

DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES  
EXPERIMENTALS

IMAGEN DE LA TECNOLOGÍA PROPORCIONADA POR LA  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA EN LA ENSEÑANZA  
SECUNDARIA.

CARLOS FERREIRA GAUCHÍA

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA  
Servei de Publicacions  
2010

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 6 de novembre de 2009 davant un tribunal format per:

- Dr. Joaquín Martínez Torregrosa
- Dr. Vicente Mellado Jiménez
- Dr. Francisco Javier Perales Palacios
- Dr. Antonio Aucejo Pérez
- Dr. Javier García Gómez

Va ser dirigida per:

Dra. Amparo Vilches Peña

Dr. Daniel Gil Pérez

©Copyright: Servei de Publicacions  
Carlos Ferreira Gauchía

---

Dipòsit legal: V-1053-2011

I.S.B.N.: 978-84-370-7789-5

Edita: Universitat de València

Servei de Publicacions

C/ Arts Gràfiques, 13 baix

46010 València

Spain

Telèfon:(0034)963864115

**UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**  
**DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES**  
**CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS**



**IMAGEN DE LA TECNOLOGÍA**  
**PROPORCIONADA POR LA**  
**EDUCACIÓN TECNOLÓGICA EN LA**  
**ENSEÑANZA SECUNDARIA**

**TESIS DOCTORAL**

*Presentada por:*  
**Carlos Ferreira Gauchía**

*Dirigida por:*  
**Dra. Amparo Vilches Peña**  
**Dr. Daniel Gil Pérez**

**Valencia 2009**

AMPARO VILCHES PEÑA, Doctora en Ciencias Químicas y Catedrática de Bachillerato de Física y Química, profesora asociada del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universitat de València y DANIEL GIL PÉREZ, Doctor en Ciencias Físicas y Catedrático de Universidad jubilado

CERTIFICAMOS que la presente memoria con el título “Imagen de la tecnología proporcionada por la educación tecnológica en la enseñanza secundaria” ha sido realizada por Carlos Ferreira Gauchía bajo nuestra dirección y constituye la Tesis para optar al grado de Doctor.

Para que así conste, y en cumplimiento de la legislación vigente, presentamos esta memoria firmando el presente certificado en Valencia, en Julio del año 2009.

Quiero dar las gracias a todas las personas que han hecho posible este trabajo:

En primer lugar, a Daniel Gil y a Amparo Vilches por la inestimable ayuda y apoyo que me han brindado durante todos estos años. Por su gran profesionalidad, entrega, cercanía y, sobre todo, por saber animarme en todo momento. Ha sido para mí, un orgullo poder realizar esta investigación bajo su dirección.

A todos los alumnos y profesores que han participado en esta investigación y han hecho posible su desarrollo, enriqueciéndola con sus aportaciones y experiencias.

A las Escuelas Pías de Valencia, por su apoyo y confianza en mi trabajo.

A mi padre, por ser para mí, tanto personal como profesionalmente, un ejemplo de honestidad, trabajo y coherencia.

A mi madre, por transmitirme toda su ilusión y generosidad.

A mis hijos, a los que tanto tiempo he robado para la realización de este trabajo.

Y, fundamentalmente, a mi mujer, por comprender la importancia que para mí ha representado el poder realizar este proyecto. Sin su cariño, paciencia, apoyo y esfuerzo éste no hubiera sido posible.

*A mi mujer, Marián y a mis hijos  
Carlos, Natalia, Irene e Itziar*

*A mis padres y hermanas*

## **PRESENTACIÓN E ÍNDICE**

Hoy en día, vivimos en una sociedad cada vez más dependiente de la tecnología. Es obvia la repercusión que los avances tecnológicos tienen en nuestra sociedad y en los cambios que en ella se producen. Estos avances tecnológicos afectan a todos los aspectos de nuestra vida cotidiana (Cajas, 2001; Rasinen, 2003; Fang, Teng y Chen, 2007). Nuestra actividad profesional va transformándose y adaptándose a medida que avanza el desarrollo tecnológico: cada vez son más las herramientas imprescindibles para desempeñar nuestro trabajo.

En general, cualquier actividad que realicemos necesitará de una serie de herramientas, más o menos elaboradas, tras las cuales hay un proceso tecnológico complejo (Cardwell, 1996; Hill, 1998; Cajas, 1999; Maiztegui et al., 2002; Buch, 2003; Fernández et al., 2003).

Pero no debemos pensar que el desarrollo tecnológico pertenece tan solo al presente y al futuro. No olvidemos que la tecnología es una actividad ligada al proceso de hominización y, por tanto, es tan antigua como nuestra existencia (Sanmartín, 1990; Cardwell, 1996; ITEA, 2000). El ser humano, desde el principio de su existencia, ha realizado acciones para modificar el medio que le rodea con la finalidad de satisfacer las necesidades que iban surgiendo. Como cita Donald Cardwell (1996) en su libro *‘Historia de la Tecnología’*:

*“La técnica humana se puede rastrear hasta los primeros momentos de la aparición misma de los seres humanos”* (p. 22).



La repercusión que la tecnología tiene en la vida cotidiana, desde todos los puntos de vista (económico, social, histórico, cultural, filosófico y su relación con la ciencia), justifica sobradamente su incorporación al proceso educativo. Sin embargo, este hecho no se ha dado en España hasta hace muy poco tiempo.

Uno de los aspectos más novedosos e importantes de la LOGSE (Ley de Ordenación General del Sistema Educativo. Ley orgánica 1/1990, de 3 de octubre de 1990) fue la incorporación al currículum en la Enseñanza Secundaria Obligatoria de la Tecnología como área común para todos los alumnos hasta tercer curso (y opcional en cuarto curso), justificada por su valor educativo general y la búsqueda de un currículum equilibrado que capacitara a los estudiantes para comprender e integrarse en una sociedad altamente tecnificada (López Cubino, 2001).

Transcurridos varios años desde la implantación de la LOGSE, cuyos principios se mantienen, básicamente, en la actual LOE (Ley Orgánica de Educación) y cuando la educación tecnológica es una realidad en nuestro país, en esta investigación que presentamos pretendemos analizar en qué medida su enseñanza está contribuyendo, en general, a una correcta comprensión de su naturaleza y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, con objeto de proceder, en su caso, a los necesarios replanteamientos.

Nuestras hipótesis a este respecto, que intentaremos fundamentar y someter a prueba en esta investigación, son las siguientes:

**La enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**

Numerosas investigaciones han mostrado la existencia de visiones deformadas en la educación científica (Sanmartín, 1990; Gil Pérez, 1993; Acevedo, 1995; De Vries, 1996; De Vries y Tamir, 1997; Cajas, 1999; Maiztegui et al., 2002; Valdés et al., 2002; Acevedo et al., 2003; Buch, 2003; Fernández et al., 2002, 2003 y 2005; Gil-Pérez y

Vilches, 2005; Gil Pérez et al., 2005a) y nuestro primer objetivo es estudiar si esto es así también, como tememos, en el caso de la educación tecnológica.

Pero con esta investigación pretendemos ir más allá del análisis de la imagen proporcionada por la educación tecnológica acerca de la tecnología y nos proponemos estudiar cómo modificar la forma de trabajo, materiales, etc., para mejorar el proceso de aprendizaje y vencer reduccionismos empobrecedores que están generando el rechazo de la tecnología. Esta parte del trabajo se apoya en una segunda hipótesis:

**Es posible transformar las visiones deformadas de los estudiantes mediante la elaboración y puesta a prueba de materiales y estrategias adecuadas que contribuyan a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, contribuyendo de este modo a formar ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.**

La memoria que presentamos recoge esta doble tarea de investigación e innovación estructurada en los siguientes capítulos:

En el **capítulo 1** plantearemos el problema objeto de la investigación y la justificación de su importancia y elaboraremos un marco de referencia basándonos en la literatura existente acerca de la tecnología y de su papel educativo.

En el **capítulo 2** presentaremos y fundamentaremos nuestra primera hipótesis, que orienta la primera parte de la investigación.

Para someter a prueba esta primera hipótesis, en el **capítulo 3** describiremos los diseños experimentales concebidos. Estos diseños analizan los materiales elaborados por docentes (libros de texto y pruebas de evaluación), las opiniones que éstos tienen sobre la tecnología (cuestionarios, entrevistas y críticas sobre materiales ya elaborados) y las concepciones de los estudiantes (cuestionarios y entrevistas).

En el **capítulo 4** presentaremos y analizaremos los resultados obtenidos en la contrastación de la primera hipótesis.

En el **capítulo 5** presentaremos y fundamentaremos nuestra segunda hipótesis.

Para su contrastación, hemos elaborado los diseños que se presentan en el **capítulo 6** con los que pretendemos fundamentar una propuesta de intervención para transformar las concepciones acerca de la tecnología y las actitudes hacia la misma y comparar los resultados obtenidos por profesores y alumnos que han sido tratados con aquéllos que se obtienen habitualmente.

En el **capítulo 7** presentaremos y analizaremos los resultados obtenidos al someter a prueba la segunda hipótesis.

Por último, expondremos las conclusiones alcanzadas, así como las perspectivas abiertas para una mejor orientación de la educación tecnológica de los alumnos y alumnas.

De acuerdo con lo expuesto, la presente memoria se desarrollará según el siguiente índice:

## ÍNDICE GENERAL

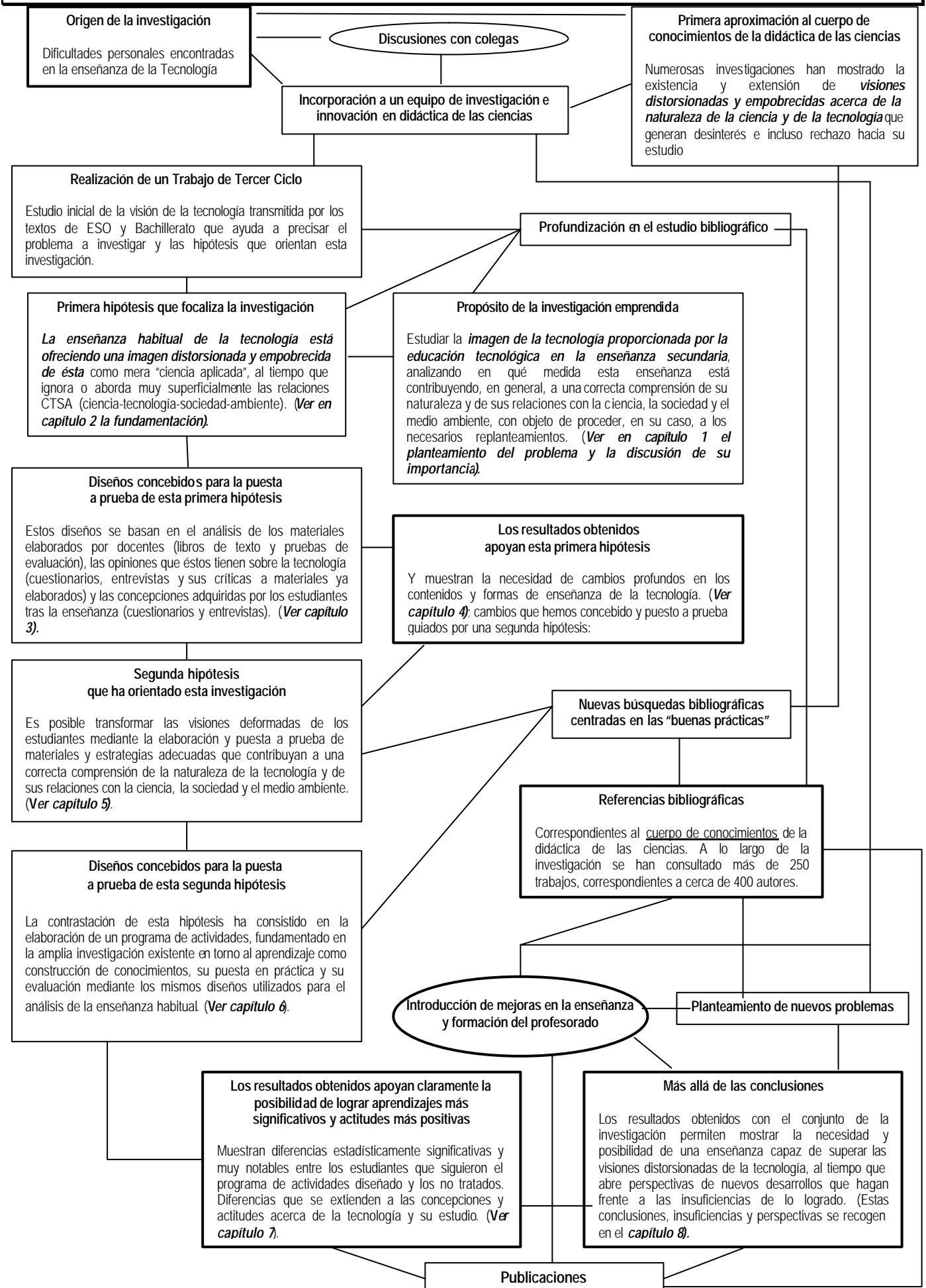
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DISCUSIÓN DE SU INTERÉS Y RELEVANCIA</b>	1
<b>2. FORMULACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS .....</b>	23
<b>2.1. PLANTEAMIENTO DE LA PRIMERA HIPÓTESIS .....</b>	25
<b>2.2. FUNDAMENTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS .....</b>	27
<b>3. DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA LA PUESTA A PRUEBA DE LA PRIMERA HIPÓTESIS</b>	83
<b>3.1. OPERATIVIZACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....</b>	85
<b>3.2. DISEÑOS REALIZADOS PARA LA PUESTA A PRUEBA Y CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS</b>	91
<b>4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS</b>	125

<b>4.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE LIBROS DE TEXTO</b>	129
<b>4.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS AL PLANTEAR A DOCENTES EN ACTIVO Y EN FORMACIÓN LA CUESTIÓN ABIERTA “LA TECNOLOGÍA ES...”</b>	153
<b>4.3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE EXÁMENES UTILIZADOS POR LOS PROFESORES DE TECNOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS</b>	158
<b>4.4. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL CUESTIONARIO PARA PROFESORES EN FORMACIÓN Y EN ACTIVO ACERCA DE LAS RELACIONES CTSA</b>	170
<b>4.5. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE ENTREVISTAS A PROFESORES EN ACTIVO ACERCA DE LAS RELACIONES CTSA</b>	205
<b>4.6. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL ESTUDIO DEL ANÁLISIS CRÍTICO REALIZADO POR PARTE DE PROFESORES EN ACTIVO DE UN EXAMEN PREPARADO POR NUESTRO EQUIPO</b>	219
<b>4.7. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS PARA ALUMNOS ACERCA DE LAS RELACIONES CTSA</b>	229
<b>4.8. RECAPITULACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA PUESTA A PRUEBA DE LA PRIMERA HIPÓTESIS</b>	251
<b>5. FORMULACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS .....</b>	265
<b>5.1. PLANTEAMIENTO DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS .....</b>	268
<b>5.2. FUNDAMENTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS .....</b>	274
<b>6. DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA LA PUESTA A PRUEBA DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS</b>	299
<b>6.1. OBJETIVO DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	302
<b>6.2. CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	305
<b>6.3. PUESTA EN PRÁCTICA DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	309
<b>6.4. PROGRAMA DE ACTIVIDADES DISEÑADO.....</b>	312
<b>6.5. DISEÑOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	325
<b>7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS</b>	333
<b>7.1. PROFUNDIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LAS RELACIONES CTSA CON ALUMNOS DE SECUNDARIA. PUESTA EN PRÁCTICA DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	337
<b>7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS TRAS LA UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	378

<b>CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS</b> .....	407
<b>ANEXOS (En formato digital, CD)</b> .....	421
<b>Anexo I:</b> Texto de la LOGSE sobre Tecnología .....	425
<b>Anexo II:</b> Análisis de libros de texto de Tecnología .....	449
Relación de libros de texto de Tecnología analizados.....	451
Resultados del análisis de libros de texto de Tecnología .....	452
<b>Anexo III:</b> Respuestas de los docentes en activo y en formación y de personas de cualquier ámbito laboral al cuestionario semicerrado	555
<b>Anexo IV:</b> Exámenes utilizados por los profesores de tecnología para la evaluación del aprendizaje de los alumnos	709
<b>Anexo V:</b> Transcripción y análisis de las entrevistas realizadas a docentes .....	799
<b>Anexo VI:</b> Críticas de docentes a un examen preparado por nuestro equipo.....	857
<b>Anexo VII:</b> Respuestas de los alumnos no tratados .....	893
Respuestas de los alumnos no tratados al cuestionario semicerrado.....	895
Respuestas de los alumnos no tratados al cuestionario abierto.....	903
<b>Anexo IX:</b> Respuestas de los alumnos tratados a los cuestionarios A1 y A2.....	943
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	1015

Para completar esta presentación incluimos un diagrama con el que intentamos visualizar el proceso de realización de la tesis, desde el origen de la misma a las conclusiones alcanzadas y las perspectivas abiertas.

# ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE REALIZACIÓN DE LA TESIS



## Referencias bibliográficas en esta presentación

- ACEVEDO, J. A. (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique*, 3, 75-84.
- ACEVEDO DÍAZ, J. A., VÁZQUEZ ALONSO, A., MANASSERO MAS, M<sup>a</sup> A. y ACEVEDO ROMERO, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 3.  
<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero3/Art9.pdf>
- BUCH, T. (2003). CTS desde la perspectiva de la educación tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32. <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a07.htm>
- CAJAS, F (1999). Public understanding of science: Using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education*, 21 (7) 765-773.
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las ciencias* 19 (2), 243-254.
- CARDWELL, D. (1996). *Historia de la Tecnología*. Madrid: Alianza Universidad.
- DE VRIES, M. J. (1996). Technology Education: Beyond the "Technology is Applied Science" Paradigm. *Journal of Technology Education*, 8 (1), 7-15.  
<http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v8n1/deVries.html>
- DE VRIES, M. J. y TAMIR, A. (1997). Shaping Concepts of Technology : What Concepts and How to Shape Them. *International Journal of Technology and Design Education*, 7, 3-10.
- FANG, R-J., TENG C-C., y CHEN, C-C. (2007). How Taiwanese and Americans Think About Technology. *Journal of Technology Education*. Vol. 18. No. 2, Spring 2007, p. 7
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D., VILCHES, A., VALDÉS, P., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y SALINAS, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 3.  
<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero3/Art8.pdf>
- FERNÁNDEZ, I., GIL- PÉREZ, D., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: OREALC/ UNESCO.
- GIL-PÉREZ, 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-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). Contribution of Science and technological Education to Citizens' Culture. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 5(2), 253-263.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14, Nos. 3-5 July 2005.
- HILL, A. M. (1998). Problem Solving in Real-Life Contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 10 (2), 181-206.

INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION (ITEA) (2000). *Standards for Technological Literacy: Content for Study of Technology*. Virginia: Reston.

LÓPEZ CUBINO, R. (2001). *El área de Tecnología en Secundaria*. Madrid: Narcea.

MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO, J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación Científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*. 28, 128-155.

RASINEN, A. (2003). An analysis of the technology education curriculum of six countries. *Journal of Technology Education*, 15 (1).

SANMARTÍN, J. (1990). *Tecnología y futuro humano*. Barcelona: Ed. Anthropos.

VALDÉS, P., VALDÉS, R., GUIASOLA, J. y SANTOS, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 101-128.



