

*¿Qué piensan los estudiantes de
ciclos de formación profesional sobre
la ciencia y la tecnología?
Origen de sus concepciones.*

Rios, E. y Solbes, J.
IES José Viguer, Valencia.
IES José Rodrigo Botet, Manises.

Resumen:

Los autores analizan las concepciones de estudiantes de tecnología sobre la ciencia y la tecnología y sus relaciones con la sociedad y el ambiente, así como el origen de esas concepciones (enseñanza, medios de comunicación, etc.).

Palabras clave: Educación tecnológica, CTSA, concepciones.

Summary:

In this article the student's conceptions about science and technology and their relationships with society and environment are analyzed, and also the origin of such conceptions (teaching, mass media, etc.).

Key words: Technological education, STES, conceptions.

(Fecha de recepción: marzo, 2002, y de aceptación definitiva: septiembre, 2002)

1. Introducción

Nuestra sociedad ha modificado mediante el conocimiento científico, las visiones del hombre sobre el mismo, sobre la sociedad y sobre el universo. Y mediante la ciencia y la tecnología ha implementado y controlado procesos físicos, químicos y biológicos que le han permitido cierto dominio del medio y modificación del entorno. Así mismo, nuestra sociedad a través de su organización cultural, política, económica e industrial, mediante la interacción de diferentes grupos sociales con sus necesidades, demandas e intereses, decide el desarrollo y evolución del complejo sistema científico y tecnológico.

Por eso, en fecha tan tempranas como 1939 Ortega y Gasset señalaba la importancia de que al ciudadano se le ponga en contacto con el importante hecho de la ciencia y la tecnología, dentro del cual ve sumergida su existencia, tratando lo que representan en la vida humana, viendo su génesis, su evolución, sus condiciones y posibilidades, sus peligros, los conflictos que producen en la sociedad, así como su capacidad para resolver problemas. Y añadía que la falta de contacto entre ciencia y tecnología le imprime a aquella un carácter abstracto, espectral, sin engarce con la vida real.

Pero como indica Hodson (1985, 1992) no parece que en la enseñanza de las ciencias se distingan las distintas dimensiones que la constituyen: los conceptos de las ciencias, la naturaleza

de la ciencia y sus métodos, la ciencia y sus implicaciones ambientales, la ciencia y los científicos y su imagen pública. Y esto, paradójicamente, quizá sea más acentuado en la enseñanza de los alumnos de los ciclos superiores de formación profesional. De este modo nos podemos preguntar en esas diferentes dimensiones *¿qué es lo que piensan dichos alumnos sobre la ciencia y las tecnologías asociadas?*

2. Hipótesis y su fundamentación

Con relación a la pregunta que nos hemos hecho en la introducción de este breve artículo relativa a las concepciones de los alumnos, nuestra hipótesis es que: *En la enseñanza de las ciencias físicas y de las tecnologías asociadas se proporciona en ocasiones una imagen neutral, 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. Consecuentemente, algunos alumnos tendrán una visión distorsionada de la ciencia y de la tecnología, descontextualizada del medio natural y social, desconociendo su papel en la historia de la humanidad, que posiblemente pueda ser una de las causas de falta de interés, rechazo y actitudes negativas hacia su estudio y aprendizaje, y que se vuelquen sobre los saberes prácticos y la realización de prácticas asociadas.*

Nuestra hipótesis se fundamenta en diversas investigaciones (Postner, Strike, Hewson y Gertzog 1982, Osborne y Wittrock 1983, Yager y Penick 1983, Gil 1983, Gilbert 1994, Solbes y Vilches 1993) que han puesto de manifiesto que la enseñanza de las ciencias está centrada en los contenidos y en los libros de texto, que se justifica en función del siguiente nivel, que se realiza de modo expositivo /receptivo y cuya evaluación se centra en los contenidos. Y, aunque en la enseñanza de la tecnología el número de investigaciones es menor se olvidan, al igual que en la ciencia, aspectos tan importantes como las concepciones e ideas previas de los alumnos, u otros tan inherentes a ambas como: sus métodos y procedimientos, génesis y evolución histórica, crisis y controversias, elección de problemas, emisión de hipótesis y construcción de las teorías, su capacidad para resolver problemas y satisfacer necesidades humanas, su impacto social, las diversas aplicaciones que pueden poseer, con sus ventajas y peligros y, por último, su capacidad para modificar el medio ambiente y adaptarlo a las necesidades del hombre.

Así se ofrece una imagen de la ciencia y la tecnología descontextualizada del medio social y ambiental, como cosas aparte que tienen existencia por si solas, de crecimiento lineal y acumulativo (Kuhn 1962), sin mostrar las relaciones entre ellas, sus efectos e influencias mutuas (Gil 1983, Schibechi 1984, Aikenhead y Fleming 1987,

Boyer y Tiberghien 1989, Solbes y Traver 1996).

De este modo los alumnos no pueden asimilar los contenidos se da una imagen rígida y deformada de la ciencia y la tecnología cuyo aprendizaje está reservado a unos pocos, no se da oportunidad a los alumnos de desarrollar el pensamiento creativo, enfrentarse con problemas, emitir hipótesis, elaborar métodos experimentales para su contrastación, construir artefactos o sistemas para resolverlos y elaborar teorías (Gil 1994, Schibechi 1986). Tampoco puede olvidarse la complejidad de la ciencia y la tecnología y que la situación didáctica es una transposición simplificadora de la realidad (Gil 1994). En relación con lo anterior, diversos investigadores en didáctica de las ciencias experimentales han detectado que el interés de los alumnos por el estudio y aprendizaje de las ciencias decrece a medida que aumentan sus años de escolarización (Kelly 1986, Schibeci 1984, Yager y Pennick 1996, Boyer y Tiberghien 1989).

