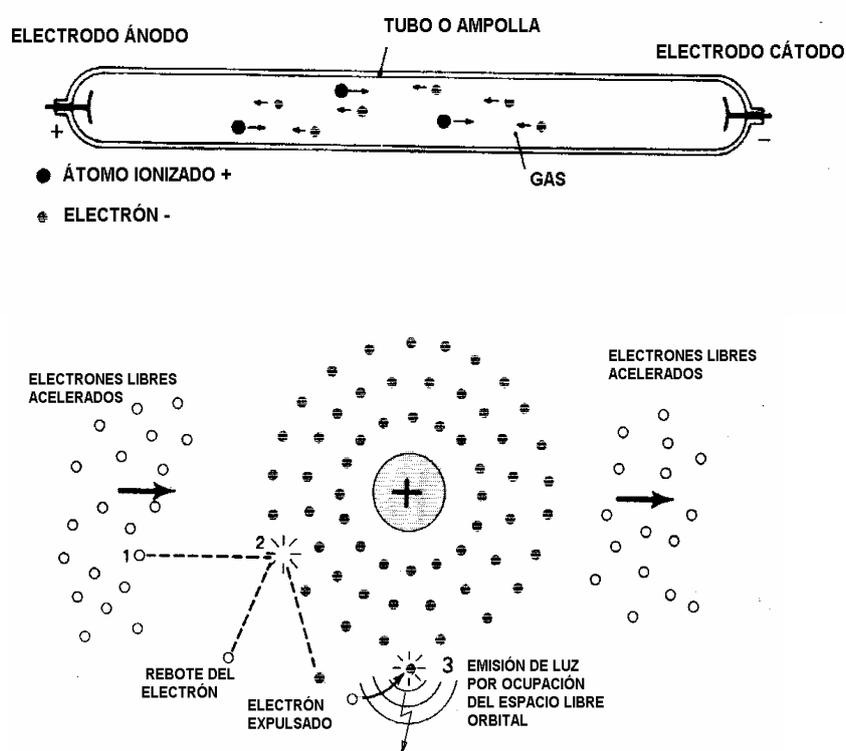


Para evitar las regulaciones que imponía el desgaste de los electrodos, en 1876 Paul Jablochhoff presentó una nueva lámpara. Consistía en la disposición de los electrodos en paralelo y la utilización de corriente alterna para producir un desgaste equivalente en ambos electrodos. Además estaba provista de una placa que actuaba como cebador para iniciar el arco, cuya distancia a los electrodos era

regulable, se obtenían así dos arcos entre los electrodos y la placa. Su funcionamiento mejoraba conectando la placa a un divisor de tensión. Si la distancia entre electrodos y placa se hacía muy grande y la tensión suficiente, existía el peligro de que el arco se formase entre electrodos. Tanto las lámparas de Steatite como de Jablochhoff eran utilizadas en eventos e instalaciones especiales.

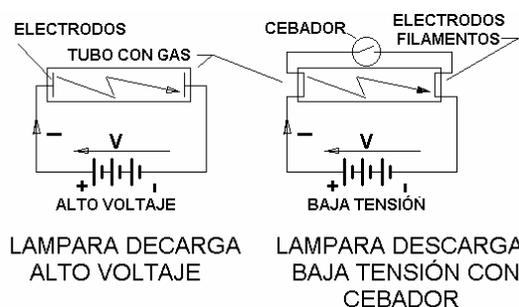
Las investigaciones sobre la lámpara de incandescencia revolucionaron la iluminación eléctrica, dando como resultado la patente y comercialización por Joseph W. Swan y Tomás A. Edison en 1879 de lámparas de este tipo, que utilizaban tensiones más pequeñas, eran más duraderas y presentaban una resistencia de carga uniforme, lo que dejó a las lámparas de arco eléctrico en desuso por sus inconvenientes: desgaste, utilización de grandes tensiones e iluminación poco uniforme.

No fue hasta mediados del primer tercio del siglo XX, en que se investigaba la naturaleza atómica de los elementos, que se empezó a estudiar de nuevo sobre la producción de arcos eléctricos en el seno de gases encerrados en ampollas de vidrio para estudiar sus espectros (frecuencias de emisión de energía radiante). Ciertos átomos de gases se ionizaban en el seno de un campo eléctrico de gran tensión producido entre dos electrodos, su aceleración y choque con otros átomos, antes de alcanzar los electrodos, hacía que estos se ionizasen a su vez y emitiesen cuantos de energía luminosa en diversas frecuencias, según la estructura atómica de los átomos. Una de estas lámparas de descarga, denominadas de iluminación por ionización, fue el de Moore, llena de dióxido de carbono o nitrógeno.



Una manera de reducir las tensiones necesarias para la formación del arco o descarga en ciertos gases fue la utilización de los electrodos como filamentos de calentamiento previo de sí mismos y de los gases, un cebador los ponía en serie durante un cierto tiempo. Esto hizo necesario la introducción de bobinas o reactancias que tenían tres propósitos: limitar la corriente en el calentamiento de los filamentos, producir picos de tensión para el cebado del arco producido por el cambio brusco de carga al abrirse el cebador y, limitar la corriente una vez establecido el arco de descarga en el tubo. El cebador consta de unos contactos abiertos en una atmósfera de gas noble (Neón), en el que se establece un arco en serie con la resistencia de los electrodos principales, uno de los contactos es bimetálico y se separa con el paso de la corriente, llegando un momento en que el arco se extingue, en ese momento la reactancia por cambio brusco de la carga produce un pico de tensión que provoca el cebado

del arco en el tubo de descarga principal. La tensión de mantenimiento de la descarga una vez calentados los gases es menor en el tubo que en el cebador.



Los gases o vapores utilizados más comúnmente hoy día son los de neón, sodio y mercurio. Existen gases que emiten espectros radiantes fuera del visible, pero que incidiendo sobre sustancias luminiscentes (fosforescentes o fluorescentes) hacen que estas emitan radiación visible, es lo que se conoce como tubos

fluorescentes, cuya apariencia externa es blanca por las sustancias luminiscentes de que esta recubierta interiormente su superficie. Se utilizan en diversos aparatos, tales como fotocopiadoras, escáneres, rayos UVA con fines terapéuticos, etc.

Realiza las siguientes actividades:

- Intenta explicar las influencias sobre la sociedad de estos descubrimientos científicos en iluminación.
- Intenta explicar por qué en corriente continua se desgasta más el electrodo positivo o ánodo que el negativo o cátodo. ¿Crees que puede existir desgaste en los electrodos de las lámparas de descarga por ionización?
- Explica que es la ionización de un átomo. ¿Qué utilidad puede tener calentar los electrodos y los gases antes del cebado del arco en los tubos de descarga?
- ¿Se podría producir un arco eléctrico en el vacío?, ¿iluminaría?
- ¿Crees que la lámpara de arco y las lámparas de descarga por ionización están basadas en el mismo principio físico?
- Busca información sobre Humphry Davy, Joseph Swan y Tomás Edison, realiza un resumen de sus aportaciones a la electricidad.