**1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y  
DISCUSIÓN DE SU INTERÉS Y RELEVANCIA**

En la actualidad es ampliamente reconocida la importancia que tiene el desarrollo científico y tecnológico en nuestra sociedad, considerándose como un factor esencial de los cambios que tienen lugar en nuestras vidas. Esta creciente influencia del desarrollo científico y tecnológico sobre la vida cotidiana de las personas ha llevado, desde hace algunos años, a numerosos organismos, instituciones e investigadores a insistir sobre la importancia de priorizar la *alfabetización científica y tecnológica* en la educación (Fourez et al., 1994; National Research Council, 1996; Bybee, 1997; Membiela, 1997; Cross, 1999; de Boer, 2000; Laugksch, 2000; Marco, 2000). Las propuestas actuales a favor de una *alfabetización científica y tecnológica* para todos los ciudadanos y ciudadanas van más allá de la tradicional importancia concedida –más verbal que realmente– a la educación científica y tecnológica, para hacer posible el desarrollo futuro. Esa educación científica y tecnológica se ha convertido, en opinión de los expertos, en una exigencia urgente, en un factor esencial del desarrollo de las personas y de los pueblos, también a corto plazo (Gil Pérez et al., 2005a).

Aunque la idea de *alfabetización científica* cuenta con más de cincuenta años de historia (Bybee, 1997; Chun et al., 1999; De Boer, 1997 y 2000; De Hart-Hurd, 1998; Gil y Vilches, 2001; Oliver et al., 2001; Gil Pérez et al., 2005a), es en la última década cuando esa expresión ha adquirido categoría de eslogan amplia y repetidamente utilizado por los investigadores, diseñadores de currículos y profesores de ciencias (Bybee, 1997). Esta creciente reivindicación se pone de manifiesto en las numerosas investigaciones, publicaciones, congresos y jornadas, que se vienen realizando en torno a este campo de investigación (Fourez et al., 1994; Kyle, 1995; National Research Council, 1996; Bybee, 1997; Fourez, 1997; Lee, 1997; Membiela, 1997; Tippins et al.,

1998; Aguilar, 1999; Cross, 1999; De Boer, 2000; Laugksch, 2000; Marco, 2000; Cajas, 2001; Furió et al., 2001; Gil y Vilches, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Aikenhead, 2002; Kemp, 2002; Tenreiro-Vieira, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Gil Pérez et al., 2005a...).

La importancia concedida actualmente a la *alfabetización científica* se pone de manifiesto, por ejemplo, en los National Science Education Standards, auspiciados en los Estados Unidos por el National Research Council (1996):

En un mundo repleto de productos de la investigación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural.

Un ejemplo más reciente de la importancia concedida actualmente a la *alfabetización científica y tecnológica* lo encontramos en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, en la que se declara:

Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos. (...) Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, (...) a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos (Declaración de Budapest, 1999).

A estos llamamientos realizados por distintas instituciones se han sumado los realizados por numerosos autores, que ven en la *alfabetización científica y tecnológica* una prioridad en la educación. Así, por ejemplo, el libro “Didáctica de las Ciencias

Experimentales” (Perales y Cañal, 2000) dedica un capítulo a la alfabetización científica como enfoque curricular emergente y tarea fundamental de la educación, abordando su significado, los objetivos que se plantea y los proyectos curriculares existentes dentro de este campo (Marco, 2000). En el mismo sentido, Acevedo, Vázquez y Manassero (2003) afirman que “los lemas *alfabetización científica y tecnológica y ciencia para todas las personas* están marcando las finalidades de la educación científica durante los últimos años”. También Gil y Vilches (2004) han señalado que “la importancia concedida a una educación científica para todos es tal, que ha llevado a establecer una analogía entre la alfabetización básica iniciada el siglo pasado y el actual movimiento de alfabetización científica y tecnológica (Fourez, 1997)”.

Las revistas educativas han dedicado, así mismo, una atención especial a este tema, aunque inicialmente con mayor atención a la alfabetización científica que a la tecnológica. Así, en 2002 *Alambique* publicó un monográfico dedicado a la alfabetización científica (Jiménez Aleixandre, 2002), en el que Pujol (2002) justifica la necesidad de la alfabetización científica del conjunto de la población, con el argumento, que compartimos plenamente, de que ésta "puede ofrecer, a la futura ciudadanía en formación, un marco de análisis e interpretación de la realidad que le permita actuar para construir un mundo más justo socialmente y más sostenible ecológicamente".

Sin embargo, y a pesar del reconocimiento por parte de investigadores e instituciones de la necesidad de contemplar la alfabetización científica y tecnológica como una prioridad a corto plazo, existen serias dificultades tanto para alcanzar un consenso en torno a su significado como para su puesta en práctica. Incluso algunos autores han cuestionado la posibilidad y conveniencia de educar científicamente al conjunto de la población (Atkin y Helms, 1993; Shamos, 1995; Fensham, 2002a y 2002b), llegando a calificar la alfabetización científica como un auténtico mito (Shamos, 1995).

En definitiva, la idea de *alfabetización científica* ha ido transformándose y adquiriendo diferentes significados como consecuencia del énfasis puesto en sus diversas dimensiones y componentes, que han ido cambiando de una época a otra (Kemp, 2002; Tenreiro-Vieira, 2002), motivado sin duda por las distintas concepciones de los investigadores, diseñadores de currículos y profesores de ciencias. El peligro de esta ambigüedad, que permite a cada cual atribuirle distintos significados, ha sido señalado

por Bybee (1997) quien, a su vez, explica las dificultades para lograr un consenso acerca de hacia dónde y cómo avanzar en su consecución.

De hecho, desde 1995, revistas como el *Journal of Research in Science Teaching* han publicado editoriales con llamamientos para la realización de contribuciones que permitan plantear propuestas coherentes en este campo de investigación e innovación educativas.

En un trabajo publicado por Acevedo, Vázquez y Manassero (2003) se discute sobre los diferentes significados que se dan a la *alfabetización científica*, lo que ha dificultado que los especialistas lleguen a alcanzar un consenso sobre su significado (Bybee, 1997; De Boer, 2000; Gil y Vilches, 2001; Kemp, 2002; Laugksch, 2000; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001):

Ahora bien, coincidiendo con las reformas educativas proyectadas, desarrolladas e implantadas en muchos países durante la década de los noventa, se ha revitalizado el debate internacional y se reivindica con frecuencia la necesidad de una *alfabetización científica y tecnológica* como parte esencial de la educación básica y general *de todas las personas* (p.2).

Si hacemos una breve revisión de la bibliografía existente en la que se reflexiona sobre las distintas formas de entender la *alfabetización científica*, encontraremos tratamientos diversos para definirla (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003):

- Lema que resume como palabra clave los propósitos de reforma de la enseñanza de las ciencias de un amplio movimiento internacional de expertos en educación científica (Aikenhead, 2002; Bybee, 1997);
- Metáfora que sirve para expresar de manera general las finalidades y objetivos de la educación científica (Bybee, 1997; Tippins et al., 1998); y
- Mito cultural (Shamos, 1995) que, aunque expresado originalmente desde una perspectiva crítica, se puede reformular como la utopía que señala el ideal a perseguir.

Bybee (1997) por ejemplo, sugiere acercarse al concepto de *alfabetización científica* aceptando su carácter de metáfora, lo que permite enriquecer su contenido y rechazar su

sentido literal, exclusivamente como definición funcional que incluye el simple manejo del vocabulario científico (Gil y Vilches, 2001).

Con esta concepción, Bybee (1997) sugiere la idea de que debemos definir unos objetivos básicos más amplios para todos los estudiantes, entre los que señala la atención a la dimensión tecnológica que es hoy en día indispensable para responder también a esta idea:

...(la alfabetización científica y tecnológica) “se extiende más allá del vocabulario, de los esquemas conceptuales y de los métodos procedimentales, para incluir otras dimensiones de la ciencia: debemos ayudar a los estudiantes a desarrollar perspectivas de la ciencia y de la tecnología que incluyan la historia de las ideas científicas, la naturaleza de la ciencia y la tecnología y el papel de ambas en la vida personal y social. Este es el nivel multidimensional de la alfabetización científica... Los estudiantes deberían alcanzar una cierta comprensión y apreciación global de la ciencia y la tecnología como empresas que han sido y continúan siendo parte de la cultura” (p.61).

Por lo tanto, la *alfabetización científica* planteada desde esta perspectiva, va más allá de extender a toda la población la enseñanza de la ciencia y de la tecnología tal y como se ha venido haciendo durante años (Gil y Vilches, 2001; Gil et al., 2005a). Se trataría, por tanto, de definir unos objetivos básicos para todos los estudiantes, haciendo de la educación científica y tecnológica una parte de la educación general. De entre las diversas propuestas que hoy en día existen para definir estos objetivos básicos, Marco (2000) señala en ellas ciertos elementos comunes:

- Alfabetización científica práctica, que permita utilizar los conocimientos en la vida diaria con el fin de mejorar las condiciones de vida, el conocimiento de nosotros mismos, etc.
- Alfabetización científica cívica, para que todas las personas puedan intervenir socialmente, con criterio científico, en decisiones políticas.
- Alfabetización científica cultural, relacionada con los niveles de la naturaleza de la ciencia, con el significado de la ciencia y la tecnología y su incidencia en la configuración social.

Por su parte, Reid y Hodson (1993) proponen que una educación dirigida hacia una cultura científica básica debería contener:

- Conocimientos de la ciencia –ciertos hechos, conceptos y teorías.
- Aplicaciones del conocimiento científico –el uso de dicho conocimiento en situaciones reales y simuladas.
- Habilidades y tácticas de la ciencia –familiarización con los procedimientos de la ciencia y el uso de aparatos e instrumentos.
- Resolución de problemas –aplicación de habilidades, tácticas y conocimientos científicos a investigaciones reales.
- Interacción con la tecnología –resolución de problemas prácticos, enfatización científica, estética, económica y social y aspectos utilitarios de las posibles soluciones.
- Cuestiones socio-económico-políticas y ético-morales en la ciencia y la tecnología.
- Historia y desarrollo de la ciencia y la tecnología.
- Estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica –consideraciones filosóficas y sociológicas centradas en los métodos científicos, el papel y estatus de la teoría científica y las actividades de la comunidad científica.

Podemos apreciar, pues, una convergencia básica de distintos autores en la necesidad de ir más allá de la habitual transmisión de conocimientos científicos, de incluir una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica y, sobre todo, de poner énfasis en las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), con vistas a favorecer la participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985; Bybee y De Boer, 1994; Bybee, 1997; Marco, 2000). Conviene señalar que en los últimos años, diversos autores añaden la “A” de Ambiente al acrónimo CTS, expresando así de modo explícito la necesidad de tener en cuenta los graves problemas de degradación que afectan a la totalidad del planeta.

Por otra parte, debemos señalar que desde hace algunos años, el término *alfabetización científica* ha empezado a ser sustituido por el de *alfabetización científica y tecnológica*, añadiendo de este modo a la educación científica la dimensión tecnológica y presentándolas como un binomio, tal y como hemos podido constatar en las citas anteriormente reproducidas.

Se trata, sin embargo, de una tendencia aún minoritaria y, a menudo, más nominal que real. Por ello, Maiztegui y otros (2002), en un trabajo de título muy significativo, *Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada*, denuncian la escasa atención prestada hasta el momento por la enseñanza de las ciencias a la tecnología y a su papel en la educación científica, a pesar de que las referencias a la técnica y a la tecnología son constantes en todos los autores que hablan de alfabetización científica o de «ciencia para todos». Es, afirman, como si la expresión ciencia-tecnología designara un concepto único, asumido por la educación científica, que hiciera innecesaria la consideración de cualquier aporte específico de la educación tecnológica (Gardner, 1994 y 1997). Basta repasar los trabajos publicados en los últimos años en revistas como *International Journal of Science Education*, *Science Education* o *Journal of Research in Science Teaching*, muchos de los cuales abordan el tema de la alfabetización científica, para percatarse de la escasa atención que han prestado los investigadores al papel de la tecnología en la educación científica en el ámbito internacional (Maiztegui et al., 2002).

Sin embargo hay que reconocer que, en los últimos años, ha comenzado a verse la necesidad de incluir la tecnología, específica y explícitamente, como parte de la educación general. Ello se ha puesto de manifiesto, por ejemplo, en la Segunda Conferencia Internacional de Educación Científica y Tecnológica, llevada a cabo en Jerusalén en 1996 (de Vries y Tamir, 1997), y, más recientemente, en los *Standards for Technological Literacy* publicados por la International Technology Education Association (ITEA, 2000).

Ya en 1985 la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) fundó el Proyecto 2061 para ayudar a todos los americanos a alcanzar una adecuada instrucción en las ciencias, matemáticas, y tecnología. Con su publicación inicial *Ciencia: Conocimiento Para Todos*, en 1989, se establecieron las recomendaciones sobre lo que todos los estudiantes deben saber o ser capaces de hacer en ciencia, matemáticas y tecnología al graduarse en la escuela preparatoria (superior). Como puede leerse en la introducción del capítulo 3 de esta publicación, *La naturaleza de la tecnología*, se establecen tres aspectos relevantes de la tecnología:



En este capítulo se presentan recomendaciones acerca del conocimiento relacionado con la naturaleza de la tecnología que se requiere para la formación científica y se destacan las formas de pensar que pueden contribuir a utilizarla con sensatez. Las ideas se dividen en tres grupos: 1. La relación de la ciencia y la tecnología 2. Los principios de la tecnología misma, y 3. El vínculo entre ésta y la sociedad.

Este proyecto motivó la elaboración de los *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (STL)*, publicados en el año 2000 dentro del proyecto *Technology for All Americans Project (TfAAP)* comenzado en 1994 por la *International Technology Education Association (ITEA)*, en los que se intenta clarificar con detalle los conocimientos tecnológicos necesarios para la alfabetización:

Technological literacy is far more than the ability to use technological tools. Technologically literate citizens employ systems-oriented thinking as they interact with the technological world, cognizant of how such interaction affects individuals, our society, and the environment. Technological literacy is the ability to use, manage, assess, and understand technology. It involves knowledge, abilities, and the application of both knowledge and abilities to real-world situations. Citizens of all ages benefit from technological literacy, whether it is obtained through formal or informal educational environments.

Esta importancia de incluir la tecnología en la educación también se pone de manifiesto en los esfuerzos realizados desde hace algunos años por numerosos gobiernos para que en sus planes de estudio se difundan conocimientos sobre tecnología (Gilbert, 1995; Buch, 2003). De hecho, en muchos países, sobre todo occidentales, las reformas realizadas recientemente incluyen de algún modo la tecnología en sus currículos como área obligatoria para todos los estudiantes.

Sin embargo, del mismo modo que ha ocurrido con la *alfabetización científica*, no existe todavía consenso sobre el significado del término *alfabetización tecnológica*. El término “tecnología” es complejo; es posible encontrar numerosas acepciones del mismo, dependiendo del punto de vista y del contexto en el que se utilice (Sanmartín, 1990; González, López Cerezo y Luján, 1996; Osorio, 2002; Acevedo, 2006). Además, hay que tener en cuenta que su significado ha ido evolucionando en el tiempo, pasando

de tener un significado estricto en los siglos XVIII y XIX a uno mucho más amplio en la actualidad (Osorio, 2002; Acevedo, 2006).

En este sentido, Acevedo (1998) afirma que el hecho de existir diversas concepciones de la ciencia y de la tecnología, así como de sus relaciones y diferencias, condiciona las finalidades y los objetivos de la educación científica y la educación tecnológica (Gilbert, 1995), lo que, a su vez, favorece la asignación de distintos significados a las expresiones *alfabetización científica* y *alfabetización tecnológica*. En el mismo artículo, este autor señala que la propia educación científica, en sus esfuerzos por introducir conocimientos sobre tecnología en la enseñanza de las ciencias desde diferentes enfoques, no ha ayudado a aclarar las relaciones y diferencias entre ciencia y tecnología. Incluso, señala, se ha favorecido la confusión y el desconcierto. Por ejemplo, en referencia a la orientación CTS, este autor comenta:

Así mismo, los esfuerzos que se vienen haciendo, desde la década de los años ochenta, para dar una orientación CTS (ciencia, tecnología y sociedad) a los contenidos de los currículos de ciencia y tecnología no han contribuido, en general, a aclarar con cierto rigor las relaciones y diferencias entre ciencia y tecnología, a pesar de que entre sus objetivos se encuentra la mejor comprensión de la naturaleza de éstas. Incluso, en muchos casos, se ha conseguido favorecer la confusión en este terreno. Por ejemplo, en las primeras versiones del SATIS (*Science and Technology in Society*), conocido conjunto de materiales curriculares CTS de Gran Bretaña, la tecnología se define como «el proceso por medio del cual se hace posible la aplicación de la ciencia para satisfacer las necesidades humanas», lo que, sin duda, supone dar un punto de vista sesgado.

Otra posible causa, señalada por Acevedo, que ha contribuido a la confusión en torno a las relaciones y diferencias entre ciencia y tecnología, tiene origen en algunas de las orientaciones oficiales para los nuevos currículos españoles de la educación secundaria obligatoria. Como puede verse en el siguiente fragmento, extraído del Real Decreto 1007/1991 y comentado por Acevedo (1998), se establece una división jerárquica entre ciencia y tecnología, mostrando la ciencia “por encima” de la tecnología, la cual se limita a concretar en “aplicaciones tecnológicas” las ideas científicas:

Los conocimientos de la ciencia se aplican en desarrollos tecnológicos; determinados objetos o sistemas creados por aplicación de la tecnología son imprescindibles para avanzar en el trabajo científico; las nuevas necesidades que surgen al tratar de realizar los programas de investigación científica plantean retos renovados a la tecnología. Comprender estas relaciones entre ciencia y tecnología constituye un objetivo educativo de la etapa. (De la introducción al área de Tecnología que aparece en el RD 1007/1991, **anexo I**, p. 74, MEC, 1991).

Las diferentes percepciones de la tecnología traen consigo, por tanto, distintos enfoques para la educación tecnológica, hecho que se pone de manifiesto en un reciente estudio de los currículos de tecnología de diferentes países, realizado por el gobierno finlandés y analizado por Rasinen (2003). Sin embargo, a pesar de utilizarse diferentes términos para hacer referencia a la educación tecnológica, Rasinen señala que en todos los países subyace el objetivo común de la alfabetización tecnológica de los estudiantes:

Different countries use different terms to describe technology education, such as technics, design and technology, technology education, and technological education. In this study these titles were considered to be synonymous. Regardless of the term used, the universal goal is to help students to become technologically literate (p. 31).

El objetivo de dicho estudio era recabar información que pudiera ser utilizada en la elaboración de un marco teórico sobre el que construir el nuevo plan de estudios de educación tecnológica en este país. Para ello, se realizó un informe en el que se analizaron los currículos de tecnología de seis países: Australia, Inglaterra, Francia, Suecia, Países Bajos y Estados Unidos.

Para realizar el análisis, se elaboró un modelo que permitiera estudiar de forma sistemática los currículos de tecnología de los seis países seleccionados y, de este modo, identificar los elementos más importantes del currículo. Sin embargo, las grandes diferencias entre ellos supusieron una dificultad tan grande que resultaba imposible estudiar todos los currículos de modo sistemático.

Rasinen señala que los currículos analizados son esencialmente de dos tipos. Por una parte estarían los denominados documentos *lehrplan-type* y por otra los documentos

*standard-type*. Al primer tipo pertenecen los currículos de Australia e Inglaterra y son aquéllos en los que se especifica detalladamente qué se debe enseñar y cómo debe hacerse. Al segundo tipo pertenecen los currículos de Suecia y Estados Unidos y en ellos se especifican los objetivos a alcanzar, siendo mucho más generales y permitiendo mayor flexibilidad.