Esa imagen será probablemente la que se muestre en los libros de texto y la que posiblemente transmitirán los profesores (Rubba y Harkness, 1993), sin tener en cuenta que el diseño y realización de actividades que traten diversas dimensiones de las relaciones CTS pueda ser una fuente de interés, motivación y de mejora de actitudes hacia el estudio y aprendizaje de las ciencias físico químicas y las tecnologías asociadas (Hodson 1992, Solbes y

Vilches 1992 y 1997, Del Carmen et al. 1997).

3. Operativización de la hipótesis

Esa imagen de la ciencia y la tecnología que hemos caracterizado en los apartados anteriores se mostrará en los diferentes factores o agentes que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, libros de texto, alumnos y profesores.

Así en los textos dedicados a las enseñanzas de formación profesional de los ciclos se ofrecerá una imagen de la ciencia y la tecnología predominantemente cuantitativa y formalista, ignorando aplicaciones, aspectos cualitativos y cuantitativos que consideren las relaciones entre ciencia, tecnología y el medio social y natural en que están inmersas. No se tratarán aspectos tales como (entre paréntesis la referencia al diseño experimental):

1. Ideas previas o concepciones de los alumnos sobre la relación entre ciencia y tecnología en los que se fundamentarán los nuevos contenidos o profundizaciones (cuestión T1).
2. El carácter colectivo de la ciencia y la tecnología cuyos resultados son fruto del esfuerzo de equipos de investigadores, científicos e ingenieros, y sirven de base a otras investigaciones posteriores. Por el contrario, se da una visión

individualista de la construcción de las mismas como obra de genios o inventores, que olvida una visión histórica y personalizada (cuestión T2, T7, T8, T9).

3. El carácter problemático de las investigaciones científicas y tecnológicas, el valor de las teorías y de las hipótesis en las investigaciones para realizar descubrimientos y llevar a cabo realizaciones y aplicaciones. Contrariamente, sus métodos se plantean como una búsqueda de datos de tipo empirista a partir de los cuales se inducen consecuencias, o unos procedimientos rígidos que se adaptan a todas las situaciones (cuestión T3, T10).
4. Las estrechas relaciones entre ciencia y tecnología y la complejidad de los sistemas de investigación y desarrollo en las empresas y universidades, como medio de resolver problemas, satisfaciendo demandas o cumpliendo expectativas sociales (cuestión T2, T7, T8, T9, T11).
5. Las profundas relaciones de la ciencia y la tecnología con el entorno social, que pongan en evidencia los problemas solucionados por el uso de las ciencias y tecnologías asociadas (cuestión T4, T6, T7, T8, T9).
6. El papel que la ciencia y la tecnología han tenido y tienen en la explotación, modificación y preservación del medio natural (cuestión T5, T11).

7. La historia y evolución de la ciencia y la tecnología, lo cual puede servir para la reconstrucción de los conocimientos científicos y tecnológicos por el alumnado y para mostrar como, a partir de la 2ª revolución industrial, la tecnología no sería posible sin las investigaciones, las teorías, el conocimiento y metodología científica (cuestión T4, T6, T7, T8, T10).
8. La formación integral de los alumnos como futuros ciudadanos, ya que no se plantean actividades con intercambio y comprensión de puntos de vista distintos a los personales, con discusiones constructivas, y valoración crítica que juzgue aspectos y repercusiones positivas y negativas, que favorezca la toma de decisiones al sopesar ventajas e inconvenientes en los problemas de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad, que como ciudadano responsable tendrá que asumir (cuestión T8, T10).

Con relación a los alumnos la ausencia del tratamiento de las relaciones CTS en la enseñanza probablemente produzca en ellos una imagen deformada de dichas interacciones y una actitud negativa en algún sentido hacia el estudio de las mismas. Más específicamente (entre paréntesis la referencia al diseño experimental):

1. Tendrán una visión de las ciencias muy teórica y alejada de la solución de problemas del mundo

práctico y la vida real, lo que se mostrará en su consideración conceptual, de estudio. Consecuentemente producirá algunas actitudes negativas hacia la misma (cuestión 1.1, 1.2).

2. Poseerán una visión de la tecnología con mucha aplicabilidad, próxima a la ciencia, pero deformada, sin considerar sus métodos (cuestión 1.3, 1.4).
3. Tendrán una visión deformada de la ciencia y la tecnología, como obra individual de genios e inventores, no como una obra colectiva que exige organizaciones humanas, que poseen los medios materiales y las estructuras para hacer posible las investigaciones, descubrimientos y aplicaciones, y atender a las demandas sociales (cuestión 1.5, 1.6).
4. Desconocerán las influencias de los grupos sociales sobre el desarrollo y evolución de la ciencia, no valorando la participación e influencia de las organizaciones sociales, así como las situaciones históricas concretas en que se desarrollaron (cuestión 1.6, 1.7, 1.8, 1.9).
5. Consecuentemente, tendrán una visión acrítica de la ciencia y la tecnología, no realizando valoraciones a los problemas que ha resuelto y los que ha generado (ventajas y desventajas) en el medio natural y social: p.e. riqueza- pobreza y emigración, dere-

chos humanos, etc. (cuestión 1.8, 1.9).

6. No valoraran los procesos de enseñanza aprendizaje como origen de sus concepciones sobre ciencia y tecnología (cuestiones 2.6, 2.7).

Con relación a los profesores poseerán unas concepciones de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza similares en algunos aspectos a las de los alumnos (Fleming, 1988) por ser los productores de libros y transmisores de las concepciones de los alumnos. Sin embargo, es de suponer que los profesores que hayan estado o estén interesados y preocupados por la didáctica de sus materias experimentales posean unas concepciones sobre las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza más ricas y complejas (Vilches, 1993) (cuestión P.1).

4. Diseño experimental

Para verificar las subhipótesis relacionadas con la hipótesis principal sobre concepciones sobre las interacciones CTS, utilizaremos los cuestionarios que mostraremos a continuación. Para su confección se han tenido en cuenta diversos cuestionarios que son pioneros en este tipo de investigación, por ejemplo "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS) (Aikenhead, 1987, Glen, Aikenhead y Ryan, 1992), adaptado a nuestro país por Vázquez, Manassero et al. (1998) u otros desa-

rollados sin un nombre específico (Solbes y Vilches 1992, Solbes y Traver 1996) que sirven para analizar las concepciones de los alumnos sobre las interacciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

4.1. Libros de texto

Para los libros de texto se ha utilizado el cuestionario de textos (T), aplicado a libros que se utilizan mayoritariamente módulos profesionales electrotécnicos, formado por diez cuestiones. Cada cuestión trata de verificar si se introduce alguna actividad que trate los aspectos considerados: en apartados, párrafos, ejercicios, lecturas, actividades complementarias, etc.

CUESTIONARIO DE TEXTOS T

T.1. Plantea actividades para activar y detectar las preconcepciones previas de los alumnos sobre ciencia y tecnología.

T.2. No aparecen tópicos habituales sobre los científicos/as e inventores/as: aspectos biográficos o simples anécdotas, sino que se tratan y contextualizan sus aportaciones a la ciencia y la tecnología.

T.3. Existen actividades de taller o laboratorio que se plantean de modo problemático, simulando el modo en que trabajan los científicos y científicas, con sus teorías y métodos.

T.4. Aparece la ciencia y la tecnología como un medio de resolver problemas en el medio natural y social.

T.5. Presenta el papel de la ciencia y la tecnología en la modificación y preservación del medio natural.

T.6. Muestra la evolución y papel que la ciencia y la tecnología han jugado en la sociedad.

T.7. Muestra el papel que el medio social con sus problemas y necesidades han ejercido sobre la evolución de la ciencia y la tecnología.

T.8. Trata aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la industria o en la vida cotidiana a través de ejemplos o problemas, mostrando las teorías y métodos empleados en la ciencia y la tecnología.

T.9. Aparece 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.

T.10. Contribuye a la valoración crítica, la toma de decisiones, y en definitiva a la formación de futuros ciudadanos.

T.11. Se plantean actividades de implicación con el exterior.

Para la cuantificación consideramos el número de capítulos en que aparecen actividades en las que se introduce el aspecto considerado (según el criterio anterior), respecto al número total de capítulos que contienen los textos,

expresando el resultado en porcentaje o frecuencia relativa.

4.2. Profesores

A los profesores se ha planteado la siguiente cuestión:

P.1. ¿Crees que puede tener algún interés, desde el punto de vista didáctico, para aumentar el interés de los alumnos hacia la asignatura que impartes, el tratamiento de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad?, ¿qué actividades tratarías en relación a ese tema?

La valoración cuantitativa de las respuestas clasificadas la hacemos por la frecuencia relativa de aparición en % respecto al número total de encuestados.

4.3. Alumnos

4.3.a. Cuestionario de concepciones

Para detectar las concepciones sobre las interacciones CTS que poseen los alumnos confeccionamos un cuestionario a formalizar por los alumnos (CUESTIONARIO DE ALUMNOS I), formado por diez cuestiones que exponemos a continuación.

CUESTIONARIO DE ALUMNOS 1

1.1. Escribe cinco palabras que expresen para ti lo que son las ciencias físico-químicas.

1.2. Define según tu criterio lo que es una ciencia físico-química.

1.3. Escribe cinco palabras que expresen para ti lo que es la tecnología.

1.4. Define según tu criterio lo que es la tecnología.

1.5. Explica brevemente lo que es para ti un buen científico o científica.

1.6. Indica de qué factores dependerá, según tu criterio, el desarrollo científico y tecnológico.

1.7. 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.

1.8. 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.

1.9. 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.

Para la valoración de las respuestas a las cuestiones planteadas a los alumnos, primero hacemos un análisis de tipo cualitativo, para ello clasificamos las respuestas por categorías, asociadas a conceptos generales que engloban una clase amplia que guardan alguna relación o analogía entre ellos. La categorización de las respuestas a cada una de las cuestiones se ha hecho en base al análisis de las respuestas dadas por los alumnos a los cuestionarios.

Posteriormente hacemos una valoración cuantitativa de las respuestas en base a las categorías (Ríos, 99). Para ello determinamos la frecuencia relativa de aparición en % de respuestas de cada categoría respecto al número total de encuestados. Debemos señalar que como se trata de cuestiones de carácter abierto un encuestado puede, en una cuestión, dar respuestas con conceptos pertenecientes a una sola o a varias de las categorías de clasificación, por esa razón la suma de las frecuencias relativas de todos los grupos o categorías será distinto de 100. La categorización por ser extensa no la desarrollamos aquí, la exponemos junto con los resultados.

4.3.b. Cuestionario sobre origen de concepciones de los alumnos

Para verificar el origen de las concepciones de los alumnos se ha diseñado un cuestionario a formalizar por los alumnos (CUESTIONARIO DE ALUMNOS II). El criterio de valoración se realizará con relación a la frecuencia relativa que presentan las respuestas (cuestiones 1 a 6), o su valor medio (cuestión 7).

CUESTIONARIO DE ALUMNOS 2

(Señala con una X la respuesta elegida)

2.1. ¿Lees artículos en revistas de divulgación científica?

Muchos Bastantes

Pocos Ninguno

¿Qué revistas?

2.2. ¿Ves algún programa científico en televisión?

- Muchos Bastantes
Pocos Ninguno

2.3. ¿Lees libros de divulgación científica?

- Muchos Bastantes
Pocos Ninguno

2.4. ¿Lees libros de ciencia- ficción?

- Muchos Bastantes
Pocos Ninguno

2.5. ¿Ves películas de ciencia ficción?

- Muchas Bastantes
Pocas Ninguna

2.6. ¿Crees que la imagen de la ciencia y los científicos que se muestra en los libros, revistas, programas de TV e incluso en las noticias y programas no científicos, es semejante a la visión que se muestra en las clases?