Aunque los países objeto del estudio están separados geográfica y culturalmente, existen varios rasgos similares en sus objetivos curriculares, en sus métodos y en el contenido de sus planes de estudio. Merece la pena destacar algunas de las similitudes señaladas por Rasinen en los objetivos de los currículos analizados:

- Todos ellos tienen como objetivo común la alfabetización tecnológica.
- Incluyen como objetivo principal el entendimiento del papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad.
- Todos tienen como uno de sus objetivos entender la relación entre la tecnología y el medio ambiente.

En cuanto a los contenidos más importantes en los que los distintos currículos coinciden, destacaremos alguno de los señalados por Rasinen:

- El papel y la historia del desarrollo tecnológico
- La evaluación y la valoración de la relación entre la sociedad y la naturaleza.

Si analizamos el currículo de Tecnología de nuestro país, encontramos entre los objetivos del área similitudes con los propuestos en los países estudiados por Rasinen, que permiten constatar la importancia dada actualmente, en los documentos oficiales, al estudio de la tecnología en la educación básica:

- Analizar objetos y sistemas técnicos para comprender su funcionamiento, conocer sus elementos y las funciones que realizan, aprender la mejor forma de usarlos y controlarlos, entender las razones que condicionan su diseño y construcción y valorar las repercusiones que ha generado su existencia. (objetivo 2).

- Analizar y valorar críticamente la influencia del uso de las diferentes tecnologías sobre la sociedad y el medio ambiente (objetivo 10).
- Conocer las necesidades individuales y sociales más cercanas, así como las soluciones más adecuadas que ofrece el patrimonio tecnológico del propio entorno (objetivo 12).

Estos objetivos están en sintonía con las nuevas propuestas que vienen haciéndose desde hace algunos años por parte de numerosos autores e instituciones que resaltan la necesidad de formar a los alumnos como futuros ciudadanos, preparándolos para hacer valoraciones críticas de los desarrollos tecnocientíficos y para la toma de decisiones. Sirva como ejemplo la siguiente cita extraída de la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI (Declaración de Budapest, 1999), auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia:

...todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología.

Por tanto, las nuevas propuestas de alfabetización tecnológica van más allá de la mera transmisión de conocimientos sobre el funcionamiento de herramientas y sistemas técnicos. Se trata de contribuir a que los alumnos adquieran una correcta comprensión de la realidad y dar ocasión a la reflexión crítica y al debate acerca de las problemáticas asociadas al actual desarrollo tecnológico, favoreciendo así la necesaria participación de los ciudadanos y ciudadanas en la toma de decisiones y en la búsqueda de soluciones (Agenda 21, 1992; Gore, 1992; Gil et al., 1999).

Como señalan Gil y Vilches (2004), la participación ciudadana en la toma de decisiones, que se suele traducir, en general, en evitar la aplicación apresurada de innovaciones de las que se desconocen las consecuencias a medio y largo plazo, es hoy un hecho positivo, una garantía de aplicación del principio de precaución, que se apoya en una creciente sensibilidad social frente a las implicaciones del desarrollo tecnocientífico que puedan comportar riesgos para las personas o el medio ambiente. Y dicha participación reclama un mínimo de formación científica y tecnológica que haga posible la comprensión de los problemas y de las opciones, la necesidad de un planteamiento global que evalúe los riesgos y contemple las posibles consecuencias a medio y largo

plazo. Todo ello –afirman– constituye un argumento decisivo a favor de una alfabetización científica y tecnológica del conjunto de la ciudadanía, que requiere la incorporación de la dimensión CTSA, cuya necesidad aparece cada vez con más claridad ante la situación de auténtica «emergencia planetaria» (Bybee, 1991) que estamos viviendo.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos y llamamientos realizados por parte de investigadores y diseñadores de currículos para contextualizar la tecnología y prestar atención a las relaciones CTSA y a los problemas asociados al desarrollo tecnocientífico, pensamos que la actividad en el aula está todavía muy lejos de conseguir este objetivo. Estudiar en qué medida ello es así y contribuir a avanzar en dicho objetivo es, precisamente, el propósito genérico de nuestra investigación.

Más precisamente, y de acuerdo con todo lo expuesto hasta aquí, en esta investigación nos proponemos contestar a las siguientes preguntas:

- **¿Qué imagen de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente se transmite en las clases de Tecnología de Educación Secundaria Obligatoria?**
- **¿Se presta suficiente atención a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente en las clases de Tecnología?**
- **¿Se presta suficiente atención a los problemas a los que se enfrenta actualmente la humanidad, los cuales han llevado a una situación de auténtica emergencia planetaria?**
- **¿Es posible, utilizando una metodología adecuada, modificar las concepciones distorsionadas o incompletas que posean tanto los docentes como los alumnos sobre la tecnología y su relación con la ciencia y la sociedad?**

Se trata, pensamos, de cuestiones de interés para hacer posible una alfabetización científica y tecnológica que no incurra en visiones distorsionadas y empobrecidas de la actividad tecnológica y posibilite la correcta comprensión de las relaciones ciencia-tecnología, así como de su papel en nuestras vidas.

Es preciso tener presente a este respecto que la investigación en didáctica de las ciencias ha puesto de manifiesto la existencia de concepciones distorsionadas de la ciencia y de la actividad científica, las cuales se ven reforzadas por el olvido o el tratamiento superficial de la dimensión tecnológica (Gil Pérez et al., 2005a). Diversos autores (Gardner, 1994; Acevedo, 1996 y 1998; Bybee, 2000) coinciden en señalar que esta falta de atención a la tecnología sería el resultado de concepciones erróneas acerca de la misma y de sus relaciones con la ciencia. En este sentido, Price y Cross (1995) reclaman un esfuerzo por clarificar dichas concepciones, más que por las posibles confusiones que puedan darse para diferenciar entre ciencia y tecnología, por la posibilidad de que aspectos clave de la actividad científica y tecnológica puedan quedar relegados.

En el mismo sentido, Maiztegui y otros (2002) creen necesario proceder a una reflexión en torno al papel de la tecnología, realizada «desde la educación científica», señalando que esta reflexión reclama su confrontación con los puntos de vista de quienes se ocupan específicamente de la educación tecnológica. Éste es precisamente uno de los objetivos de esta investigación, en la que estudiaremos en qué medida se presta atención a la relación ciencia-tecnología y la imagen que de esta relación se transmite «desde la educación tecnológica».

Por otra parte, como hemos señalado anteriormente, a lo largo de las dos últimas décadas, se han multiplicado los llamamientos de diversos organismos y conferencias internacionales para que los educadores contribuyamos a que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de los problemas y desafíos a los que se enfrenta la vida en nuestro planeta y puedan así participar en la necesaria toma de decisiones fundamentadas (UNESCO, 1987; Council of the Ministers of Education of the European Community, 1988; Naciones Unidas, 1992; Delors, 1996).

Este llamamiento adquirió una gran relevancia en la Cumbre de la Tierra convocada por Naciones Unidas en Río de Janeiro en junio de 1992. Con ello se pretendía hacer posible la participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones, así como los necesarios cambios de comportamiento para evitar que las condiciones de vida de la especie humana lleguen a degradarse de manera irreversible. En dicha Conferencia, en la que participaron los Gobiernos de la mayoría de países de la Tierra y miles de Organizaciones no Gubernamentales, se pedía explícitamente a través de su Agenda 21

(Naciones Unidas, 1992) que *todos los educadores*, cualesquiera sea nuestro campo específico de trabajo, contribuyamos a hacer posible la participación ciudadana en la búsqueda de soluciones.

Informes provenientes de instituciones internacionales como el Worldwatch Institute, reuniones y conferencias mundiales o el mismo Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo vienen proporcionando, año tras año, una visión bastante sombría, pero desgraciadamente bien fundamentada, del estado del mundo (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Naciones Unidas, 1992; Worldwatch Institute, 1984-2009). Ésa es la razón fundamental de los llamamientos realizados a, insistimos, todos los educadores, para que incorporemos la situación del mundo a nuestra labor docente.

En este sentido, debemos resaltar que el estudio de las relaciones CTSA dentro de la asignatura de Tecnología resulta una ocasión privilegiada para abordar funcionalmente la actual situación de emergencia planetaria, junto con sus causas, consecuencias y posibles soluciones. Por ello, otro de los objetivos de este trabajo es analizar en qué medida la enseñanza habitual de la tecnología presta suficiente atención a las relaciones tecnología-sociedad-ambiente y a la actual situación el mundo. El tratamiento de estas cuestiones, pensamos, favorece la formación de los futuros ciudadanos y ciudadanas, preparándolos adecuadamente para la toma de decisiones individuales y colectivas en cuestiones tecnocientíficas.

En síntesis, nuestra investigación pretende analizar las concepciones acerca de la tecnología y sus relaciones con la ciencia y la sociedad transmitidas por la educación tecnológica y, a la luz de dicho análisis, diseñar y someter a prueba contenidos y estrategias de enseñanza que contribuyan a una mejor comprensión y apreciación de las actividades tecnocientíficas y de su papel social.

En el siguiente capítulo enunciaremos e intentaremos fundamentar una primera hipótesis que focaliza el análisis crítico de la educación tecnológica actualmente impartida.



## **Referencias bibliográficas en este capítulo 1**

- ACEVEDO, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 35-44.
- ACEVEDO, J.A. (1998). Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. En E. Banet y A. de Pro (Eds.): *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias. Vol I*. DM Murcia, pp. 7-16. En línea: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo12.htm>
- ACEVEDO J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), pp. 198-219.
- ACEVEDO, J.A. y VÁZQUEZ, A. (2003). Editorial del monográfico "Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3).
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, Á. y MANASSERO M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2).
- AGENDA 21, (1992). [Ver NACIONES UNIDAS, (1992)]
- AGUILAR, T. (1999). *Alfabetización Científica y Educación para la Ciudadanía. I.E.P.S (Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas)*. Madrid: Nancea ediciones.
- AIKENHEAD, G.S. (1985). Science curricula and social responsibility. En R.W. Bybee (Ed.): *Science-Technology-Society*, pp. 128-143. Washington DC: NSTA.
- AIKENHEAD, G.S. (2002). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. Cross (Ed.): *A Vision for Science Education: Responding to the Work of Peter J. Fensham*. New York: Routledge Press.
- ATKIN, J. M. y HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, pp. 1-20.
- BUCH, T. (2003). CTS desde la perspectiva de la educación tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32.  
En línea en: <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a07.htm>
- BYBEE, R. (1991). Planet Earth in crisis: How should science educators respond? *The American Biology Teacher*, 53 (3), pp. 146-153.
- BYBEE, R. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. En Gräber, W. y Bolte, C. (Eds). *Scientific Literacy*, pp. 37-68. Kiel: IPN.
- BYBEE, R. (2000). Achieving technological literacy: a national imperative, *The Technology Teacher*, Septiembre 2000, pp. 23-28.
- BYBEE, R. y DE BOER, G.B. (1994). Research on goals for the science curriculum, en Gabel, D.L. *Handbook of Research en Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan P.C.
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (2), pp. 243-254.
- CHUN, S., OLIVER, J.S., JACKSON, D.F. y KEMP, A. (1999). *Scientific Literacy: An Educational Goal of the Past Two Centuries*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.

## 1. Planteamiento del problema y discusión de su interés y relevancia

COUNCIL OF THE MINISTERS OF EDUCATION OF THE EUROPEAN COMMUNITY (1988). *Resolution on Environmental Education, Official Journal of the European Communities*, (C177/8).

CROSS, R.T. (1999). The public understanding of science: implications for education. *International Journal of science education*, 21, pp. 699-702.

DE BOER, G.E. (1997). Historical perspectives on scientific literacy. En W. Gräber y C. Bolte (Eds.): *Scientific Literacy: An International Symposium*, 69-86. Kiel: IPN, University of Kiel.

DE BOER, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), pp. 582-601.

DE HART-HURD, P. (1998). Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 34, pp. 407-416.

DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). Marco general de acción de la declaración de Budapest, <http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm>.

DELORS, J. (Coord.) (1996). *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI*. Madrid: Santillana. Ediciones UNESCO.

DE VRIES, M. y TAMIR, A. (1997). Preface, *International Journal of Technology and Design Education*, 7, pp. 1-2.

FENSHAM, P. J. (2002a). Time to change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), pp. 9-24.

FENSHAM, P. J. (2002b). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2), pp. 133-149.

FOUREZ, G. M., ENGLEBERT-LECOMTE, V., GROOTAERS, D., MATHY, P., y TILMAN, F. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique*. Bruselas, de Boeck Université. Traducción castellana, 1997, *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Ed. Colihue.

FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.

FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, J. y ROMO, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), pp. 365-376.

GARDNER, P.L. (1994). Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, pp. 1-28.

GARDNER, P.L. (1997). The roots of technology and science: a philosophical and historical view. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), pp. 13-20.

GIL, D. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, pp. 27-37.

GIL, D y VILCHES, A. (2004) Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación* 16(3), pp. 259-272.

GIL PÉREZ, D., VILCHES PEÑA, A., ASTABURUAGA, R. y EDWARDS, M. (1999). La transformación de las concepciones docentes sobre la situación del mundo: un problema educativo de primera magnitud. *Pensamiento Educativo* 24, pp. 131-163.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a) Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14, pp. 309-320.

## 1. Planteamiento del problema y discusión de su interés y relevancia

GILBERT, J. K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo, *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 15-24.

GONZÁLEZ, M., LÓPEZ CERREZO, J. A., y LUJÁN, J. L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid, Tecnos.

GORE, A. (1992). *La tierra en juego. Ecología y conciencia humana*. Barcelona: Emecé.

INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION (ITEA) (2000). *Standards for Technological Literacy: Content for Study of Technology*. Virginia: Reston.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2002). Presentación de las monografías: ciencia y cultura, cultura y evolución. *Alambique*. 32, pp. 5-8.

KEMP, A.C. (2002). Implications of diverse meanings for "scientific literacy". Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC. En P.A. Rubba, J.A. Rye, W.J. Di Biase y B.A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*, pp. 1202-1229. Pensacola, FL (ERIC Document Reproduction Service No. ED 438 191): AETS.

KYLE, W.C. (1995). Scientific literacy: Where do we go from here? *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), pp. 1007-1009.

LAUGKSCHE, R.C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*, 84, 1. pp. 71-94.

LEE, O. (1997). Scientific Literacy for All: What Is It, and How Can We Achieve It? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), pp. 219-222.

MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUISASOLA, J., LÓPEZ-CERREZO, J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación Científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 28. Enero-Abril 2002.

MANASSERO, M<sup>a</sup>A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J.A. (2001). El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm> Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

MARCO, B. (2000). La alfabetización científica, en Perales, F. y Cañal, P. (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 141-164. Alcoi: Marfil.

MEMBIELA, P. (1997). Alfabetización científica y ciencia para todos en la educación obligatoria. *Alambique*, 13, pp. 37-44.

NACIONES UNIDAS (1992). *UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles*. París: UNESCO.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.

OLIVER, J.S., JACKSON, D.F., CHUN, S., KEMP, A., TIPPINS, D.J., LEONARD, R., KANG, N.H. y RASCOE, B. (2001). The Concept of Scientific Literacy: A View of the Current Debate as an Outgrowth of the Past Two Centuries. *Electronic Journal of Literacy through Science*, 1(1).

## 1. Planteamiento del problema y discusión de su interés y relevancia

OSORIO, C. (2002). Enfoques sobre la tecnología. En línea en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <<http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/osorio.htm>>

PERALES, J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoi: Marfil.

PRICE, R. F. y CROSS, R. T. (1995). Conceptions of science and technology clarified: improving the teaching of science. *International Journal of Science Education*, 17(3), pp. 285-293.

PUJOL, R. M<sup>a</sup>. (2002). Educación científica para la ciudadanía en formación, *Alambique*, 32, pp. 9-16.

RASINEN, A. (2003). An analysis of the technology education curriculum of six countries. *Journal of Technology Education*, 15 (1).

REID, D.V. Y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.

SANMARTÍN, J. (1990). *Tecnología y futuro humano*. Barcelona, Anthropos.

SHAMOS, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick (NJ): Rutgers University Press.

TENREIRO-VIEIRA, C. (2002). O Ensino das Ciências no Ensino Básico: Perspectiva Histórica e Tendências Actuais. *Revista de Psicologia, Educação e Cultura*, 6, 1. pp. 185-201.

TIPPINS, D.J., OLIVER, J.S., JACKSON, D., CHUN, S., KEMP, A., LI, H., RASCOE, B., NICHOLS, S.E. y RADCLIFFE, L. (1998). *Scientific literacy: Exploring the metaphor*. Paper presented at the Annual Meeting of the Association of Educators of Teachers of Science, Minneapolis, MN.

UNESCO (1987). Elementos para una estrategia internacional de acción en materia de educación y formaciones ambientales para el decenio de 1990. En *Congreso Internacional UNESCO-PNUNA sobre la educación y la formación ambientales*. Moscú: UNESCO.

WORLDWATCH INSTITUTE (1984-2009). *The State of the World*. New York: W.W. Norton. (Versiones en castellano, *La situación del mundo*, Barcelona: Icaria).

## **2. FORMULACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS**

Como se ha señalado en el capítulo anterior, la investigación en didáctica de las ciencias ha puesto de manifiesto la escasa atención prestada a la tecnología por parte de la educación general y, más concretamente, por parte de la educación científica (Acevedo, 1998; Cajas, 2001; Maiztegui et al., 2002; Valdés et al., 2002; Acevedo y Vázquez, 2003; Acevedo, 2006). Como han señalado diversos autores, **esta falta de atención a la tecnología sería el resultado de concepciones erróneas acerca de la misma y de sus relaciones con la ciencia. Por otra parte, investigaciones precedentes han señalado la escasa atención prestada a las relaciones CTSA por parte de la educación científica**, concluyendo que este hecho es una de las causas que contribuyen al desinterés y al rechazo de los estudiantes hacia las materias científicas.

Apoyándonos en estas investigaciones, en este trabajo nos planteamos si la Tecnología, como área independiente y de reciente incorporación a la enseñanza obligatoria en España, sale al paso de estas concepciones erróneas o, si por el contrario, las refuerza. En este capítulo expondremos y fundamentaremos nuestras hipótesis a este respecto

### **2.1. PLANTEAMIENTO DE LA PRIMERA HIPÓTESIS**

Nuestra primera hipótesis relativa a las concepciones acerca de la naturaleza de la tecnología transmitida por la educación tecnológica es la siguiente:

**La enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**

Para facilitar la fundamentación de la hipótesis y, de este modo, profundizar más en los diferentes aspectos que la componen, la planteamos a continuación dividida en dos partes:

**La enseñanza habitual de la tecnología no presta atención a las complejas relaciones entre ciencia y tecnología, dando una imagen empobrecida de esta última y, en general, presentándola como “ciencia aplicada”.**

**La enseñanza habitual de la tecnología no presta atención a las complejas relaciones entre tecnología, sociedad y el medio ambiente, presentándola como algo neutro, sin mostrar cómo la tecnología modifica la sociedad y el medio ambiente, y cómo la sociedad es determinante en el desarrollo tecnológico.**

Como consecuencia derivada de esta primera hipótesis, cabe esperar que los alumnos al finalizar los estudios obligatorios de tecnología muestren grandes deficiencias en la comprensión de aspectos relevantes de la actividad tecnológica. En concreto:

**Los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tendrán una correcta comprensión de la relación existente entre la ciencia y la tecnología. Más aún, después de varios años de estudiar tecnología, concebirán la tecnología como “ciencia aplicada”.**

**Tras varios años de estudiar tecnología, los alumnos no mostrarán una correcta comprensión de las relaciones tecnología, sociedad y medio ambiente.**

Una vez presentada la primera hipótesis, en el siguiente apartado trataremos de fundamentarla, recurriendo para ello a los trabajos de nuestro equipo y otras investigaciones en torno a:

- las concepciones docentes acerca de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología y de sus relaciones
- la escasa atención prestada por la educación científica a las interacciones CTSA

- la diversidad de enfoques dados a la educación tecnológica.