- Mucho Bastante
Poco Nada

¿Por qué?.....

2.7. Valora de 0 a 10 a quién debes tus ideas sobre la ciencia y los científicos y sus relaciones con la tecnología y la sociedad:

- a) A los profesores de ciencias.....
b) A algún familiar.....
c) A los profesores de otras asignaturas.....
d) A tus amigos.....
e) A los programas científicos de TV.....
f) A las revistas y libros de divulgación científica.....
g) A la ciencia- ficción (novelas, películas, etc.).....
h) Otros (cítalos).....

La valoración cuantitativa de las respuestas clasificadas la hacemos por la frecuencia relativa de aparición en % respecto al número total de encuestados, o la media de las valoraciones, según el tipo de cuestión.

5. Presentación y análisis de resultados

A continuación ofrecemos una valoración de los resultados obtenidos en el diseño experimental.

5.1. Análisis de libros de texto. Cuestionario T.

En 14 libros de texto analizados relacionados con la electrotecnia de los ciclos superiores de formación profesional, con un total de 261 capítulos, sólo el 8'8 % de los capítulos pretende sacar las preconcepciones de los alumnos sobre los temas que se tratan (T1), aunque no suelen existir tópicos sobre los científicos sólo en un 2'68% se aportan actividades con las que se pueden contextualizar sus aportaciones (T2), un 9'57% plantean prácticas de taller, sólo un 5'74% las plantean como situaciones problemáticas que los alumnos tengan que resolver (T3). En el 17'4% se tratan aplicaciones que pueden considerarse solución a problemas, aunque no está explícito su tipo (T4), no se trata en ningún capítulo el papel que la ciencia y la tecnología han jugado en la preservación y modificación del medio

ambiente (T5), no mostrando el papel que han jugado en la sociedad (T6). Tampoco se hace ninguna mención al papel que el medio social ha jugado en la evolución de la ciencia y la tecnología (T7), mostrándolo como neutro. En el 17'4% se muestran aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana y la industria, existiendo imágenes y ejemplos y problemas con análisis cualitativo y cuantitativos (T8). Tampoco aparece la contextualización del trabajo de los científicos en empresas o entidades en las que trabajan cuando éstas son relevantes (T9), ni existen actividades en que los alumnos tengan que hacer valoraciones críticas, sopesando ventajas e inconvenientes, y tomando decisiones (T10), ni se plantean actividades de implicación con el exterior, tales como visitas a industrias o museos (T11).

5.2. Análisis de las concepciones de los profesores. Cuestionario P.

Fue pasado a un total de 43 profesores en activo, los resultados en frecuencia relativa fueron 58'1% que si, 11'6% que no, y un 30'2 no contesta o no sabía.

En general los que opinan que no argumenta falta de tiempo para tratar dichos temas, debido a los amplios contenidos que poseen los programas. Los grupos más importantes de actividades CTS citadas fueron: repercusiones en la vida diaria 21%, nuevas tecnologías 16'3%, repercusiones sociales 11'6%, repercusiones en la industria 9'3 y otras de menor frecuencia como problemas y soluciones, realización de prácticas, videos, visitas a empresas (7%). Un 18'6 no definió el tipo de actividades, es decir, el 60'4% de los encuestados no propone ninguna actividad.

5.3. Análisis de las concepciones de los alumnos. Cuestionario I.

Fue pasado a un total de 51 alumnos de ciclos superiores de electrotecnia, que se imparten en pocos centros a grupos reducidos de alumnos. Debemos señalar que en este cuestionario las cuatro primeras cuestiones tienen que ver tanto con concepciones sobre la ciencia y la tecnología como sobre su modo de enseñarlas y, por tanto, en estrecha relación en cuanto actitudes sobre la enseñanza.

Cuestión I-1. Escribe cinco palabras que expresen para ti lo que son las ciencias físico-químicas.						
Conceptos	Procedimientos	Actitudinales positivas	Tecnología	Investigación	Visiones negativas	NS/NC
51	29.4	37.3	13.7	9.8	23.5	15.7

Los alumnos relacionan las ciencias físico-químicas mayoritariamente con los contenidos conceptuales (51%), un 29.4% lo hace con dispositivos o procedimientos, es decir, la visión es parcialmente teórica. Sólo un 9.8% las relacionan con investigación, desarrollo y descubrimientos, acorde con la artificialidad que supone la transferencia de situaciones de investigación reales a la situación del aula-clase. Su relación con aplicaciones prácticas o tecnológicas es tan sólo del 13.7%.

Las visiones negativas son del 23.5%, pero son superadas por las actitudes positivas hacia las mismas (37.3%). La clasificación y frecuencia relativa en % de las visiones negativas se muestran en la cuestión (I.3) para establecer una comparación con las visiones negativas que los alumnos tienen sobre la tecnología.

Según la tabla de contingencias las mayores relaciones que establecen los alumnos es entre conceptos y procedimientos (21.6%). Las actitudes positivas se relacionan casi en igual proporción con conceptos, procedimientos, aplicaciones tecnológicas e investigación (del orden del 8 al 10%). La cantidad de alumnos que teniendo actitudes positivas señalan también

aspectos negativos representan un 7.8% de los encuestados. Las visiones negativas se relacionan más con conceptos y procedimientos, menos con aplicaciones tecnológicas y nada con investigación. Se confirma así la subhipótesis de que los alumnos tienen una visión teórica de la ciencia, alejada de la solución de problemas, investigación y aplicaciones.

Los alumnos que realizan exclusivamente una tautología para responder a la pregunta, clasificados como NS/NC, son un 35.3% del total. Los alumnos relacionan mayoritariamente las ciencias físico-químicas con el estudio (49%) y realizan una definición amplia de la misma casi en un 41.2%. Sólo un 5.9% la asocia a búsqueda de explicaciones. Más baja es aún la relación que se establece con aplicaciones tecnológicas (7.8 %).