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS**

Numerosos trabajos e investigaciones han señalado la importancia de tener en cuenta las preconcepciones del profesorado al llevar a cabo cualquier acción educativa que implique su participación, ya que la falta de atención a las concepciones de los docentes supone un gran obstáculo debido a su influencia en el proceso de enseñanza/aprendizaje. En este sentido, son muchos los trabajos publicados en los últimos años que señalan la existencia de concepciones distorsionadas de la ciencia y, más concretamente, de las relaciones entre ciencia y tecnología, que dificultan una correcta comprensión de cómo se construyen y evolucionan los conocimientos científicos (Hewson y Hewson, 1987; Mitchener y Anderson, 1989; Duschl y Wright, 1989; Briscoe, 1991 y 1993; Cronin-Jones, 1991; Gil et al., 1991; Hodson, 1992a y 1993; Désautels et al., 1993; Tobin, Tippins y Hook, 1994; Praia y Cachapuz, 1994; Hewson, Kerby y Cook, 1995; Maor y Taylor, 1995; Appleton y Asoko, 1996; Thomaz et al., 1996; Briscoe y Peters, 1997; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y 1998; Reyes, Salcedo y Preafán, 1999; Fernández, 2000; Carrascosa, Gil y Valdés, 2004; Carrascosa 2005a y 2005b; Gil et al., 2005b; Morentin y Guisasola, 2005; García Carmona, 2006; Gallego, 2007; Gil-Pérez, Vilches y Ferreira Gauchía, 2008...). La existencia de estas visiones empobrecidas y distorsionadas se ha señalado como una de las causas del desinterés, cuando no del rechazo, de muchos estudiantes hacia los estudios científicos y se convierten en un obstáculo para el aprendizaje (Gil et al., 2005a).

Por otra parte, numerosas investigaciones han puesto de manifiesto que, de las concepciones existentes acerca de la relación entre ciencia y tecnología, tal vez la más extendida y aceptada es la que entiende la tecnología como “ciencia aplicada”. Esta visión concibe la tecnología como una consecuencia directa de la aplicación del conocimiento científico y, por ello, como algo sencillo que no reclama especial atención en la educación científica. Pero cabe sospechar, una vez más, que lo que aceptamos como obvio constituya un obstáculo fundamental para una adecuada comprensión de los campos implicados, en este caso la educación científica y tecnológica (Maiztegui et al., 2002; Gil-Pérez, Vilches y Ferreira Gauchía, 2008). Estas investigaciones fundamentan nuestra hipótesis ya que, del mismo modo que ocurre en la educación científica, cabe esperar que la educación tecnológica transmita visiones



distorsionadas de la tecnología y, más concretamente, de su relación con la ciencia, dado que el profesorado de ambas áreas ha tenido, en general, una formación similar.

Por otra parte, también fundamentaremos nuestra primera hipótesis en las aportaciones realizadas por la investigación en didáctica de las ciencias que muestran la escasa atención prestada por parte de la educación científica a las interacciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (CTSA). Añadiremos que, entre estas investigaciones, algunas abundan en la escasa atención prestada, en particular, a la dimensión tecnológica y en el análisis de lo que la educación científica de los ciudadanos y ciudadanas pierde con esta infravaloración de la tecnología. Estas aportaciones fundamentarán nuestra hipótesis ya que es de esperar que esta falta de atención a las relaciones CTSA se manifieste de forma similar en la educación tecnológica.

Por último, también hemos podido constatar en la literatura serias dificultades para encontrar consenso en torno al significado del término “tecnología”, destacando la diversidad de acepciones y enfoques que coexisten en la actualidad. Esta dificultad para definir de una forma clara qué es la tecnología repercute de manera directa en las finalidades de la educación tecnológica y consecuencia de ello será la diversidad de enfoques para la educación tecnológica y los consiguientes significados de alfabetización tecnológica (Gilbert, 1995; Acevedo, 1996b y 1998). Por otra parte, diversos autores han puesto de manifiesto que, de entre las posibles visiones acerca de la tecnología, la concepción “artefactual” o “instrumentista” es la visión más arraigada en la vida ordinaria, considerándola como un conjunto de simples destrezas y capacidades para la construcción de artefactos diversos (Osorio, 2002).

A todo ello hay que añadir que la tecnología durante muchos años ha sido olvidada tanto en la educación general como en la preparación de los futuros científicos, estando relegada a los cursos de formación profesional, los cuales estaban reservados a los alumnos con peores resultados académicos (Maiztegui et al., 2002).

Dada la importancia que estos aspectos tienen para la fundamentación de la primera hipótesis, pasamos a continuación a desarrollar cada uno de ellos.

### **2.2.1. Las aportaciones de la investigación educativa sobre las concepciones docentes acerca de la ciencia, la tecnología y las relaciones entre ambas**

La existencia de concepciones distorsionadas acerca de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia es, como ya hemos comentado anteriormente, un hecho reconocido en un trabajo realizado por Maiztegui y otros (2002).

Este hecho tiene gran interés para nuestro trabajo ya que, numerosas investigaciones precedentes han mostrado que la existencia de concepciones, creencias, ideas, etc., en el profesorado, repercute directamente en el proceso de enseñanza/aprendizaje (Smith, 1980; Clark y Peterson, 1986; Gallagher y Tobin, 1987; Gené y Gil, 1987; Hewson y Hewson, 1987; Gallagher, 1989; Mitchener y Anderson, 1989; Duschl y Wright, 1989; Cornett, Yeotis y Terwillinger, 1990; Brickhouse, 1990 y 1993; Briscoe, 1991 y 1993; Cronin-Jones, 1991; Brickhouse y Bodner, 1992; Pajares, 1992; Gil et al., 1991; Lederman y Gess-Newsome, 1991; Gil y Carrascosa, 1992; Hodson, 1992a y 1993; Gil, 1993 y 1994; Abell y Smith, 1994; Désautels et al., 1993; Furió, 1994; Huibregtse, Korthagen y Wubbels, 1994; Tobin, Tippins y Hook, 1994; Praia y Cachapuz, 1994; Hewson, Kerby y Cook, 1995; Maor y Taylor, 1995; Appleton y Asoko, 1996; Thomaz et al., 1996; Briscoe y Peters, 1997; Yerrick, Parke y Nugent, 1997; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y 1998; Reyes, Salcedo y Preafán, 1999; Fernández, 2000; Carrascosa, 2005a; Morentin y Guisasola, 2005; Perales, 2006; Gallego, 2007; Vilches y Gil Pérez, 2007a; Moreno y García Gómez, 2008).

Como se puede comprobar en la abundante literatura, de la que acabamos de ofrecer una selección, desde los años 80 han sido numerosas las investigaciones centradas en el estudio de las concepciones de los profesores y sus posibles implicaciones para la enseñanza.

La importancia de estas concepciones se debe a que, como ya hemos señalado, influyen decisivamente en la enseñanza y aparecen como una de las causas del fracaso de los repetidos intentos de reformar la enseñanza de las ciencias (Cronin-Jones, 1991; Fernández, 2000). En este sentido, han sido numerosos los autores que han señalado la escasa atención prestada a las concepciones docentes por parte de los diseñadores de currículos (Cronin-Jones, 1991; Anderson y Mitchener, 1994). Precisamente, como señalan Gil y Vilches (2001), una de las críticas fundamentales que se ha hecho a los

procesos de renovación curricular ha sido la escasa atención prestada, hasta prácticamente los años 90, al papel jugado por el profesorado en dicho proceso (Anderson y Mitchener, 1994; Mumby y Russell, 1998).

Podemos referirnos, al respecto, a la repetida constatación de marcadas diferencias entre lo perseguido por los diseñadores de currículos y lo que realmente los profesores llevan a la práctica (Cronin-Jones, 1991). Han sido estas diferencias las que han llamado la atención sobre la influencia que los profesores ejercen en el proceso de implementación curricular y sobre la necesidad de un mejor conocimiento de dicho proceso. Porque no se trata simplemente de elaborar cuidadosamente los nuevos materiales y de organizar cursos para difundir las nuevas propuestas: ambas cosas se han hecho, en el caso de la reforma española, dando lugar a una abundante literatura, ampliamente difundida, y a un gran número de cursos y talleres, por los que han pasado miles de profesores, con resultados que muchos han considerado decepcionantes (Gil, Furió y Gavidia, 1998).

Este hecho ha llevado a numerosos investigadores a llamar la atención sobre la importancia de que los diseñadores de currículos conozcan las ideas y concepciones de los profesores debido a la evidente relación entre las creencias del profesor y la implementación de su enseñanza (Clark y Peterson, 1986; Cronin-Jones, 1991; Barrow, 1991; Tobin, Tippins y Gallard, 1992; Furió, 1994; Haney, Czerniak y Lumpe, 1996; Yerrick, Parke y Nugent, 1997; Porlán y Rivero, 1998).

Cronin-Jones (1991), entre otros, ha mostrado que los diseñadores de currículos no suelen tener en cuenta la fuerte influencia de las concepciones de los profesores en el proceso de llevar los diseños curriculares a la práctica. Dicho de otro modo, para emprender un replanteamiento global de la enseñanza de las ciencias, se precisa cuestionar concepciones docentes cuya importancia en la actividad del profesorado puede ser tan relevante o más que las preconcepciones de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias (Hewson y Hewson, 1987). Así, se está comprendiendo que los profesores tenemos ideas, actitudes y comportamientos sobre la enseñanza debidos a una larga formación "ambiental", en particular durante el periodo en que fuimos alumnos. Se trata de concepciones que ejercen una notable influencia, por responder a experiencias reiteradas y adquirirse de forma no reflexiva, como algo natural, obvio, "de

sentido común", escapando así a la crítica y convirtiéndose en un verdadero obstáculo para el cambio (Gil et al., 1991; Salinas, Cudmani y Jaén, 1995; Gil y Vilches, 2001).

De hecho, el estudio de las "preconcepciones docentes" sobre el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias y sobre la misma naturaleza de la actividad científica se ha convertido en una línea de investigación prioritaria (Bell, 1998). Pero no basta con tener en cuenta dichas concepciones para lograr la apropiación por los profesores de las adquisiciones de la investigación e innovación didáctica: la investigación ha mostrado la escasa efectividad de *transmitir* al profesorado las propuestas de los expertos para su aplicación. Como ha indicado Briscoe (1991), es necesario que los profesores *participemos en la construcción* de los nuevos conocimientos didácticos, abordando los problemas que la enseñanza nos plantea. Sin esa participación, no sólo resulta difícil que los profesores y profesoras hagamos nuestros y llevemos eficazmente adelante los cambios curriculares y toda la innovación fundamentada en rigurosas investigaciones, sino que *cabe esperar una actitud de rechazo* (Gil, Furió y Gavidia, 1998).

En consecuencia, la estrategia que parece potencialmente más fructífera para que los profesores, de todos los niveles, nos apropiemos de las aportaciones de la investigación didáctica y asumamos las propuestas curriculares que se derivan, consistiría en implicarnos en tareas de innovación/investigación en torno a los problemas de enseñanza/aprendizaje de las ciencias que nos plantea la actividad docente (Gil, Furió y Gavidia, 1998; Solbes y Vilches, 2000). No se trata, claro está, de que cada profesor o grupo de profesores tenga que construir aisladamente, por sí mismo, todos los conocimientos didácticos elaborados por la comunidad científica, sino de que participe en la reconstrucción/apropiación de dichos conocimientos contando con la ayuda necesaria, pero sin recurrir a una ineficaz transmisión de los mismos. Sólo así los profesores podremos apropiarnos las aportaciones de la investigación didáctica; y sólo así esta investigación pasará a ser debidamente valorada y podrá ejercer una influencia real en las aulas, contribuyendo a superar las "evidencias" bloqueadoras, haciendo posible la educación científica para todos (Gil y Vilches, 2001).

Esta estrategia de *autoformación colectiva* constituye, hemos de reconocer, una tarea difícil de implementar. Lo ideal sería que existiera ya una tradición de trabajo colectivo en el profesorado, con equipos capaces de incorporar a las nuevas generaciones

docentes y de facilitarles, a través del trabajo común, la formación necesaria (como ocurre en cualquier tarea con aspiración científica). Pero es obvio que hoy apenas existen tales equipos y que no pueden improvisarse ni constituirse "por decreto", cuando falta, en el profesorado, la tradición del trabajo científico (Porlán, 1998).

Todo ello ha llevado a que la investigación educativa profundice en la última década en el estudio y análisis del papel jugado por los cursos de formación y perfeccionamiento del profesorado. Diversos autores (Briscoe, 1991 y 1993; Hewson et al., 1995; Appelton y Asoko, 1996; Briscoe y Peters, 1997) sostienen que la mayoría de los cursos de formación y perfeccionamiento del profesorado han fracasado debido, en buena parte, a que no tienen en cuenta las concepciones de los profesores, ya que suelen centrarse más bien en aspectos como la utilización de nuevas técnicas, nuevos materiales y nuevas formas de favorecer el aprendizaje de los alumnos (Fernández, 2000).

Por otra parte, Briscoe (1991) señala que el problema radica en que los cursos de formación del profesorado están generalmente orientados a la transmisión de los resultados obtenidos por las investigaciones didácticas, sin que los propios docentes participen en ellas. Por ello, esta autora propone la participación de los docentes en la investigación didáctica teniendo en cuenta para ello el punto de vista de los profesores.

La importancia de las ideas y creencias del profesorado en la enseñanza de las ciencias ha sido señalada, entre otros, por Fernández (2000) que en su trabajo cita más de 80 referencias bibliográficas de investigaciones realizadas en las dos últimas décadas sobre las concepciones de los profesores respecto a la ciencia y a la actividad científica. De entre todas las investigaciones, esta autora destaca el trabajo realizado por Guilbert y Meloche (1993) en el cual se justifica, mediante dos hipótesis, la necesidad de estudiar las concepciones de los profesores sobre la ciencia. Las dos hipótesis planteadas son las siguientes:

- Las concepciones de los docentes afectan a sus estrategias de enseñanza y, como consecuencia, a las de aprendizaje de los estudiantes.
- Las concepciones de los docentes afectan a la visión de los estudiantes acerca del papel social de la ciencia como aspecto esencial de una cultura científica.

Tras numerosas investigaciones en torno a las creencias de los profesores, parece evidente la existencia de una relación directa, aunque no lineal, entre las concepciones de los docentes sobre la ciencia y el trabajo científico y el modo en el que los profesores orientan su práctica (Fernández, 2000).

Éste es un aspecto de gran importancia ya que, como afirma Fernández (2000), “las estrategias de enseñanza que los profesores desarrollan en clase influyen en los tipos de creencias que los estudiantes adquieren acerca de la ciencia (Harty, Samuel y Anderson, 1991; Hodson, 1992a, 1992b, 1993 y 1994; Meichtry, 1993; Solomon, Duveen y Scout, 1994; Gustafson y Rowell, 1995; Solbes y Traver, 1996; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999) y a su vez, influyen en el aprendizaje de los conocimientos científicos de los alumnos (Zeidler y Lederman, 1989; Gómez, Izquierdo y Sanmartí, 1990; Gallagher, 1991; Grosslight et al., 1991; Songer y Linn, 1991; Stinner, 1992; Gil, 1993; Carrascosa et al., 1993; Furió, 1994; Guilbert y Meloche, 1993; Meichtry, 1993; Fernández y Orozco, 1995; Orozco y Fernández, 1995; Haney, Czerniak y Lumpe, 1996; Hasweeh, 1996; Briscoe y Peters, 1997; Hammerich, 1998; McComas, Clough y Almazroa, 1998)”.

Y aunque algunos investigadores sostienen que las visiones de los profesores no se ven necesariamente reflejadas en su práctica docente (Lederman y Zeidler, 1987; Marlan y Osborne, 1990; Lederman y Gess-Newsome, 1991; Mellado, 1997 y 1998; Lyons, Freitag y Hewson, 1997), sí existe consenso en que una correcta visión de la ciencia y de la actividad científica es una condición imprescindible (aunque no suficiente) para que la enseñanza de la ciencia pueda proporcionar dicha visión (Hodson, 1993; Désautels y Larochelle, 1998; Gil Pérez et al., 2005a).

En este punto conviene recordar, tal y como hacen Gil y Vilches (2005), que numerosos y concordantes análisis de la enseñanza de las ciencias han mostrado que la enseñanza transmite visiones de la ciencia que se alejan notoriamente de la forma como se construyen y evolucionan los conocimientos científicos (McComas, 1998; Fernández et al., 2002 y 2005). Visiones empobrecidas y distorsionadas que, como ya hemos señalado, generan el desinterés, cuando no el rechazo, de muchos estudiantes y se convierten en un obstáculo para el aprendizaje. Hasta el punto de que se ha comprendido, como afirman Guilbert y Meloche (1993), que la mejora de la educación

científica exige, como requisito ineludible, modificar la imagen de la naturaleza de la ciencia que los profesores tenemos y transmitimos.

Ello está relacionado con el hecho de que la enseñanza científica –incluida la universitaria- se ha reducido básicamente a la presentación de conocimientos ya elaborados, sin dar ocasión a los estudiantes de asomarse a las actividades características de la actividad científica (Gil-Pérez et al., 1999). De este modo, las concepciones de los estudiantes -incluidos los futuros docentes- no llegan a diferir de lo que suele denominarse una imagen “folk”, “naif” o “popular” de la ciencia, socialmente aceptada, asociada a un supuesto “Método Científico”, con mayúsculas, perfectamente definido (Fernández et al., 2002 y 2005).

Se podría argumentar que esta disonancia carece, en el fondo, de importancia, puesto que no ha impedido que los docentes desempeñemos la tarea de transmisores de los conocimientos científicos. Sin embargo, las limitaciones de una educación científica centrada en la mera transmisión de conocimientos –puestas de relieve por una abundante literatura, recogida en buena medida en los Handbooks ya aparecidos (Gabel, 1994; Fraser y Tobín, 1998; Perales y Cañal, 2000)- han impulsado investigaciones que señalan a las concepciones epistemológicas “de sentido común” como uno de los principales obstáculos para movimientos de renovación en el campo de la educación científica (Gil y Vilches, 2005a).

Se ha comprendido así, insistimos de nuevo, que si se quiere cambiar lo que los profesores y los alumnos hacemos en las clases de ciencias, es preciso previamente modificar la epistemología de los profesores (Bell y Pearson, 1992). Y aunque poseer concepciones válidas acerca de la ciencia y la tecnología no garantiza que el comportamiento docente sea coherente con dichas concepciones, constituye *un requisito sine qua non* (Hodson, 1993). El estudio de dichas concepciones se ha convertido, por esa razón, en una potente línea de investigación y ha planteado la necesidad de establecer lo que puede entenderse como una imagen adecuada, no distorsionada, sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica, coherente con la epistemología actual (Gil y Vilches, 2005a).