Según la tabla de contingencias los alumnos que realizan una definición amplia y adecuada de las ciencias físico-químicas son aquellos que más la relacionan con el estudio (33.3%). También, aunque en muchísima menor proporción, el estudio esta relacionada en mayor proporción con explicación y aplicaciones tecnológicas. Un 39'2% no supo o no quiso realizar la definición.

Cuestión I-2: Define según tu criterio lo que es una ciencia físico- química.						
NS/NC	Estudio	Explicación	Tautología	Def. amplia	Aplicaciones	Actitudes
39.2	49.0	5.9	35.3	41.2	7.8	0.0

Cuestión I-3. Escribe cinco palabras que expresen para ti lo que es la tecnología.

Conceptos	Procedimientos	Actitudinales positivas	Aplicación	Investigación	Ciencia	Visiones negativas	NS/NC
37.3	11.8	62.7	58.8	15.7	9.8	17.6	5.9

Los alumnos relacionan la tecnología con aplicaciones en un 58.8%. Por otra parte un 37.3% la relacionan con conceptos y sólo un 11.8% la relaciona con procedimientos o metodologías científicas. Sólo la relacionan con ciencia o investigación un 15.7%. Los alumnos que no saben o no contestan son un 5.9%.

Las visiones negativas son del 17.6%, pero son superadas en más del triple por las actitudes positivas hacia las mismas (62.7%).

Según la tabla de contingencias las actitudes positivas hacia la tecnología están relacionadas mayoritariamente con aplicaciones (45.0%), con conceptos (15.7%) y con investigación (11.7%). Las aplicaciones están relacionadas con conceptos en un 15.7% y sólo con procedimientos en un 7.8%. La cantidad de alumnos que teniendo actitudes positivas señalan también aspectos negativos representan un 7.8% de los

encuestados, similar al obtenido para las ciencias físico- químicas. Se infiere que una enseñanza que muestre las aplicaciones de la ciencia y la tecnología creara mejores actitudes hacia dichos procesos.

Visiones negativas sobre las Ciencias físico-químicas y la tecnología (I-1, I-3)

Ya establecimos criterios para analizar que visiones negativas poseen los alumnos sobre las ciencias físico- químicas y la tecnología, y las actitudes que pueden poseer sobre sus procesos de enseñanza y aprendizaje. En un análisis de las respuestas (a las cuestiones I.1 y I.3) los resultados son:

Se observa que las mayores visiones negativas, con relación a los estudios de las ciencias físico- químicas y la tecnología es su dificultad y su consideración de tostón. Algunas de las visiones negativas relacionadas con las ciencias

Visiones negativas	Total	Tostón, aburrido	Difícil, complicado	Exactitud, fórmulas, calculadora	Suspensos	Peligro
Física- Química	23.5	9.8	13.7	3.9	3.9	2.0
Tecnología	17.6	3.9	7.8	2.0	3.9	3.9

físico-químicas son: peligro en general y radiación. Referentes a la tecnología: deshumanización, eliminar al hombre, elogiar la máquina. En ambos casos esas visiones representan del 2 al 4% de los encuestados.

Los alumnos que realizan exclusivamente una tautología para responder a la pregunta, clasificados como NS/NC, son un 7.8% del total. Los que hacen una similitud exclusiva entre tecnología y asignatura son un 15.7%, como comentábamos en la cuestión anterior, y que además se corresponde con la idea de estudio expresada por el 41.2% de ellos.

Por otra parte, el 49% de los alumnos consideran en la tecnología su componente científica (idea de ciencia) y casi en la misma proporción aplicación de la misma para solución de problemas de la vida diaria (49%). La consideración de la tecnología como búsqueda de explicaciones es del 9.8%, en relación a la componente científica. Las actitudes positivas

hacia la tecnología alcanzan un valor del 16.1%, que se puede considerar aceptable.

Según la tabla de contingencia existe una gran correlación entre la consideración de estudio y ciencia (25.5%). También pudimos comprobar como la mayor correlación con aplicaciones se establece con estudio (23.5%), con ciencia (29.4%), y con actitudes positivas (11.8%). Las actitudes positivas se relacionan más con una idea de ciencia en la tecnología (9.8%) y con aplicaciones de la misma (11.8%).

Se confirma la subhipótesis de que no se consideran en la tecnología sus métodos y procedimientos, se olvidan algunos métodos de la ciencia, como son plantearse preguntas o enigmas y buscar explicaciones mediante métodos de investigación.

La frecuencia relativa en % de los grupos de clasificación de las respuestas es la que se muestra:

Cuestión I-4: Define según tu criterio lo qué es la tecnología.							
NS/NC	Tautología	Estudio	Asignatura	Explicación	Ciencia	Aplicaciones	Actitudes
13.7	60.8	41.2	15.7	9.8	49.0	49.0	19.6

Cuestión I-5: Explica brevemente lo qué es para ti un buen científico o científica.						
NS/NC	Resuelve, descubre	Investiga	Mejora vida desarrolla	Inventa	Estudioso	
19.6	15.7	29.4	27.5	19.6	27.5	
Genio	Recopilador	Neutral	Desinteresado	Trabajador	Tautología	
11.8	3.9	2.0	3.9	15.7	5.9	

Los alumnos que realizan exclusivamente una tautología para responder a la pregunta, clasificados como NS/NC, son un 5.9% del total. La mayor relación que se establece con buen científico es la de investigador (29.4%), persona estudiosa y conocedora de su ámbito (27.5%), que a través de su actividad laboral (15.7%) intenta mejorar la vida (27.5%) descubriendo o resolviendo problemas (15.7%). Se relaciona científico con la idea de inventor (persona que mejora o desarrolla cosas) en un 19.6%. Sólo un 11.8% del alumnado relaciona científico con la idea de genio o superdotado. La visión más deformada que poseen los alumnos sobre los científicos son: la decimonónica de inventor (19.6%), genio (11.8), recopilador de datos (3.9), neutral (2.0%) y desinteresado (3.9%).