En este sentido, debemos referirnos a la dificultad que entraña hablar de una “imagen adecuada” de la actividad científica, pues parece sugerir la existencia de un supuesto método universal, de un modelo único de desarrollo científico. Sin embargo, es preciso evitar cualquier interpretación de este tipo, por lo que se requiere realizar un esfuerzo consciente por evitar simplismos y deformaciones claramente contrarias a lo que puede entenderse, en sentido amplio, como aproximación científica al tratamiento de problemas.

Se trataría, en cierto modo, de aprehender por vía negativa una actividad compleja que parece difícil de caracterizar positivamente. Ello puede lograrse, como señalan Gil y Vilches (2005) de muy diversas formas:

- mediante un detenido estudio de las deformaciones estudiadas en la literatura,
- tomando en consideración lo mucho que comparten los historiadores y filósofos de la ciencia –pese a controversias y matices que suelen destacarse más que las convergencias básicas-
- a través del análisis de la práctica educativa realizado por equipos de profesores y por los mismos estudiantes, cuando se favorece su distanciamiento crítico.

Estos distintos estudios (Fernández et al., 2002 y 2005) permiten sacar a la luz, de forma convergente, un conjunto de distorsiones, estrechamente relacionadas, cuya superación puede servir de base a un consenso acerca de cómo orientar la educación científica, o, mejor dicho, la educación científica y tecnológica, pues las distorsiones afectan tanto a la naturaleza de la ciencia como a la de la tecnología y deben ser abordadas conjuntamente. Estas visiones distorsionadas de la ciencia y de la tecnología detectadas y analizadas por diversos autores desde la educación científica fundamentan, en parte, nuestra primera hipótesis ya que cabe esperar que impregnen de forma similar la educación tecnológica.

Dada su importancia para el trabajo que aquí se presenta resumiremos seguidamente, apoyándonos en estudios precedentes a los que nos remitimos (Gil Pérez, 1993; Fernández, 2000; Fernández et al., 2002 y 2005; Gil Pérez y Vilches, 2003; Gil Pérez et al., 2005a), las características de las principales distorsiones estudiadas en la educación



científica, cuya presencia cabe temer también en la educación tecnológica, dada la formación similar recibida (y, sobre todo, no recibida) por los profesores de ambas áreas.

### **2.2.2. Las visiones deformadas de la ciencia y el olvido de la tecnología como refuerzo de las mismas**

Diversos autores coinciden en señalar que la atención a la dimensión tecnológica en la educación científica aparece en nuestros días como requisito indispensable para formar en los estudiantes una imagen más correcta de la actividad científica, y, en particular, para comprender la unidad que constituyen hoy ambas actividades (Valdés et al., 2002; Valdés, Valdés y Macedo, 2001). De hecho, Fernández y otros (2003) han mostrado cómo el olvido de la tecnología contribuye a la transmisión de una imagen distorsionada de la ciencia y la tecnología y de la relación entre ambas. Es por ello que resulta de gran interés para la fundamentación de la primera hipótesis el estudio de estas concepciones distorsionadas de la ciencia (Gil Pérez et al., 2005a).

En una investigación realizada por Fernández y otros (Fernández, 2002; Fernández et al., 2003) se utilizaron dos estrategias diferentes para sacar a la luz las deformaciones en las que puede incurrir la imagen de la actividad científica proporcionada por la enseñanza de las ciencias:

- Por una parte, se han formado equipos de profesores y se les ha puesto en situación de investigadores que han de estudiar y analizar críticamente las concepciones docentes sobre la ciencia.
- Por otra, se han analizado artículos sobre educación científica relacionados con la naturaleza de la ciencia y se ha buscado en ellos referencias a posibles errores y visiones empobrecidas.

Podría pensarse que esta actividad ha de ser escasamente productiva ya que se está pidiendo a los profesores, que solemos incurrir en dichas deformaciones, que investiguemos cuáles pueden ser éstas. Sin embargo, al crearse una situación de investigación colectiva, los profesores podemos distanciarnos críticamente de nuestras concepciones y prácticas habituales, fruto de una impregnación ambiental que no habíamos tenido ocasión de analizar y valorar.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que las deformaciones conjeturadas por los distintos equipos de profesores son semejantes, observándose incluso una notable coincidencia en la frecuencia con que cada una se menciona. Por otra parte, y como resultado del análisis de los artículos, se observan sorprendentes coincidencias con las conjeturas hechas por los equipos docentes en lo que se refiere a las deformaciones mencionadas.

Tomando como punto de partida dicho estudio, en un trabajo posterior Fernández y otros (2003) han profundizado en el análisis de estas deformaciones, resaltando, en particular, el papel que juega en las mismas el olvido o el tratamiento superficial de las relaciones ciencia-tecnología. Nos referimos a continuación a cada una de ellas mostrando cómo el olvido de la tecnología contribuye a reforzarlas:

### ***Una visión descontextualizada***

Podemos referirnos, en primer lugar, a una visión descontextualizada, socialmente neutra de la ciencia que ignora, o tiene en cuenta muy superficialmente, las complejas relaciones CTS, Ciencia-Tecnología-Sociedad o, más exactamente, CTSA, agregando la A de Ambiente para llamar la atención sobre los graves problemas de degradación del medio que afectan a la totalidad del planeta.

Esta visión comporta, muy en particular, una consideración superficial de la tecnología, como mera aplicación de los conocimientos científicos, ignorando totalmente su papel en el proceso de construcción de dichos conocimientos. Sin embargo, es relativamente fácil cuestionar esta visión simplista de las relaciones ciencia-tecnología (Maiztegui et al., 2002): basta reflexionar brevemente sobre el desarrollo histórico de ambas para comprender que la actividad técnica ha precedido en milenios a la ciencia. Se puede comenzar a romper, así, con la idea común de la tecnología como subproducto de la ciencia, como un simple proceso de aplicación del conocimiento científico para la elaboración de artefactos, que refuerza el supuesto carácter neutral, ajeno a intereses y conflictos sociales, del binomio ciencia-tecnología.

Ahora bien, lo más importante es clarificar lo que la educación científica de todas las personas pierde con esta minusvaloración de la tecnología. Ello nos obliga a preguntarnos, como hace Cajas (1999), si hay algo característico de la tecnología que

pueda ser útil para la formación científica de los ciudadanos y que los profesores de ciencias no estamos tomando en consideración. Nadie pretende hoy, por supuesto, trazar una neta separación entre ciencia y tecnología: desde la revolución industrial los tecnólogos han incorporado de forma creciente las estrategias de la investigación científica para producir y mejorar sus productos. La interdependencia de la ciencia y la tecnología ha seguido creciendo debido a su incorporación a las actividades industriales y productivas, y eso hace difícil hoy –y, al mismo tiempo, carente de interés– clasificar un trabajo como puramente científico o puramente tecnológico.

Lo que sí es importante destacar, por el contrario, son algunos aspectos de las relaciones ciencia-tecnología, con objeto de evitar visiones deformadas que empobrecen la educación científica y tecnológica. Así, el objetivo de los tecnólogos ha sido y sigue siendo, fundamentalmente, producir y mejorar artefactos, sistemas y procedimientos que satisfagan necesidades y deseos humanos, más que contribuir a la comprensión teórica, es decir, a la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos (Mitcham, 1989; Gardner, 1994). Ello no significa que no utilicen o construyan conocimientos, sino que los construyen para situaciones específicas reales (Cajas, 1999) y, por tanto, complejas, en las que no es posible dejar a un lado toda una serie de aspectos que en una investigación científica pueden ser obviados como no relevantes, pero que es preciso contemplar en el diseño y manejo de productos tecnológicos que han de funcionar en la vida real.

De este modo, el estudio resulta a la vez más limitado, ya que interesa resolver cuestiones específicas, no construir un cuerpo de conocimientos, y más complejo, puesto que no es posible trabajar en condiciones 'ideales'. Para la tecnología el cómo se convierte en la pregunta central, por encima del porqué. Un cómo que, en general, no puede responderse únicamente a partir de principios científicos puesto que al pasar de los diseños a la realización de prototipos y de éstos a la optimización de los procesos para su producción real, son innumerables –y, a menudo, insospechados– los problemas que deben resolverse. El resultado final ha de ser el funcionamiento correcto, en las situaciones requeridas, de los productos diseñados (Moreno, 1988).

Esta compleja interacción de comprensión y acción en situaciones específicas pero reales, no 'puras', es lo que caracteriza el trabajo tecnológico (Hill, 1998; Cajas, 1999).

No debemos, pues, ignorar ni minusvalorar los procesos de diseño, necesarios para convertir en realidad los objetos y sistemas tecnológicos y para comprender su funcionamiento. La presentación de esos productos como simple aplicación de algún principio científico sólo es posible en la medida en que no se presta atención real a la tecnología. De esta forma, se pierde una ocasión privilegiada para conectar con la vida diaria de los estudiantes, para familiarizarles con lo que supone la concepción y realización práctica de artefactos y su manejo real, superando los habituales tratamientos puramente librescos y verbalistas.

Cabe señalar que la falta de atención a la tecnología afecta también, en general, a las propuestas de incorporación de la dimensión CTSA. En efecto, dichas propuestas se han centrado en promover la necesaria contextualización de la actividad científica a través de la discusión de la relevancia de los problemas abordados, del estudio de sus aplicaciones y de la responsabilidad relacionada con las posibles repercusiones (lo que obliga a la toma de decisiones), pero no suelen contemplar otros aspectos clave de lo que supone la tecnología: el análisis medios-fines, el diseño y realización de prototipos (con la resolución de innumerables problemas prácticos), la optimización de los procesos de producción, el análisis riesgo-coste-beneficio, la introducción de mejoras sugeridas por el uso, en definitiva, todo lo que supone la realización práctica y el manejo real de los productos tecnológicos de los que depende nuestra vida diaria.

De hecho las referencias más frecuentes a las relaciones CTSA que incluyen la mayoría de los textos escolares de ciencias se reducen a la enumeración de algunas aplicaciones de los conocimientos científicos (Solbes y Vilches, 1997), cayendo en una exaltación simplista de la ciencia como factor absoluto de progreso.

Frente a esta ingenua visión de raíz positivista, comienza a extenderse una tendencia a descargar sobre la ciencia y la tecnología la responsabilidad de la situación actual de deterioro creciente del planeta, lo que no deja de ser una nueva simplificación maniquea en la que resulta fácil caer y que llega a afectar, incluso, a algunos libros de texto (Solbes y Vilches, 1998). No podemos ignorar, a este respecto, que son científicos quienes estudian los problemas a que se enfrenta hoy la humanidad, advierten de los riesgos y ponen a punto soluciones (Sánchez Ron, 1994). Por supuesto, no sólo los científicos ni todos los científicos. Son también científicos y tecnólogos quienes han producido, por

ejemplo, los compuestos que están destruyendo la capa de ozono, pero junto a economistas, políticos, empresarios y trabajadores. Las críticas y las llamadas a la responsabilidad han de extenderse a todos, incluidos los “simples” consumidores de los productos nocivos.

Cabe señalar, sin embargo, que estas concepciones simplistas de exaltación o de rechazo absoluto de la ciencia son minoritarias. Lo más frecuente es que se incurra en visiones puramente operativistas que ignoran completamente la contextualización de la actividad científica, como si la ciencia fuera un producto elaborado en torres de marfil, al margen de las contingencias de la vida ordinaria. Se trata de una visión que conecta con la que contempla a los científicos como seres especiales, genios solitarios que manejan un lenguaje abstracto, de difícil acceso. La imagen descontextualizada se ve reforzada, pues, por las concepciones individualistas y elitistas de la ciencia.

### ***Una concepción individualista y elitista***

Junto a la visión descontextualizada que acabamos de analizar, y a la que está estrechamente ligada, ésta es otra de las deformaciones más frecuentemente señaladas por los equipos docentes, y también más tratadas en la literatura. Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, por encima “del bien y del mal” y ajenos a la necesaria toma de decisiones, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos. En particular se deja creer que los resultados obtenidos por un solo científico o equipo, pueden bastar para verificar o falsar una hipótesis o, incluso, toda una teoría.

A menudo se insiste explícitamente en que el trabajo científico es un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos, con claras discriminaciones de naturaleza social y sexual. En particular, la ciencia y, sobre todo, la tecnología, son presentadas como una actividad eminentemente "masculina".

Se contribuye, además, a este elitismo escondiendo la significación de los conocimientos tras presentaciones exclusivamente operativistas. No se realiza un esfuerzo por hacer la ciencia accesible (comenzando con tratamientos cualitativos,

significativos), ni por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores, como los de los propios alumnos.

En algunas ocasiones nos encontramos con una deformación de signo opuesto que contempla la actividad científica como algo sencillo, próximo al sentido común, olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento sistemático de lo obvio (Bachelard, 1938; Gil, 1993), pero en general la concepción dominante es la que contempla la ciencia como una actividad de genios aislados.

La falta de atención a la tecnología contribuye también a esta visión individualista y elitista, ya que, por una parte, se obvia la complejidad del trabajo científico-tecnológico que exige, como ya hemos señalado, la integración de diferentes clases de conocimientos, difícilmente asumibles por una única persona; por otra, se minusvalora la aportación de técnicos, maestros de taller, etc., quienes a menudo han jugado un papel esencial en el desarrollo científico-tecnológico. El punto de partida de la Revolución Industrial, por ejemplo, fue la máquina de Newcomen, que era fundidor y herrero. Como afirma Bybee (2000), 'Al revisar la investigación científica contemporánea, uno no puede escapar a la realidad de que la mayoría de los avances científicos están basados en la tecnología'. Y ello cuestiona la visión elitista, socialmente asumida, de un trabajo científico-intelectual por encima del trabajo técnico.

La imagen individualista y elitista del científico se traduce en iconografías que representan al hombre de bata blanca en su inaccesible laboratorio, repleto de extraños instrumentos. Conectamos así con una tercera y grave deformación: la que asocia el trabajo científico, casi exclusivamente, con ese trabajo en el laboratorio, donde el científico experimenta y observa en busca del feliz "descubrimiento". Se transmite así una visión empiro-inductivista de la actividad científica, que abordaremos seguidamente.

### ***Una concepción empiro-inductivista y ateórica***

Se trata de la deformación más ampliamente señalada en la literatura. Una concepción que resalta el papel de la observación y de la experimentación "neutras", "no contaminadas por ideas apriorísticas", e incluso del puro azar, olvidando el papel

esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos disponibles, que orientan todo el proceso.

Numerosos estudios han mostrado las discrepancias entre la visión de la ciencia proporcionada por la epistemología contemporánea y ciertas concepciones docentes, ampliamente extendidas, marcadas por un empirismo extremo (Giordan, 1978; Hodson, 1985; Nussbaum, 1989; Cleminson, 1990; King, 1991; Stinner, 1992; Désautels et al., 1993; Lakin y Wellington, 1994; Hewson, Kerby y Cook, 1995; Jiménez Aleixandre, 1995; Thomaz et al., 1996; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999...).

Estas concepciones empiro-inductivistas de la ciencia afectan a los mismos científicos – pues, como explica Mosterín (1990) sería ingenuo pensar que “son siempre explícitamente conscientes de los métodos que usan en su investigación”– así como, lógicamente, a los mismos estudiantes (Gaskell, 1992; Pomeroy, 1993; Roth y Roychondhury, 1994; Solomon, Duveen y Scout, 1994; Abrams y Wandersee, 1995; Traver, 1996; Roth y Lucas, 1997; Désautels y Larochelle, 1998). Conviene señalar que esta idea, que atribuye la esencia de la actividad científica a la experimentación, coincide con la de "descubrimiento" científico, transmitida, por ejemplo, por los cómics, el cine y, en general, por los medios de comunicación (Lakin y Wellington, 1994). Dicho de otra manera, parece que la visión de los profesores, o la que proporcionan los libros de texto (Selley, 1989; Stinner, 1992), no es muy diferente, en lo que respecta al papel atribuido a los experimentos, de lo que hemos denominado la imagen “ingenua” de la ciencia, socialmente difundida y aceptada.

Es importante señalar que aunque ésta es la deformación más estudiada y criticada en la literatura, son pocos los equipos docentes que, en un curso para favorecer la reflexión colectiva, acerca de las visiones de la ciencia y la tecnología (Fernández et al., 2003 y 2005), se refieren a esta posible deformación. Ello puede interpretarse como índice del peso que continúa teniendo esta concepción empiro-inductivista en el profesorado de ciencias. Es preciso tener en cuenta a este respecto que, pese a la importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, en general la enseñanza es puramente libresca, de simple transmisión de conocimientos, sin apenas trabajo experimental *real* (más allá de algunas 'recetas de cocina'). La experimentación conserva, así, para profesores y estudiantes el atractivo de una “revolución pendiente”,

como se ha podido percibir en entrevistas realizadas a profesores en activo (Fernández, 2000).

Esta falta de trabajo experimental tiene posiblemente como una de sus causas, una vez más, la escasa familiarización de los profesores con la dimensión tecnológica y viene, a su vez, a reforzar las visiones simplistas sobre las relaciones ciencia-tecnología a que ya hemos hecho referencia anteriormente. En efecto, el trabajo experimental puede ayudar a comprender que, como señalábamos, si bien la tecnología se ha desarrollado durante milenios sin el concurso de la ciencia, inexistente hasta muy recientemente (Niiniluoto, 1997; Quintanilla y Sánchez Ron, 1997), la construcción del conocimiento científico *siempre* ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología: basta recordar que para someter a prueba las hipótesis que focalizan una investigación estamos obligados a construir diseños experimentales; y hablar de *diseños*, y de lo que suponen, es ya utilizar un lenguaje asociado al ámbito tecnológico.

Es cierto que, como ya señalaba Bunge (1976), los diseños experimentales son deudores del cuerpo de conocimientos (la construcción, por ejemplo, de un amperímetro sólo tiene sentido a la luz de una buena comprensión de la corriente eléctrica), pero su realización concreta exige resolver problemas prácticos en un proceso complejo con todas las características del trabajo tecnológico. Es precisamente éste el sentido que debe darse a lo que manifiesta Hacking (1983) cuando –parafraseando la conocida frase de que 'la observación está cargada de teoría' (Hanson 1958)– afirma que 'la observación y la experimentación científica están cargadas de una competente práctica previa'.

Así, por ejemplo, cuando Galileo concibe la idea de 'debilitar' la caída de los cuerpos mediante el uso de un plano inclinado de fricción despreciable, con objeto de someter a prueba la hipótesis de que la caída de los graves constituye un movimiento de aceleración constante, la propuesta resulta conceptualmente sencilla: si la caída libre tiene lugar con aceleración constante, el movimiento de un cuerpo que se desliza por un plano inclinado con fricción despreciable también tendrá aceleración constante, pero tanto más pequeña cuanto menor sea el ángulo del plano, lo que facilita la medida de los tiempos y la puesta a prueba de la relación esperada entre las distancias recorridas y los tiempos empleados. Sin embargo, la realización práctica de este diseño comporta



resolver toda una variedad de problemas: preparación de una superficie suficientemente plana y pulida, por la que pueda deslizarse una esferita, como forma de reducir la fricción; construcción de una canaleta para evitar que la esferita se desvíe y caiga del plano inclinado; establecimiento de la forma de soltar la esferita y de determinar el instante de llegada, etc. Se trata, sin duda alguna, de un trabajo tecnológico destinado a lograr un objetivo concreto, a resolver una situación específica, lo que exige una multiplicidad de habilidades y conocimientos. Y lo mismo puede decirse de cualquier diseño experimental, incluso de los más sencillos.

No se trata, pues, de señalar, como a veces se hace, que '*algunos*' desarrollos tecnológicos han sido imprescindibles para hacer posible '*ciertos*' avances científicos, como, por ejemplo, el papel de las lentes en la investigación astronómica. La tecnología está *siempre* en el corazón de la actividad científica y la expresión *diseño* experimental es perfectamente ilustrativa a este respecto.

Desafortunadamente, las escasas prácticas de laboratorio escolares no permiten a los estudiantes, ni siquiera en la Universidad, comprender lo que supone el diseño de experimentos adecuados para someter a prueba las hipótesis, puesto que presentan montajes ya elaborados para su simple manejo siguiendo guías tipo 'receta de cocina'. De este modo, la enseñanza centrada en la simple transmisión de conocimientos ya elaborados no solo impide comprender el papel esencial que la tecnología juega en el desarrollo científico, sino que, contradictoriamente, favorece el mantenimiento de las concepciones empiro-inductivistas que sacralizan un trabajo experimental, al que nunca se tiene acceso real, como elemento central de un supuesto 'Método Científico', lo que se vincula con otras dos graves deformaciones que abordaremos brevemente a continuación.

### ***Una visión rígida, algorítmica, infalible...***

Analizamos, a continuación, una deformación ampliamente recogida en la literatura que presenta el "Método Científico" como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente, resaltando lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., y olvidando –o, incluso, rechazando– todo lo que significa duda, invención, creatividad, etc., cualidades estrechamente asociadas al trabajo científico y al tecnológico.

Se trata de una concepción ampliamente asumida por el profesorado de ciencias, como se ha podido constatar utilizando diversos diseños (Fernández, 2000). Así, en las entrevistas mantenidas con profesores, una mayoría se refiere al “Método Científico” como una secuencia de etapas definidas, en las que las 'observaciones' y los 'experimentos rigurosos' juegan un papel destacado, contribuyendo a la 'exactitud y objetividad' de los resultados obtenidos. Dicha concepción se pone particularmente en evidencia en lo que respecta a la evaluación del aprendizaje. Como afirma Hodson (1992b), la preocupación obsesiva por evitar la ambigüedad y asegurar la fiabilidad de las evaluaciones, distorsiona la naturaleza misma del trabajo científico, esencialmente difuso, incierto, intuitivo... Ello es particularmente cierto en lo que se refiere al trabajo experimental, en el que, como hemos visto, la tecnología juega un papel esencial y se precisa resolver muchos problemas inesperados para lograr el correcto funcionamiento de los diseños experimentales. La evaluación debería tener en cuenta dicha ambigüedad, no intentar eliminarla.

Hay que señalar que ésta sí es una deformación ampliamente criticada por los equipos docentes cuando analizan críticamente la enseñanza habitual de las ciencias, hasta el punto de que algunos, al rechazar esta visión rígida y dogmática de la ciencia, hacen suyo un *relativismo* extremo. Un relativismo tanto metodológico –“todo vale”, no hay estrategias específicas en el trabajo científico (Feyerabend, 1989)– como conceptual: no hay una realidad objetiva que permita contrastar la validez de las construcciones científicas; la *única* base en la que se apoya el conocimiento es el consenso de la comunidad de investigadores en ese campo. Se trata de un relativismo próximo a las tesis del constructivismo radical (Glaserfeld, 1989) que ha merecido serias críticas (Suchting, 1992; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

La concepción dominante, sin embargo, es la algorítmica, que, como la empiro-inductivista en la que se apoya, olvidando, como señalábamos, la dimensión tecnológica, puede mantenerse en la medida en que el conocimiento científico se transmite en forma acabada para su simple recepción, sin que ni los estudiantes ni los profesores tengan ocasión de constatar prácticamente las limitaciones de ese supuesto 'Método Científico'. Por la misma razón se incurre con facilidad en una visión aproblemática y ahistórica de la actividad científica a la que nos referiremos a continuación.

***Una visión aproblemática y ahistórica (ergo acabada y dogmática)***

El hecho de transmitir conocimientos ya elaborados conduce, muy a menudo, a ignorar cuáles fueron los problemas que se pretendía resolver, cuál ha sido la evolución de dichos conocimientos, las dificultades encontradas, etc., así como a no tener en cuenta las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas. Se pierde así de vista que, como afirma Bachelard (1938), “todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”, a un problema.

Se trata de una concepción que la enseñanza de las ciencias refuerza por omisión: los profesores de ciencias, tanto al ser entrevistados como cuando resuelven distintos tipos de cuestiones relativas a la forma de introducir los conocimientos científicos, no hacen referencia a los problemas que están en el origen de la construcción de dichos conocimientos y lo mismo se aprecia en los libros de texto (Fernández, 2000).

Queremos insistir, una vez más, en la estrecha relación existente entre las deformaciones contempladas hasta aquí. Esta visión aproblemática y ahistórica, por ejemplo, hace posible las concepciones simplistas acerca de las relaciones ciencia-tecnología. Pensemos que si toda investigación responde a problemas, a menudo, esos problemas tienen una vinculación directa con necesidades humanas y, por tanto, con la búsqueda de soluciones adecuadas para problemas tecnológicos previos.

De hecho, el olvido de la dimensión tecnológica en la educación científica impregna la visión distorsionada de la ciencia, socialmente aceptada, que pretendemos aquí sacar a la luz, tratando de superar un olvido que históricamente tiene su origen en la distinta valoración del trabajo intelectual y manual y que afecta gravemente a la necesaria alfabetización científica y tecnológica del conjunto de la ciudadanía (Maiztegui et al., 2002).

Pero esta visión distorsionada y empobrecida de la naturaleza de la ciencia y de la construcción del conocimiento científico, en la que la enseñanza de las ciencias incurre, por acción u omisión, está muy vinculada a otras dos deformaciones, que tienen en común olvidar la dimensión de la ciencia como construcción de cuerpos coherentes de conocimientos. Nos referimos a lo que se denomina visión 'exclusivamente analítica' y

visión 'acumulativa, de crecimiento lineal' de los conocimientos científicos, que presentamos seguidamente, aunque no están directamente relacionadas con el olvido de la tecnología, porque este conjunto de distorsiones se apoyan mutuamente formando un marco conceptual de una cierta coherencia. Necesitamos, pues, analizar todas, con objeto de cuestionar el conjunto y hacer posible una visión más adecuada de la actividad científica y tecnológica.

### ***Visión exclusivamente analítica***

Es una deformación que apenas es mencionada por los equipos docentes y que ha sido escasamente tratada por la investigación. Por supuesto, el análisis forma parte de las estrategias científicas: a menudo se necesita la parcelación inicial de los estudios, introducir simplificaciones..., pero es preciso no olvidar los esfuerzos posteriores de unificación y de construcción de cuerpos de conocimientos cada vez más amplios, o el tratamiento de problemas "puente" entre distintos campos de conocimiento que pueden llegar a unirse, como ha ocurrido tantas veces.

Se podría pensar que esta escasa atención a una deformación que nos parece particularmente grave sea debida a que las propuestas de tratamiento interdisciplinar e incluso de enseñanza integrada de las ciencias han sido ampliamente difundidas. Sin embargo, el olvido de los procesos de unificación como característica fundamental de la evolución de los conocimientos científicos constituye un auténtico obstáculo en la educación científica habitual. En efecto, se ha podido constatar (Fernández, 2000) que la mayoría de los profesores y de los libros de texto incurren, por omisión, en esta deformación, olvidando destacar, por ejemplo, la unificación que supuso la síntesis newtoniana de las mecánicas celeste y terrestre, rechazada durante más de un siglo con condenas a la obra de Copérnico o Galileo.

Cabe añadir, por otra parte, que las propuestas de enseñanza integrada incurren, a menudo, en un error de signo contrario al de la visión analítica, pero no menos grave, consistente en tomar la unidad de la materia como punto de partida evidente, olvidándose que el establecimiento de dicha unidad constituye una conquista reciente y nada fácil de la ciencia (Gil et al., 1991). Recordemos, por ejemplo, la fuerte oposición a las concepciones unitarias en Astronomía (heliocentrismo), Biología (evolucionismo) o en Química Orgánica (síntesis orgánica).

***Visión acumulativa, de crecimiento lineal***

Por último, nos referiremos brevemente a una deformación a la que tampoco suelen prestar atención los equipos docentes y que es la segunda menos mencionada en la literatura tras la visión exclusivamente analítica. Consiste en presentar el desarrollo científico como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999), que no tiene en cuenta el papel de la tecnología, ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos que no se dejan ahorrar por ningún modelo definido de desarrollo científico (Giere, 1988; Estany, 1990).

Esta deformación es complementaria, en cierto modo, de lo que se ha denominado visión rígida, aunque deben ser diferenciadas: mientras la visión rígida o algorítmica se refiere a cómo se concibe la realización de una investigación dada, la visión acumulativa es una interpretación simplista de la evolución de los conocimientos científicos, a la que la enseñanza suele contribuir al presentar las teorías hoy aceptadas sin mostrar el proceso de su establecimiento, ni referirse a las frecuentes confrontaciones entre teorías rivales, ni a los complejos procesos de cambio, que incluyen auténticas 'revoluciones científicas' (Kuhn, 1971).

Es necesario llamar la atención sobre el hecho de que estas deformaciones, que han sido detectadas en la docencia habitual -mediante un estudio detenido que ha utilizado cerca de 20 diseños experimentales (Fernández, 2000)- no constituyen una especie de “siete pecados capitales” distintos y autónomos; por el contrario, al igual que se ha mostrado en el caso de las preconcepciones de los estudiantes en un determinado dominio (Driver y Oldham, 1986), forman un esquema conceptual relativamente integrado. Por ejemplo, una visión individualista y elitista de la ciencia apoya implícitamente la idea empirista de "descubrimiento" y contribuye, además, a una lectura descontextualizada, socialmente neutra, de la actividad científica (realizada por “genios” solitarios). Del mismo modo, por citar otro ejemplo, una visión rígida, algorítmica, exacta, de la ciencia refuerza una interpretación acumulativa, lineal, del desarrollo científico, ignorando las crisis y las revoluciones científicas.

Por tanto, estas concepciones aparecen asociadas entre sí, como expresión de una imagen ingenua de la ciencia y la tecnología que se ha ido decantando, pasando a ser socialmente aceptada, pese a una abundante literatura ya clásica sobre la naturaleza de la ciencia que contrasta radicalmente con dichas visiones (Popper, 1962; Kuhn, 1971; Bunge, 1976; Hempel, 1976; Toulmin, 1977; Lakatos, 1982 y 1989; Laudan, 1984; Feyerabend, 1989; Chalmers, 1992...).

Las concepciones docentes sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología serían, pues, expresión de esa visión común, que los profesores aceptaríamos implícitamente debido a la falta de reflexión crítica y a una educación científica que se limita, a menudo, a una simple transmisión de conocimientos ya elaborados. Esto no sólo deja en la sombra las características esenciales de la actividad científica y tecnológica, sino que contribuye a reforzar algunas deformaciones, como el supuesto carácter "exacto" (ergo dogmático) de la ciencia, o la visión aporética, que dificultan seriamente la educación científica y tecnológica.

Debemos señalar que el olvido o tratamiento superficial de la tecnología, no sólo ha sido detectado en la enseñanza tradicional de las ciencias, caracterizada por tener como objetivos prioritarios que los estudiantes supieran, fundamentalmente, los conceptos, principios y leyes de esas disciplinas. Ello afectaría incluso a los programas CTS, los cuales tienen, entre otros objetivos, promover una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología en su contexto social, incidiendo en las interrelaciones entre los desarrollos científico y tecnológico y los procesos sociales. En este sentido, Layton (1988) advierte que en la mayoría de los proyectos pioneros CTS –desarrollados a finales de los setenta y en los ochenta– la «T» mayúscula del acrónimo apenas si alcanzaba el tamaño de una «t» minúscula, situación que ha persistido en muchos de los proyectos de los noventa. De hecho, algunos autores señalan que, a pesar de los esfuerzos que se vienen realizando desde los años ochenta para orientar los contenidos de los currículos de ciencias desde una perspectiva CTS, se ha contribuido poco a profundizar en las relaciones entre ciencia y tecnología (Gardner, 1994; Acevedo, 1998; Maiztegui et al., 2002; Valdés et al., 2002), llegando incluso, como en las primeras versiones del proyecto SATIS (Science and Technology in Society), a favorecer la confusión al definir la tecnología como “el proceso por medio del cual se hace posible la aplicación de la ciencia para satisfacer las necesidades humanas”.

Sin embargo, como ha puesto de manifiesto la reciente investigación en didáctica de las ciencias, la inclusión de las interacciones CTSA (con un tratamiento adecuado de la tecnología) junto a otros factores, contribuye entre otras cosas a transmitir una imagen de la ciencia y la tecnología más próxima a la ofrecida por la epistemología contemporánea. A pesar de ello, como veremos en el siguiente apartado, la enseñanza habitual de las ciencias todavía presta insuficiente atención a las relaciones CTSA, hecho básico para la fundamentación de nuestra primera hipótesis ya que cabe suponer que la educación tecnológica incurra en la misma falta de atención a la dimensión CTSA.

### **2.2.3. La importancia de la dimensión CTSA para la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas y la escasa atención prestada por la educación científica a las interacciones CTSA**

Hasta ahora hemos tratado de fundamentar nuestra primera hipótesis en la importancia, señalada por la investigación, de las preconcepciones del profesorado y su relevancia para la enseñanza de la ciencia y, más concretamente, en la existencia de concepciones distorsionadas que dificultan la correcta comprensión de la actividad científica y tecnológica, así como de las relaciones entre ambas. También hemos podido ver cómo el olvido o el tratamiento superficial de la tecnología por parte de la educación científica refuerzan estas deformaciones.

Otra línea de investigación que ha experimentado un importante crecimiento en las últimas dos décadas es el de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, CTS, o, como se está imponiendo últimamente, CTSA, añadiendo la A de ambiente. Desde finales de los años ochenta, ha sido creciente la relevancia dada, en el campo de la didáctica de las ciencias, a las investigaciones en torno a las relaciones CTSA y su importancia para la enseñanza de las ciencias (Solbes y Vilches, 2002). Esto ha sido puesto de manifiesto, sistemáticamente, por la gran cantidad de publicaciones que se vienen realizando en torno a estos temas, así como por los monográficos aparecidos en diferentes revistas – Alambique, número 3 (1995), Revista Iberoamericana de Educación 18 (1998), Pensamiento Educativo 24 (1999), etc.- , los espacios de debate que sobre las relaciones CTSA se vienen realizando en diferentes congresos de didáctica de las ciencias y, en particular, los encuentros específicos sobre este campo, como los que tienen lugar en

torno al movimiento CTS en la península Ibérica y el ámbito iberoamericano (Martins, 2000 y 2004; Marques et al., 2008).

La educación CTSA confluye con las propuestas de alfabetización en ciencia y tecnología (*Science and Technology Literacy, STL*) para todas las personas (*Science and Technology for All, STA*) promoviendo una visión centrada en la formación de actitudes, valores y normas de comportamiento respecto a la intervención de la ciencia y la tecnología en la sociedad (y viceversa) con el fin de preparar a los futuros ciudadanos y ciudadanas para la toma de decisiones de forma responsable. Otro objetivo de la educación CTSA es una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología en su contexto social, incidiendo en las interrelaciones entre los desarrollos científico y tecnológico y los procesos sociales. La educación CTSA hoy en día es considerada por muchos autores una de las dimensiones básicas de la educación científica, tal y como mostramos a continuación (Solomon y Aikenhead, 1994; Caamaño, et al., 1995; González, López Cerezo y Luján, 1996; Solbes y Vilches, 1997; Martins, et al., 2000 y 2004; Membiola, et al., 2001, Marques et al., 2008).

Hodson (1992a) manifiesta que uno de los principales objetivos de la enseñanza de las ciencias es la comprensión del importante papel de las interacciones CTS (incluyendo aquí las cuestiones económicas, políticas, éticas, históricas, filosóficas y sociológicas de la ciencia y la tecnología), debiendo ser éste uno de los componentes esenciales de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas (Reid y Hodson, 1989).

Laugksch (2000) por su parte, destaca entre las dimensiones de la alfabetización científica las cuestiones que aborda el movimiento CTS y Shamos (1993) señala que:

(...) una premisa básica del movimiento CTS es que, al hacer más pertinente la ciencia para la vida cotidiana de los estudiantes, éstos pueden motivarse, interesarse más por el tema y trabajar con más ahínco para dominarlo. Otro argumento a su favor es que, al darle relevancia social a la enseñanza de las ciencias, se contribuye a formar buenos ciudadanos; es decir, al concienciar a los estudiantes de los problemas sociales basados en la ciencia, éstos se interesan más por la propia ciencia.



Por otra parte Sjøberg (1997) pone énfasis en la inclusión de la perspectiva social de la ciencia y la tecnología ya que, según el autor, es la que quizás puede resultar de mayor provecho para el público en la sociedad del siglo XXI, coincidiendo de este modo con las ideas expuestas hace ya más de treinta años por Gallagher (1971):

Para los futuros ciudadanos de una sociedad democrática, la comprensión de las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad puede ser tan importante como la de los conceptos y procesos de la ciencia (p. 337).

Acevedo y otros (2003) destacan cómo otros autores también han insistido en la importancia de prestar atención a la dimensión social de la ciencia y la tecnología; por ejemplo, se ha puesto el acento en la necesidad de "formar para la responsabilidad social" (Aikenhead, 1985; Ramsey, 1993) y Layton, Davy y Jenkins (1986) se refieren a la noción de *ciencia para propósitos específicos sociales*, resaltando la importancia del contexto, el conocimiento para la acción, los valores y la toma de decisiones (Yager, 1992), lo que también se ha denominado como *ciencia para la acción* (Jenkins, 1994):

(...) el conocimiento científico se convierte en un recurso para ayudar a los estudiantes (...) a encontrarle sentido a su papel como actores en un mundo social, al mismo tiempo que en un poderoso conjunto externo de procedimientos para comprender y configurar el mundo material. (p. 13 de la traducción castellana).

La importancia que la inclusión de las orientaciones y contenidos CTS tiene para el logro de una alfabetización científica y tecnológica también ha sido señalada por organismos internacionales, tal y como se recoge en el artículo *‘Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas’* de Acevedo y otros (2003).

Así, en la *Declaración de Bucarest sobre la Ciencia y el uso del saber científico* (UNESCO-ICSU, 1999a) elaborada durante la *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI*, celebrada en Bucarest (Hungría) y auspiciada por la UNESCO y el ICSU, se afirma que:

La enseñanza científica, en sentido amplio, sin discriminación y que abarque todos los niveles y modalidades es un requisito previo esencial de la democracia y el desarrollo sostenible. (...) La enseñanza, la transmisión y la divulgación de la ciencia deben construirse sobre esta base. (...) Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, (...) a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos. (Punto 34).

Añadiéndose posteriormente que:

(...) Los programas de estudios científicos deberían incluir la ética de la ciencia, así como una formación relativa a la historia, la filosofía y las repercusiones culturales de la ciencia. (Punto 41).

En el *Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción* (UNESCO-ICSU, 1999b) elaborado también durante la *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI*, se proclama que:

La estructura de los centros docentes y la concepción de los planes de estudios deberían ser suficientemente abiertas y flexibles a fin de ajustarse a las nuevas necesidades de la sociedad. Los científicos jóvenes deberían aprender a conocer y comprender las cuestiones sociales, así como a estar en condiciones de moverse fuera de su campo de especialización (Punto 69).