Según la tabla de contingencia con la idea de científico la mayor relación que se establece es la de investigador que resuelve problemas o descubre (11.8%) y mejora la vida (9.8%). La mayor relación con estudioso es la de mejorar la vida (7.8%), acorde con la idea de desa-

rrollar (o mejorar artefactos y métodos) que se verá en la cuestión 9.

Sin tener una mala imagen de los científicos, las visiones más distorsionadas que poseen los alumnos sobre ellos son la decimonónica de inventor y genio.

La mayor relación que se establece entre el desarrollo científico y tecnológico es con el factor económico (dinero, desarrollo económico o comercio) en un 35.3%, acorde con los resultados que se observan en la cuestión 9. Le siguen en orden de importancia: medios 19.6%, estudios y preparación 15.6%, factor humano (científicos) en un 15.7%, demandas sociales 13.7%, investigación 11.8% y trabajo y dedicación 9.8%. Los factores menos considerados son la industria (0%), los precedentes históricos anteriores (0%), la forma de gobierno (0%) y las políticas gubernamentales 5.9%.

Según la matriz de contingencia las mayores correlaciones que se establecen en relación a factores que influyen sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología es entre el económico y medios (7.8%), personas dedicadas a la ciencia y la tecnología (5.9%), y el trabajo y

Cuestión I-6: Indica de qué factores dependerá, según tu criterio, el desarrollo científico y tecnológico. (N=39)

NS/NC	Económicos	Gubernamentales	Demandas sociales	Investigación	Industria	Culturales
5.9	35.3	5.9	13.7	11.8	0.0	2.0
Régimen político	Estudios, preparación	Medios	Precedentes Históricos	Trabajo, dedicación	Personas	
0.0	15.6	19.6	0.0	9.8	15.7	

dedicación (5.9%), la mayor relación establecida es entre personas y medios (11.8%). Otras relaciones importantes son entre medios y: personas (7.8%), trabajo o dedicación (5.9%). Por último con personas se relacionan: estudios o preparación (7.8%) y medios (7.8%).

Se confirma la subhipótesis de que la imagen más distorsionada que poseen los alumnos es que no se consideran los grupos estructurados, las organizaciones industriales, universitarias y gubernamentales. La visión es más bien individualista, persona-medios, que en cierta medida se corresponde con la imagen de inventor.

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.

Hacen mención a:	%
Un hecho o situación	3.9
Dos hechos o situaciones	17.6
Tres hechos o situaciones	15.7
Una persona relevante	7.9
Dos personas relevantes	2.0
Tres personas relevantes	3.9

Un sexto de los alumnos (15.7%) hacen mención a tres situaciones, 17.6% a dos, y 3.9% a una. Por lo que sólo un tercio de los alumnos (37.2%) hacen mención a alguna situación que tuvo influencias sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Las situacio-

nes sociales que más mencionan los alumnos son la II Guerra Mundial, la Revolución Industrial, La Inquisición y la Carrera Espacial y llegada a la Luna.

Es decir, un porcentaje importante de alumnos no son conocedores de situaciones sociales en la historia de la humanidad que influyeron en algún sentido en el desarrollo y evolución de la ciencia y la tecnología.

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.

Las frecuencias relativa en % de las contestaciones es la siguiente:

- Encuestados que no saben o no contestan: 29.4%
- Encuestados que sólo mencionan aspectos positivos: 31.4%
- Encuestados que sólo mencionan aspectos negativos: 11.8%
- Encuestados que mencionan algún aspecto positivo y negativo: 27.5%

Sólo un 27.5% de los encuestados sopesa las ventajas e inconvenientes de la ciencia y la tecnología.

Las frecuencias relativas de cada categoría en % han sido las siguientes:

Aspectos considerados	Ventajas	Inconvenientes
Contaminación ambiental, agotamiento recursos		15.7
Comunicaciones	0.0	
Cultura, conocimientos, estudios	2.0	
Deshumanización		7.8
Desarrollo, mejoras	17.6	
Guerra, armas, conflictos		11.8
Intereses		2.0
Nivel, calidad de vida	47.1	
Salud, medicina y medicamentos	3.9	
Uso, ética en el uso		7.8

El aspecto positivo más importante que se menciona es el nivel y calidad de vida (47.1%), seguido de desarrollo y mejora de artefactos 11.5%, salud, medicina y medicamentos con un 3.9%, y cultura y conocimientos con un 2%.

Los aspectos más negativos son la contaminación ambiental y agotamiento de recursos (15.7%), la guerra, los conflictos y las armas (11.8%), la deshumanización o el desplazamiento del hombre por la máquina (7.8%) y el uso ético de la ciencia y la tecnología (7.8%). Se consideran negativos los intereses con un 2.0%, lo que indica una visión neutral o desinteresada de la ciencia y la tecnología.

Según la tabla de contingencias las mayores relaciones establecidas son entre el aspecto positivo "nivel y calidad" de vida con los aspectos negativos: "contaminación" (15.6%) y "guerra" (7.8%). Otra relación importante establecida es entre los aspectos positivos "desarrollo" y el negativo "guerra" (5.9%).

Los alumnos que piensan que no tienen influencias son mayoría (56.8%), que sumados a los que no saben o no contestan (31.3%), hacen un computo total del 88.1%. Ahora bien, de los alumnos que opinan que "no" hay un 29.3% que esgrimen alguna condición que cumplida haría que tuvieran alguna influencia. Sólo un 11.7% opina afirmativamente que puede tener alguna influencia esgrimiendo alguna razón. Se concluye que un 41% de los alumnos dan alguna razón (afirmativa o condicional) para tener alguna influencia sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Las razones dadas, por orden de frecuencia, son las siguientes: Obteniendo el título de licenciado o ingeniero y ejerciendo profesionalmente (15.6%), desarrollando (artefactos, métodos, etc.) 11.7%, teniendo dinero o medios (7.8%), estudios realizados (5.9%), ejerciendo como profesional (3.9%), persona importante o con influencia (3.9%), y por último como consumidor (2.0%).