Tal y como señalan Acevedo y otros (2003), “estos planteamientos sociales y democratizadores de la ciencia y la tecnología exigen una nueva visión más contextualizada de ambas, capaz de armonizar las complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, así como dar la importancia cultural que le corresponde a la educación y popularización de la ciencia y la tecnología para el conjunto de la sociedad”.

De hecho, esta democratización de la ciencia y de la tecnología fue planteada en la *Declaración de Santo Domingo. La ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y un marco de acción*, elaborada en la reunión de la UNESCO celebrada en marzo de 1999

en Santo Domingo (República Dominicana), proponiendo para su logro tres grandes metas (UNESCO-Montevideo, 1999):

...la ampliación del conjunto de seres humanos que se benefician directamente de los avances de la investigación científica y tecnológica, la cual debiera privilegiar los problemas de la población afectada por la pobreza; (ii) la expansión del acceso a la ciencia, entendida como un componente central de la cultura; y (iii) el control social de la ciencia y la tecnología y su orientación a partir de opciones morales y políticas colectivas y explícitas (punto 2.3).

Otro ejemplo interesante, que está de acuerdo con los principios del movimiento CTS y que han citado Acevedo y otros (2003), es el *Proyecto 2000+* (UNESCO, 1994), en el que se incide claramente en la relevancia personal y social para los estudiantes como rasgo esencial de la alfabetización científica y tecnológica. En éste se sostiene que, entendida en su sentido más amplio, la alfabetización científica y tecnológica significa mucho más que una alfabetización funcional, aunque ésta también sea importante; sobre todo incluye la capacidad personal para aplicar conceptos, estrategias y procedimientos científicos y tecnológicos en la vida diaria, en el trabajo y en la cultura de una sociedad. Supone, por tanto, la disposición de actitudes y valores que permitan distinguir entre los usos adecuados e inapropiados de la ciencia o la tecnología. Estas ideas permanecen y se amplían en un documento más reciente de la UNESCO-PROAP (2001), donde una vez más las orientaciones CTS definen explícitamente los principales rasgos de una alfabetización científica y tecnológica destinada a todas las personas (Acevedo et al., 2003).

En este punto debemos señalar, como ya han hecho reiteradamente miembros de nuestro grupo (Gil et al., 2000; Solbes, Vilches y Gil, 2001; Vilches y Gil, 2003; Gil Pérez et al., 2003; Edwards et al., 2004; Gil y Vilches, 2006), que a lo largo de las dos últimas décadas, se han multiplicado los llamamientos de diversos organismos y conferencias internacionales para que los educadores de todas las materias y niveles contribuyamos a que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de los problemas y desafíos a los que se enfrenta la vida en nuestro planeta y puedan así participar en la necesaria toma de decisiones fundamentadas (UNESCO, 1987; Council of the Ministres

of Education of the European Community, 1988; Naciones Unidas, 1992; Delors et al., 1996).

Ante estos llamamientos (Gil et al., 2000) se preguntan por qué se insiste hoy en que todos los educadores incorporem la atención al estado y futuro del mundo como una dimensión esencial de nuestra actividad. Cabe recordar -afirman- que, hasta la segunda mitad del siglo XX, nuestro planeta parecía inmenso, prácticamente sin límites, y los efectos de las actividades humanas quedaban localmente compartimentalizados (Fien, 1995). Esos compartimentos, sin embargo, han empezado a disolverse durante las últimas décadas y muchos han adquirido un carácter global que ha convertido “la situación del mundo” en objeto directo de preocupación (Bybee, 1991; Fien, 1995). Informes provenientes de instituciones internacionales como el Worldwatch Institute, reuniones y conferencias mundiales o el mismo Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo nos vienen proporcionando, año tras año, una visión bastante sombría -pero, desgraciadamente, bien fundamentada- del estado del mundo (Comisión del medio ambiente y del desarrollo, 1988; Naciones Unidas, 1992; Worldwatch Institute, 1984-2009). Ésa es la razón de los llamamientos realizados a todos los educadores para que incorporem la situación del mundo a nuestra labor docente (García Gómez y Nando Rosales, 1998 y 2000; García Gómez 2002). Unos llamamientos que alcanzaron especial énfasis durante la llamada Conferencia de Río -en la que participaron más de 120 Jefes de Estado y 14000 Organizaciones no Gubernamentales-, cuya Agenda 21 (Naciones Unidas, 1992) reclamaba explícitamente que todos los educadores -cualesquiera que sea nuestro campo específico de trabajo- contribuyamos a hacer posible la participación ciudadana en la búsqueda de soluciones. No podemos, pues, seguir educando a los jóvenes “como si no hubiera una situación de emergencia planetaria” (Orr, 1995).

En el artículo “Década de la Educación para un futuro sostenible (2005-2014). Un necesario punto de inflexión en la atención a la situación del planeta” de Gil-Pérez et al. (2006), se señala que una primera y seria dificultad estriba en la falta de tradición en el sistema educativo para abordar problemáticas globales, como la situación del mundo, que requieran un tratamiento sistémico (Morin, 2001). Los problemas son estudiados, en el mejor de los casos, aisladamente, sin realizar un esfuerzo de integración. Ni siquiera cuando el currículo incluye elementos de educación ambiental se suele estudiar

la problemática global de la situación del mundo, dado que, como ha señalado la investigación, se abordan, en general, problemas ambientales con enfoques locales -aquí y ahora- y reduccionistas. Es decir, se pone el acento casi exclusivamente en el medio “natural”, sin tomar en cuenta sus relaciones con otros factores económicos, culturales, políticos... estrechamente relacionados (González y De Alba, 1994; Tilbury, 1995).

Es por tanto necesario elaborar un panorama general de los problemas y desafíos que caracterizan el estado del mundo, realizando un esfuerzo de globalización que evite el reduccionismo causal que puede afectar al estudio de los problemas científicos (Solbes, Vilches y Gil, 2001). Como han señalado numerosos autores, la atención al futuro del planeta está siendo escasa incluso entre quienes trabajan en el campo de la educación ambiental (Hicks y Holden, 1995; Travé y Pozuelos, 1999; Andersson, 1999), hasta el punto de que la mayoría de los trabajos en ese campo “se enfocan exclusivamente a los problemas locales, sin derivar hacia la globalidad” (González y de Alba, 1994).

Es preciso insistir en la necesidad de superar las visiones fragmentarias que de esta problemática tenemos los profesores de ciencias (Gil et al., 2000; Vilches y Gil Pérez, 2007b) y, más aún, es preciso comprender que se trata de una problemática que afecta a los docentes de todas las áreas. Como afirma Daniella Tilbury (1995), “los problemas ambientales y del desarrollo no son debidos exclusivamente a factores físicos y biológicos, sino que es preciso comprender el papel jugado por los factores estéticos, sociales, económicos, políticos, históricos y culturales”.

La dimensión CTSA, pues, no solo impregna toda la educación científica y tecnológica, sino que constituye un puente entre la educación científica y la educación general (Solbes, Vilches y Gil, 2001).

Sin embargo, a pesar de la importancia concedida por investigadores e instituciones a la necesidad de contemplar la orientación CTSA en los cursos de ciencias, debemos llamar la atención sobre las críticas y reticencias que estas propuestas han generado (Gil y Vilches, 2001; Acevedo et al., 2003). En todos estos años de avances en el campo de la didáctica, no ha tenido lugar paralelamente una implantación de los resultados en las clases de ciencias (Solbes y Vilches, 2000 y 2002) y, cabe esperar la misma situación en las clases de tecnología. Aunque las nuevas propuestas curriculares - fundamentadas en

rigurosas investigaciones- están incorporando, en numerosos países, el enfoque CTSA como elemento esencial de la educación científica, se están detectando serias discrepancias entre los diseños curriculares y la actividad en el aula. Muy concretamente, podemos afirmar que la mayoría de los profesores de ciencias - incluidos los autores de textos escolares- sigue prestando una insuficiente atención a los contenidos CTSA (Solbes y Vilches, 1997).

En este sentido, hace ya casi dos décadas Solbes y Vilches (1989) realizaron una investigación sobre cómo eran tenidas en cuenta las relaciones CTS y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias en nuestro país. En dicho trabajo se puso de manifiesto la poca o nula atención prestada, en general, por la enseñanza a los aspectos de relación CTS. Es decir, la enseñanza habitual, a través de los libros de texto, contribuye a mostrar una imagen de la ciencia y los científicos alejada de los problemas reales del mundo, que no tiene en cuenta los problemas sociales, económicos, tecnológicos, éticos, medioambientales, etc., que enmarcan el desarrollo científico. Dichos libros de texto presentan las teorías y las leyes sin conexión con los problemas que tratan de resolver y con los que se relacionan, sin tener en cuenta su incidencia en la concepción del mundo, en problemas de organización social. Así mismo, muestran una imagen neutral de la ciencia y los científicos, por encima de las ideologías, que ignora los graves conflictos históricos y su papel dinamizador del propio desarrollo científico (Gil et al., 1991).

Se omite, por tanto, la estrecha interacción existente entre el conocimiento científico y tecnológico y otros campos como la filosofía, la historia, la ética, la religión o la economía y, como consecuencia, tampoco se tiene en cuenta la importancia de la sociedad en el desarrollo científico y tecnológico, como la influencia de las ideas socialmente dominantes en la elección de temas de investigación, las prioridades comerciales en la innovación tecnológica, las decisiones sobre los recursos destinados a investigación y desarrollo (I+D). En definitiva, no tienen en cuenta el hecho de que la ciencia y la tecnología avanzan en una determinada dirección, influidas por el tipo de sociedad en que se desarrollan (Jiménez y Otero, 1990), por las instituciones que las financian, lo que supone un claro condicionamiento al desarrollo científico.

Tampoco se atiende, en general, en los libros de texto a las implicaciones de la ciencia y la tecnología en el medio ambiente, a los problemas que han contribuido a resolver

(mejor conocimiento del medio y de los seres vivos, mejora de cosechas y de la productividad, investigaciones en el campo de la contaminación y propuestas para el uso de energías alternativas, reciclado y reutilización de recursos y bienes, etc.) ni tampoco a los problemas generados por el enorme desarrollo científico y tecnológico del siglo XX, es decir, a las consecuencias negativas de un crecimiento acelerado caracterizado por la búsqueda de beneficios a corto plazo y que ha resultado muy perjudicial para el medio físico y los seres vivos (problemas de contaminación ambiental, agotamiento de recursos, degradación de los ecosistemas, destrucción de la biodiversidad, desertización, etc.).

Los resultados del análisis de textos son coherentes con los obtenidos en un trabajo posterior de Solbes y Vilches (Caamaño et al., 1995) llevado a cabo con 120 profesores de secundaria de física y de química, que participaban en cursos de formación del profesorado. Dos tercios de los mismos consideraban que la ausencia de las interacciones CTS en la enseñanza es causa del desinterés de los estudiantes. Sin embargo, casi el 90% de los profesores encuestados ignora estos aspectos al analizar materiales de uso habitual en las clases de física y de química. Es de esperar, por tanto, que la mayoría del profesorado no transmitirá a los estudiantes una imagen completa y contextualizada de la ciencia. Muchos explicaron su actitud de no abrir su disciplina a la vida cotidiana en base a problemas estructurales, de horario, por la extensión de los contenidos oficiales, por la necesidad de preparar a los estudiantes para acceder a estudios científicos posteriores, pero sin desarrollar los contenidos que promueven la adquisición de conocimientos útiles para comprender el entorno científico y técnico. Coincidiendo con otros trabajos (Hodson, 1992a), se encontró que más de la mitad de los 120 profesores y profesoras encuestados, cuando se les pedía que elaboraran una actividad CTS, proponían actividades de relación ciencia tecnología, en general, simples *aplicaciones* de la química o de la física, confirmando la concepción de la tecnología como aplicación de la ciencia. Son muchos los profesores y profesoras que rechazan como no científicas las cuestiones de implicaciones ciencia, tecnología y sociedad, y por eso parecen tener poco éxito entre los docentes los libros y proyectos que tienen en cuenta las relaciones CTS.

Como consecuencia de esta imagen de la física y de la química que muestra la enseñanza habitual, se comprobó (Solbes y Vilches, 1992) coincidiendo con otros

trabajos (Schibeci, 1986; Aikenhead, 1987 y 1988; Boyer y Tiberghien, 1989; Ryan, 1990, etc.) que, en general, los estudiantes tienen una visión de la ciencia alejada del mundo en que viven, muestran una imagen tópica de la ciencia, los científicos y el modo en que trabajan, desconocen las mutuas relaciones entre la ciencia, la tecnología y el medio natural y social en que están inmersas e ignoran el papel jugado por la ciencia a lo largo de la historia de la humanidad así como la influencia del medio social en el desarrollo científico y tecnológico.

Todo ello contribuye al desinterés de los estudiantes hacia la física y la química y el rechazo hacia su estudio, como se confirmó en dicho trabajo a través de la valoración negativa que realizaron de la enseñanza de la física y de la química que habían recibido, así como por el desinterés mostrado hacia las diferentes actividades relacionadas con la física y la química. Esto es comprensible si tenemos en cuenta, como ya hemos señalado, la forma en que la enseñanza habitual presenta dichas materias. De hecho, los estudiantes encuestados citaron muchos aspectos y temas concretos relacionados con las interacciones CTS A para incluir en un curso de física o de química que pudiera resultar interesante para ellos, como, por ejemplo, aplicaciones concretas de ambas disciplinas, los problemas que resuelven o plantean, los nuevos materiales, debates sobre temas científicos de actualidad, estudio de la química de los colorantes y aditivos, temas relacionados con el medio ambiente y los problemas generados por el desarrollo, actividades de implicación con el medio exterior, etc.

Recientemente se ha venido observando en nuestro país una evolución positiva en cuanto a la atención prestada a las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la educación científica (Solbes y Vilches, 2004). La incorporación explícita en el currículo de objetivos y contenidos CTS A para la secundaria y el bachillerato, así como el impulso que han supuesto las numerosas investigaciones y propuestas en ese campo de la investigación didáctica, han potenciado algunos avances en cuanto a la situación anterior a la reforma educativa. Así, por ejemplo, algunos trabajos han detectado una mayor atención a estos aspectos en los libros de texto y materiales de secundaria, sobre todo en lo que se refiere a las *aplicaciones de la ciencia* y a sus relaciones con el medio ambiente. Coherentemente, esta atención se ha visto reflejada también en los resultados encontrados al estudiar las visiones de los estudiantes de secundaria acerca de las relaciones CTS A en comparación con la situación anterior. Actualmente los estudiantes



muestran un mayor conocimiento de las «aplicaciones» tecnológicas de la ciencia o su impacto medioambiental (Marco, 2000; Membiela, 2001; Caamaño, 2001; Manassero y Vázquez, 1998, 2001; Solbes y Vilches, 1997 y 2001). Pero, a la vez, en estos trabajos se insiste en que la situación, a pesar de los avances, no es todo lo positiva que debería ser, ya que esta dimensión de la educación científica, considerada fundamental por la investigación didáctica, sigue sin ser tomada en cuenta de forma adecuada, cuando no completamente ignorada (Solbes y Vilches, 2004).

Este hecho nos lleva de nuevo a pensar en el papel jugado por el profesorado en el proceso de implantación de las nuevas propuestas curriculares. Tal y como afirman Solbes, Vilches y Gil (2001) numerosos profesores consideran el enfoque CTSA como una desviación de los “auténticos” contenidos científicos que, además de exigir un tiempo no siempre disponible, introduce derivaciones políticas e ideológicas que “se salen del marco objetivo de lo científico” y pueden hacernos caer en lo subjetivo y opinable. Una desviación que, en ocasiones, asocian a la ampliación de la escolaridad obligatoria y a la consiguiente “rebaja” de las exigencias de la educación científica, para que sea asequible para todos.

Es necesario añadir, a este respecto, que una tesis aceptada por bastantes diseñadores de currículos, que viene a apoyar las reticencias de muchos profesores, es que la educación científica ha estado orientada hasta aquí para preparar a los estudiantes como futuros científicos. *Por ello* -se afirma- los currículos planteaban, como objetivos prioritarios, que los estudiantes supieran, fundamentalmente, los conceptos, principios y leyes de esas disciplinas. Dicha orientación ha debido modificarse -se añade- *a causa de* que la educación científica se plantea ahora como parte de una educación general para todos los futuros ciudadanos y ciudadanas (Gil y Vilches, 2004).

Incluso algunos investigadores parecen aceptar esta contraposición entre educación científica para todos y preparación de los futuros científicos. Es preciso pronunciarse con claridad contra estas explicaciones de los cambios curriculares. Una educación científica, como la practicada hasta ahora, centrada en los aspectos conceptuales, es igualmente criticable como preparación de futuros científicos, hecho que ha puesto de manifiesto la investigación didáctica, la cual ha mostrado que esta enseñanza dificulta, paradójicamente, el aprendizaje conceptual. En efecto, la investigación didáctica, tanto

en el campo de las preconcepciones como en el de los trabajos prácticos, le resolución de problemas, etc. está mostrando que *“los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones, con tal que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión”* (Hodson, 1992a). Dicho con otras palabras, lo que la investigación está mostrando es que la comprensión significativa de los conceptos exige superar el reduccionismo conceptual y plantear la enseñanza de las ciencias como una actividad, próxima a la investigación científica, que integra los aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos (Gil y Vilches, 2004). Tras el enfoque CTSA no debe verse, pues, una propuesta para hacer asequible la ciencia a la generalidad de los ciudadanos, sino una reorientación de la enseñanza absolutamente necesaria también para los futuros científicos.

La necesidad de contemplar las relaciones CTSA en la educación científica parece, por tanto, haber encontrado el reconocimiento tanto de instituciones como de investigadores. Sin embargo, como hemos señalado en el apartado anterior, la tecnología ha estado olvidada durante años tanto en la educación general como por la educación científica.

Recapitulando, tal y como planteamos en nuestra hipótesis, pensamos que, del mismo modo que ocurre en la educación científica, la educación tecnológica no prestará suficiente atención a las relaciones CTSA y, consecuentemente, a la actual situación del mundo. Dicho de otro modo, hasta aquí hemos venido mostrando cómo la investigación en didáctica de las ciencias ha puesto de manifiesto la escasa atención prestada por la educación científica a las relaciones CTSA y, más concretamente a las relaciones entre ciencia y tecnología. Por otra parte, diversos autores han constatado la existencia de percepciones distorsionadas de la ciencia y de su relación con la tecnología mostrando, generalmente, la tecnología como “ciencia aplicada”. Pensamos, por tanto, que estas investigaciones fundamentan nuestra primera hipótesis, según la cual **la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**

Cabe preguntarse en este punto, por otras posibles causas que dificultan, según nuestra hipótesis, que la enseñanza habitual de la tecnología no preste suficiente atención a las

relaciones CTSA y se muestre como “ciencia aplicada”. Debemos recordar, como ya hemos hecho en otras ocasiones en este trabajo, que la tecnología como área del currículum común de educación secundaria es relativamente “joven”. Hasta hace unos años, se limitaba a los cursos de formación profesional, dirigidos a formar técnicos y reservados, generalmente, a los alumnos con peores resultados académicos (Maiztegui et al., 2002). Por otra parte, como veremos en el siguiente apartado, la existencia de diferentes definiciones, propuestas y modelos sobre la tecnología y sobre el desarrollo tecnológico, dificulta alcanzar un acuerdo aceptado mayoritariamente sobre qué es la tecnología, lo cual repercute de forma directa en las finalidades de la educación tecnológica.