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.

La frecuencia relativa en % de las contestaciones y las categorías de clasificación, considerando las respuestas negativas condicionales como afirmativas si se cumpliera la condición (p.e.: no, porque no soy una persona importante), han sido:

Respuestas base	%
Sí	11.7
No	56.8
No sabe/no contesta	31.3
Razones, afirmativas o condicionales	
Titulado o ingeniero	15.6
Consumidor	2.0
Desarrollando (artefactos, métodos, etc.)	11.7
Dinero o medios	7.8
Estudios	5.9
Persona importante o con influen.	3.9
Impuestos	0.0
Participando en organ. sociales	0.0
Ejerciendo como profesional	3.9
Otras razones del "no"	
No se dan	13.7
No me gusta estudiar	2.0
No soy genio o superdotado	3.9
Todo está inventado	2.0
Desilusión o despreocupación	5.9
Total	27.5

Algunos alumnos arguyen para el "no tener influencia" ideas deformadas sobre los científicos, p.e. "no soy un genio o superdotado" 3.9%, o dan una idea de desilusión frente a los estudios (2.0%) o la ciencia y la tecnología ("esta todo inventado o descubierto", 2.0%), o despreocupación 5.9%.

Según la tabla de contingencias la mayor relación existente entre las razones dadas en las contestaciones es entre tener título o estudios de licenciado o ingeniero y desarrollar algún aspecto de la ciencia y la tecnología en su actividad profesional (5.9%), seguida de estudios y tener dinero (3.9%), es decir, en ambos casos, se relacionan los estudios con el desarrollo.

5.4. Análisis del origen de las concepciones. Cuestionario 2.

Fue pasado a un total de 48 alumnos correspondientes a diferentes especialidades. Las frecuencias relativas de lectura y visionado de distintos productos culturales son las siguientes:

Los alumnos leen pocas publicaciones relacionadas con las ciencias, y la imagen que poseen sobre la ciencia se parece muy poco a la que se da en clase.

Las revistas más leídas por orden de mención son: MUY INTERESANTE (25%), QUO (22.9%), NEWTON (8.3%), CNR (8.3%) y NATIONAL GEOGRAPHIC (4.2%).

Los alumnos señalan como fuente de sus concepciones, en primer lugar, a

	Mucho	Bastante	Poco	Nada	NS/NC
Lectura artículos sobre Ciencia	2.1	16.7	37.5	43.8	
Visionado de programas científicos en TV	2.1	16.7	47.9	33.3	
Lectura de libros de Ciencia	2.1	8.3	10.4	77.1	2.1
Lectura de Libros de ciencia- ficción	8.3	10.4	31.3	50.0	
Visionado de Películas ciencia- ficción.	31.3	31.3	22.9	14.6	
Coincidencia Imagen con la que se da en clase	4.2	10.4	39.6	45.8	

los profesores de ciencias ($m=5.75$), en segundo lugar los programas de divulgación científica de televisión ($m=5.38$), después las revistas y libros de divulgación científica ($m=4.87$), seguido de las novelas y películas de ciencia- ficción ($m=4.69$). Le siguen en orden de importancia sobre el origen de las ideas a los familiares ($m= 3.29$), los amigos ($m=3.27$) y los profesores de otras asignaturas ($m=0.96$). Es decir, los profesores no son valorados suficientemente como origen de sus concepciones sobre la ciencia.

6. Conclusiones y perspectivas

El análisis de resultados confirma nuestras hipótesis de que las relaciones CTS no son consideradas suficientemente en las enseñanzas de las ciencias experimentales y las tecnologías asociadas, ni en libros ni por los profesores, y que su tratamiento podría mejorar las concepciones y actitudes de los alumnos de ciclos formativos hacia los procesos de su aprendizaje.

Las ideas más deformadas sobre la ciencia y los científicos son que es obra

de genios e inventores, de recopiladores de datos de tipo empirista sin tener en cuenta las teorías, idea coherente con una concepción de la ciencia y la tecnología decimonónica. Tampoco tiene en cuenta que la ciencia y la tecnología es una obra colectiva que se realiza en organizaciones sociales (universidades, industrias, etc.) fruto de generaciones, desconociendo una porción importante de alumnos las influencias de la sociedad a lo largo de la historia sobre su desarrollo (demandas, necesidades, etc.), así como las situaciones sociales que tuvieron influencia en su desarrollo. Además, un porcentaje apreciable de alumnos no consideran los enigmas, métodos de investigarlos y búsqueda de explicaciones de la ciencia en una teoría coherente.

Los resultados obtenidos coinciden parcialmente con los obtenidos por Solbes y Vilches (1992, 1993) con alumnos del antiguo bachillerato, siendo las diferencias atribuibles, posiblemente, al carácter más tecnológico de los ciclos formativos y a la mayor edad de sus estudiantes

En dichos trabajos muestran que un tratamiento adecuado de las relaciones

CTS mejora las motivaciones y actitudes de los alumnos para el estudio y aprendizaje de las ciencias físico-químicas y mejora la imagen de estas, aumentando un sentido crítico equilibrado al ver tanto las ventajas como inconvenientes que poseen. Creemos que un tratamiento de las interacciones CTS en alumnos de formación profesional nos permitirá obtener mejoras similares a las obtenidas en otras etapas educativas. Nuestra propuesta no trata de realizar un curso específico de interacciones CTS, sino de clarificar como realizar el diseño de actividades CTS y el papel que pueden jugar en la enseñanza de las tecnologías asociadas, en coherencia con un modelo de enseñanza aprendizaje por investigación. No debemos olvidar a este respecto que una de las tareas fundamentales de la enseñanza es la transformación de motivaciones inicialmente extrínsecas de los alumnos en motivaciones intrínsecas por el aprendizaje (impulso cognitivo) y la motivación al logro personal (Ausubel, Novak y Hanesian 1976, Prieto 1995) y pensamos que las relaciones CTS pueden contribuir a ello.

Referencias bibliográficas

- AIKENHEAD, G. S. (1987) "High-School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society III. Characteristics and Limitations of Scientific Knowledge". *Science Education* 71 (4), p. 459-487.
- AIKENHEAD, G. S. ; FLEMING, R W.; RYAN, A G. (1987) "High-School Graduates Beliefs about Science-Technology-Society". I. Method and Issues in Monitoring Student Views. *Science Education* 71 (2), p.145-161.
- AIKENHEAD, G S.; RYAN, A G. (1992) "The Development of a New Instrument: Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education* 76 (5), p. 447-491.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. (1976) "*Educational Psychology. A cognitive view*". Holt, Rinehart and Winston, Inc: New York. (Traducción): Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo. Editorial Trillas S.A. México, 1987.
- BOYER, R.; TIBERGHIE, A. (1989) Las finalidades de la enseñanza de la física y la química vistas por profesores y alumnos franceses. *Enseñanza de las Ciencias* n° 7 (3), p. 213-222.
- CAAMAÑO, A. (1995) La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de Ciencias. *Alambique*. n° 3, p. 4-6.
- CANONGUE, F.; DUCCEL, R. (1988) *La educación técnica. Sus bases y métodos*. Editorial Paidós. Buenos Aires.
- DEL CARMEN, L.; CABALLER, M^a.J.; FURIO, C.; GÓMEZ, M.Á.; JIMÉNEZ, M^aP.; JORBA, J.; OÑORBE, A.; PEDRINACI, E.; POZO, J.I.; SANMARTI, N.; VILCHES, A. (1997) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en*

- la educación secundaria*. Editorial Horsori, Barcelona.
- ESPINOSA, J. ; ROMAN, T. (1991) Actitudes hacia la ciencia y asignaturas pendientes: dos factores que afectan al rendimiento en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), p. 151-154.
- FLEMING, REG W. (1988) "Undergraduate science students' views on the relationship between science, technology and society". *International Journal of Science Education*, 10, p. 449-463.
- GIL D. (1983) Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1983, n° 1, p. 26-33
- GIL D. (1986) La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 1986, n° 4 (2), p. 111-121.
- 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*, 1993, n° 11 (2), p. 197-212.
- GIL, D. (1994) Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 1994, n° 23, p. 17-32.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIO, C.; MARTINEZ, J. (1991) *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. I.C.E. Universidad de Barcelona. Editorial Horsori. Barcelona, 1991.
- GILBERT, J. K. (1994) Un plan para la investigación en enseñanza de las ciencias en Inglaterra. *Investigación en la Escuela*, 1994, n° 24, p. 35-46.
- HODSON, D. (1985) "Philosophy of science, science and science education". *Studies in Science Education*, n° 12, p. 25-57.
- 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*, 1992, vol. 14, n° 5, p. 541-562.
- KELLY, A. (1986) "The development of girls and boys attitudes to science: A longitudinal study". *European Journal of Science Education*, 8 (4), p. 339-412.
- KUHN, T. S. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica. México, 1971.
- ORTEGA Y GASSET, J. (1939) *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*. Alianza Editorial, Madrid, 1997.
- OSBORNE, R.; WITTRICK, M. (1985) "Learning Science: a generative process". *Science Education*, 67, p. 490-508.
- POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. (1982) Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, p. 211-227.
- PRIETO, M.D. (1995) *Hacia una escuela centrada en el pensamiento*. En

- Psicología de la instrucción III. Nuevas perspectivas. Ed. Síntesis, S.A.
- RIOS, E. (1999) *Concepciones de los alumnos de Formación Profesional sobre las interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza*. Trabajo de Investigación 3r ciclo. Departament de didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.
- RUBBA, PETER A. Y HARKNES, WILLIAM L. (1993) Examination of Preservice and In-Service Secondary Science Teachers' Beliefs about Science-Technology-Society Interactions. *Science Education*, 1993, nº 77 (4), p. 407-431.
- SCHIBECI, R.A. (1984) "Attitudes to science: An update". *Studies in Science Education*, 11, p. 26-59.
- SCHIBECI, R.A. (1986) "Images of science, scientists and science education". *Science Education*, 70 (2), p. 139-149.
- SOLBES, J.; 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*, 1996, nº 14 (1), p. 103-112.
- SOLBES, J.; VILCHES, A. (1989) Interacciones ciencia, técnica y sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las ciencias*, 1989, nº 7 (1), p. 14-20.
- SOLBES, J.; VILCHES, A. (1992) El modelo constructivista y las relaciones ciencia, técnica y sociedad (C/T/S). *Enseñanza de las ciencias*, 1992, nº 10 (2), p. 181-186.
- SOLBES, J.; VILCHES, A. (1995) El profesorado y las actividades CTS. *Alambique*. Nº 3, p. 30-38.
- SOLBES, J.; VILCHES, A. (1997) "STS Interacción and the Teaching of Physics and Chemistry". *Science Education*, nº 81, p. 377-386.
- VAZQUEZ, Á.; MANASSERO, M.A.; BERNAL, F.; LLUC, M.; FERNANDEZ, M.C.; JARA, R., MIRO, R.; PERELLO, F.A. (1998) *Actitudes del alumnado relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad*. Consellería de Educación, Cultura y Deportes, Gobierno Balear.
- VILCHES, A. (1993) *Las interacciones Ciencia, Técnica, Sociedad y la enseñanza de las Ciencias Físico-Químicas*. Tesis Doctoral. Departamento de didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia 1993.
- YAGER, R.F. Y PENICH, J.E. (1983) "Analysis of current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*, nº 5, p. 463-469.
- YAGER, R.F. Y PENICH, J.E. (1986) Perception of four age groups towards science classes, teachers and the values of science in the USA. *European Journal of Science Education*, 5, p. 463-469.