#### **2.2.4. ¿Qué entendemos por *tecnología*?**

Un buen punto de partida para comenzar el análisis del concepto “tecnología” podría ser empezar por su significado en los diccionarios. Por ejemplo, según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, vigésimo primera edición, 2001 (p.2144) tenemos cuatro posibles definiciones:

- 1) Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.
- 2) Tratado de los términos técnicos.
- 3) Lenguaje propio de una ciencia o de un arte.
- 4) Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.

Tan solo con estos significados, ya podemos observar que se trata de un concepto complejo. En la primera definición se hace referencia al *aprovechamiento práctico del conocimiento científico* (definición que incide directamente en la distorsión que hemos conjeturado), en la tercera se menciona un *lenguaje propio* y, por último, tenemos definida la tecnología como *una colección de artefactos y procesos*.

Obviamente, no vamos a quedarnos simplemente con la definición de la palabra *tecnología*. Es necesario profundizar, como ya han hecho numerosos autores, en algunas cuestiones que giran en torno a ella y que nos darán algunas claves para

comprender su importancia. Plantearemos a continuación algunos puntos de vista expuestos por diferentes autores.

La respuesta a la pregunta “qué entendemos por tecnología” no es, en absoluto, sencilla. El término “tecnología” es complejo; hoy en día tiene numerosos significados, dependiendo del punto de vista y del contexto en el que se utilice (Sanmartín, 1990; González et al., 1996; Osorio, 2002; Acevedo, 2006). Además, hay que tener en cuenta que su significado ha ido evolucionando en el tiempo, pasando de tener un significado estricto en los siglos XVIII y XIX a un significado mucho más amplio en la actualidad (Winner, 1979; Osorio, 2002).

La definición más extendida y a la vez más restringida del término tecnología es aquella que asocia tecnología y ciencia aplicada. Según López-Cerezo y Luján (1998), esta definición corresponde al «modelo lineal de innovación» establecido a partir del contrato social para la ciencia aparecido al finalizar la II Guerra Mundial. Este modelo tiene tres principales características:

- 1.- La tecnología es ciencia aplicada. El desarrollo tecnológico depende directamente de la investigación en ciencia básica, la cual es el único modo de conseguir nuevo conocimiento.
- 2.- El nuevo conocimiento científico se utiliza para desarrollar nuevas aplicaciones tecnológicas para resolver problemas prácticos, lo que da lugar a resultados sociales positivos y a bienestar social.
- 3.- Como el conocimiento científico es socialmente beneficioso, debe ser el estado quien se encargue principalmente de la financiación.

Como bien señalan los autores de este artículo:

...en este modelo la tecnología no plantea problemas epistemológicos o éticos destacables. Es un mero instrumento, un eslabón intermedio entre la ciencia y la satisfacción de demandas sociales. No es de extrañar que la tecnología pasara

desapercibida durante mucho tiempo para la filosofía, las humanidades y las ciencias sociales.

Sin embargo, como afirman López-Cerezo y Luján, entre finales de los años 60 y principios de los 70 este modelo comienza a ser cuestionado debido, en gran medida, a la evidente dependencia de la economía, las instituciones y las formas de vida respecto de la tecnología, así como las graves repercusiones ambientales o dilemas éticos y jurídicos suscitados por determinados desarrollos tecnológicos.

Winner (1979) propone una definición “múltiple” y compleja de la tecnología. Por una parte, estarían los aparatos con los cuales la gente comúnmente identifica a la tecnología - herramientas, dispositivos, instrumentos, máquinas, artefactos- y que sirven para una gran variedad de funciones. Por otra, el término tecnología agruparía también todo el cuerpo de actividades técnicas - habilidades, métodos, procedimientos, rutinas- empleadas por la gente para la realización de tareas y a lo que se puede llamar “técnica” en términos generales. Por último, el término tecnología se refiere también a algunas de las variedades de la organización social, aquéllas que tienen que ver con los dispositivos sociales técnicos, que involucran la esfera racional-productiva.

Por su parte, Pacey (1983) propone un modelo conceptual de la tecnología, al que denomina *práctica tecnológica*, el cual abarca tres dimensiones: *técnica*, *organizativa* e *ideológico-cultural*. En este modelo, la dimensión técnica se correspondería con lo que habitualmente se entiende, de manera restrictiva, como los aspectos técnicos de la tecnología. Esta dimensión completada con las otras dos, la organizativa y la ideológico-cultural, permite construir un significado general de la tecnología. Si tan solo se presta atención a la dimensión técnica, es decir, el intento por solucionar un problema, ignorando las posibles consecuencias de esa práctica, se incurre en una visión restringida de la tecnología ya que no se tienen en consideración las repercusiones sociales de la misma. Posteriormente, Pacey (1999) añade una cuarta dimensión al modelo propuesto: *la experiencia personal*, incluyendo en ésta el papel de lo emotivo y la axiología propia de cada individuo, esto es, los sentimientos y los valores personales sobre la tecnología (Acevedo, 1998 y 2006).

Pacey (1983) propone que el análisis, la valoración y la gestión de la tecnología se hagan tomando como referencia las tres dimensiones en su conjunto, ya que los cambios en aspectos de cualquiera de ellas pueden producir ajustes y modificaciones en los de las otras dos (Acevedo, 1998 y 2006). Además, mientras que las concepciones de la tecnología restringidas a la dimensión técnica tienden a proponer soluciones exclusivamente técnicas a los problemas tecnológicos de interés social, Pacey considera que muchas de las soluciones a los mismos dependen en mayor grado de cambios en las dimensiones organizativa e ideológico-cultural. Sin duda, esta otra forma de abordar los problemas tecnológicos que afectan a la sociedad puede favorecer la participación social para su resolución, por lo que es probable que las soluciones lleguen a estar más de acuerdo con los deseos e intereses de los ciudadanos (Acevedo, 1998 y 2006).

Otro autor que ha profundizado en la definición de tecnología ha sido Kline (1985), el cual propone diversos significados:

- El conjunto de productos artificiales fabricados por las personas (herramientas, instrumentos, máquinas, artefactos y todo tipo de sistemas).
- Los conocimientos técnicos, metodologías, capacidades y destrezas necesarias para poder diseñar y realizar las tareas productivas (actividades relacionadas con la pericia técnica, el saber hacer o *know-how*).
- Los recursos humanos y materiales del sistema sociotécnico de producción.
- El sistema sociotécnico necesario para el uso y mantenimiento de los productos fabricados, incluyendo los aspectos legales.

La mayoría de las personas suelen tener en cuenta las tres primeras acepciones del término, pero se olvidan de la importancia de la última. La primera de ellas, que es posiblemente la más popular, corresponde a la tradicional imagen instrumental o artefactual de la tecnología procedente de la ingeniería, un punto de vista que aísla a los productos tecnológicos de su entramado social (González et al., 1996; Quintanilla, 1998). Esta definición instrumental de la tecnología se corresponde con la tradicional *visión de túnel* de la ingeniería, al considerar que la tecnología empieza y termina en la máquina (Pacey, 1990).

Por otra parte, Quintanilla (1998) señala que, junto al término tecnología, existen otros términos que se utilizan indistintamente y, sin embargo, no tienen el mismo significado, por lo que existe una “ambigüedad sistemática” en la utilización de éstos: «tecnología» y «técnica», «artefacto técnico», «conocimiento técnico» y «sistema técnico». Mostramos a continuación la diferencia establecida, según Quintanilla, entre técnica y tecnología:

Se entiende por técnica un conjunto de habilidades y conocimientos que sirven para resolver problemas prácticos (...). Por tecnología se entiende un conjunto de conocimientos de base científica que permiten describir, explicar, diseñar y aplicar soluciones técnicas a problemas prácticos de forma sistemática y racional.

Otra distinción que establece Quintanilla y que merece ser destacada es la referida a las «técnicas», «artefactos» y «sistemas técnicos»:

Las técnicas son entidades culturales o formas de conocimiento: algo que se puede aprender y transmitir a través de diferentes procesos de aprendizaje, como se transmite cualquier información cultural. En cambio, los artefactos son entidades materiales, concretas, que se pueden manipular, usar, construir y destruir (...) Por su parte, los sistemas técnicos son como los artefactos, entidades concretas, pero incluyen, como partes de ellos, a los agentes intencionales que utilizan, diseñan o controlan los artefactos.

Este autor, a su vez, distingue tres grandes orientaciones o enfoques en las teorías sobre la técnica y la tecnología: el enfoque instrumental, el cognitivo y el sistémico. Osorio (2002) analiza cada uno de los enfoques, los cuales resumimos brevemente a continuación:

- **El enfoque instrumental** hace referencia a la tecnología vista como colección o grupo de herramientas, artefactos y máquinas. Tal vez, ésta sea una de las visiones más extendidas en la vida cotidiana. Así lo muestran estudios sobre las actitudes de los alumnos hacia la tecnología, (PATT = Pupils Attitudes Towards Technology), realizados en Holanda, y más tarde extendidos a otros países, los cuales muestran que los alumnos mayoritariamente ven la tecnología como un conjunto de productos (De Vries, 1996).

- Desde el **enfoque cognitivo** se considera la tecnología como el resultado de la aplicación de conocimientos teóricos. En función de la naturaleza de estos conocimientos, algunos autores (Bunge, 1966; Sanmartín, 1990) establecen una distinción entre dos tipos de técnicas: precientíficas y ciencia aplicada. Las primeras serían producto de la experiencia, más propia de oficios artesanos en las que los conocimientos adquiridos por el maestro pasan al aprendiz por simple imitación de las técnicas utilizadas. Las segundas son las basadas en un conocimiento científico previamente dilucidado. Tanto la primera como la segunda pueden tener una base científica sólida; la diferencia es que las técnicas precientíficas no se han aplicado teniendo conocimiento científico previo. Tal y como afirma Quintanilla:

Para el enfoque cognitivo las técnicas empíricas son formas de conocimiento práctico, las tecnologías son ciencia aplicada a la resolución de problemas prácticos, y el cambio técnico consiste en el progreso del conocimiento y de sus aplicaciones, siendo sus fuentes principales la invención técnica y el desarrollo y la aplicación del conocimiento científico.

- Por último, **el enfoque sistémico** es el que entiende la tecnología como un sistema complejo. Este modelo, según el propio autor, es el más “realista y comprensivo”. Según este enfoque, un sistema técnico sería un dispositivo complejo, compuesto de entidades físicas y de agentes humanos cuya función es transformar algún tipo de cosas para obtener resultados característicos del sistema. Entender la tecnología como un sistema complejo significa tener en cuenta todos sus componentes: instrumentos, habilidades, procesos de producción y control, mantenimiento, cuestiones organizativas, recursos legales, recursos naturales, aspectos científicos, repercusiones sociales, medioambientales, etc.

Señalar que, en este sentido, han sido diversos autores los que se han referido a la tecnología como sistema. Tal y como señala Osorio (2002), Pacey propone comprender la tecnología sobre la base de una práctica social, con una serie de componentes interrelacionados. Una propuesta aún más específica, sobre el sistema y la relación con las personas, es la de sistema socio-tecnológico (Wynne, 1983). Y una extensión de esta última es la de socioecosistema tecnológico, que permite proporcionar un



tratamiento unificado a los problemas de gestión de la innovación tecnológica y la intervención ambiental (González et al., 1996).

En este sentido, Hughes (1983) sostiene que los sistemas tecnológicos tienen una doble dimensión: física y social. Para Hughes los aspectos sociales y organizativos tienen la misma importancia que la parte física del sistema tecnológico y para comprender bien un sistema tecnológico, se deben tener en cuenta ambas dimensiones: aspectos organizativos, diseño y funcionamiento del sistema, repercusiones sociales que provoca, etc.

Según Quintanilla (1998), “las consecuencias que se derivan de adoptar uno u otro enfoque en el análisis de la técnica no carecen de importancia”.

El enfoque instrumental de la tecnología trae consigo algunas consecuencias que deben tenerse en cuenta. Vista la tecnología como un conjunto de instrumentos, fuera de todo contexto social, político, económico y cultural, se asume su carácter neutral. Una tecnología no es buena ni es mala, dependerá del uso que se haga de ella. De este modo, todo el peso de las decisiones tecnológicas queda en manos de los expertos en la materia y éstos son los que deciden sobre lo que es tecnológicamente "correcto y objetivo" (González et al., 1996).

El enfoque cognitivo trae asociada una de las visiones deformadas más extendida que se tienen de la tecnología: la que entiende el término tecnología como “ciencia aplicada” (Sanmartín, 1990; De Vries, 1996; Sánchez Ron, 1998; Acevedo, 2001; Maiztegui et al., 2002; Fernández et al., 2002, 2003 y 2005; Buch, 2003; Acevedo et al., 2003; Osorio, 2003; Gil-Pérez, Vilches y Ferreira Gauchía, 2008). Bunge (1966) habla de tecnología y “ciencia aplicada” como términos sinónimos. De este modo, se establece una división jerárquica entre ciencia y tecnología, en la cual, como ya se ha comentado, la ciencia pura se encuentra “por encima” de la tecnología, la cual se limita a concretar en “aplicaciones tecnológicas” las ideas científicas.

Debido a esta división jerárquica, se establecen ámbitos de actuación para la ciencia y para la tecnología: la ciencia pertenece al ámbito de la racionalidad y la tecnología al ámbito de “lo manual”. La tecnología se convierte así en una actividad de menor estatus

social que la ciencia (De Vries, 1996; Cajas, 1999; Cajas, 2001; Martín Gordillo y González, 2002).

En síntesis, en este apartado hemos mostrado brevemente la complejidad de un término hoy en día tan cotidiano como es el de tecnología y, como hemos podido constatar, existen diferentes definiciones, propuestas y modelos sobre la tecnología y sobre el desarrollo tecnológico, **algunas de las cuales son coincidentes con visiones deformadas y empobrecidas que la investigación ha puesto de manifiesto, lo que contribuye a fundamentar nuestra primera hipótesis.** Como hemos comentado en otra ocasión, la dificultad para alcanzar un acuerdo aceptado mayoritariamente sobre qué es la tecnología repercute de forma directa en las finalidades de la educación tecnológica (Acevedo, 1998).

Teniendo en cuenta nuestra hipótesis y todo lo comentado para su fundamentación, expondremos en el siguiente capítulo los diseños para su puesta a prueba.

## **Referencias bibliográficas en este capítulo 2**

- ABELL, S. K. y SMITH, D. C. (1994). What is science?: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16 (4), 475-487.
- ABRAMS, E. y WANDERSEE, J.H. (1995). How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. *International Journal of Science Education*, 17(6), 683-694.
- ACEVEDO, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 35-44.
- ACEVEDO, J. A. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las ciencias*, 16(3), 409-420.
- ACEVEDO, J. A. (2001). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. Sala de Lecturas CTS+I de la OEI. <http://www.campus-oei.org/salacts/acevedo5.htm> (Versión corregida y actualizada de la publicada en *Alambique* 3, 75-84).
- ACEVEDO J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198-219.
- ACEVEDO DÍAZ, J. A. y VÁZQUEZ ALONSO, A. (2003). (Editorial) Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.2 N° 3*.
- ACEVEDO DÍAZ, J. A., VÁZQUEZ ALONSO, A. y MANASSERO MAS, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2 N° 2*.
- AIKENHEAD, G.S. (1985). Science curricula and social responsibility. En R.W. Bybee (Ed.): *Science-Technology-Society*, 128-143. Washington DC: NSTA.

- AIKENHEAD, G.S. (1987). High-School graduates' beliefs about Science-Technology-Society III Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education* 71 [4], 459-487.
- AIKENHEAD, G.S. (1988). An Analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 [8], 607-629.
- ANDERSSON, B. (1999). Evaluating students' knowledge, understanding and viewpoints concerning "The State of the World" in the spirit of "developmental validity". University of Göteborg. Sweden. En *Research in Science Education. Past, Present, and Future*. Vol 1. Second International Conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.). August 31- September 4, Kiel, Germany, 149-151.
- ANDERSON, R. D. y MITCHENER, C. P. (1994). Research on Science Teacher Education. In D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 3-44. New York: McMillan.
- APPLETON, K. y ASOKO, H. (1996). A cas Study of a teacher's progress toward using a construtivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Teacher Education*, 80 (2), 165-180.
- BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. París: Vrin.
- BARROW, D. A. (1991). Critical reflection: A Source of Wonderful Ideas for Changing Classroom Practices. *Journal of Elementary Science Education*, 3 (2), 26-39.
- BELL, B. (1998). Teacher development in Science Education. En Fraser, B.J y Tobin, K.G. (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- BELL, B. F. y PEARSON, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14 (3), 349-361.
- BOYER, R. y TIBERGHIE, A. (1989). Las finalidades de la enseñanza de la Física y la Química vistas por profesores y alumnos franceses. *Enseñanza de las Ciencias* 7 [3], 213-222.
- BRICKHOUSE, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 53-62.
- BRICKHOUSE, N. W. (1993). What count as successful instruction? An account of a teacher's self-assessment. *Science Education*, 77 (2), 115-129.
- BRICKHOUSE, N. W. y BODNER, G. M. (1992). The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (5), 471-485.
- BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199.
- BRISCOE, C. (1993). Using cognitive referents in making sense of teaching. A chemistry teacher's struggle to change assesment practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 971-987.
- BRISCOE, C. y PETERS, J. (1997). Teacher collaboration across and within schools: Supporting individual change in elementary science teaching. *Science Education*, 81 (1), 51-65.
- BUCH, T. (2003). CTS desde la perspectiva de la educación tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32. Mayo-Agosto 2003. En línea en <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a07.htm>
- BUNGE, M. (1966). Technology as applied science. *Technology and Cultura* 7(3), 329-347.
- BUNGE, M. (1976). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- BYBEE, R. (1991). Planet Earth in crisis: How should science educators respond? *The American Biology Teacher* 53 (3), 146-153.

## 2. Formulación y fundamentación de la primera hipótesis

BYBEE, R. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. En Gräber, W. y Bolte, C. (Eds). *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.

BYBEE, R. (2000). Achieving Technological Literacy: A National Imperative. *The Technology Teacher*, September 2000, 23-28.

CAAMAÑO, A. (2001). Presencia de CTS en el currículo escolar español, en Membiela (Ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*, 121-133. Madrid: Narcea.

CAAMAÑO, A., FERNÁNDEZ, L., MARCO, B., MEDIR, M., MEMBIELA, P., OBACH, D., PAREJO, C., SOLBES, J. y VILCHES, A. SOLOMON, J. (1995). *Monografía: La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad. Alambique*, 3.

CAJAS F. (1999). Public understanding of science: Using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education*, 21 (7) 765-773.

CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las ciencias* 19 (2), 243-254.

CARRASCOSA, J. (2005a). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), pp. 183-208.

En línea en: [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_2/Vol\\_2\\_Num\\_2.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_2/Vol_2_Num_2.htm).

CARRASCOSA, J. (2005b). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), pp. 388-402.

En línea en: [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_3/Vol\\_2\\_Num\\_3.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_3/Vol_2_Num_3.htm)

CARRASCOSA, J., GIL, D. y VALDÉS, P. (2004). El problema de las concepciones alternativas, hoy. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 18, 41-63.

CARRASCOSA, J., FERNÁNDEZ, I., GIL, D. y OROZCO, A. (1993). Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y las características del trabajo científico. *Enseñanza de las Ciencias. Volumen Extra*. 43-46.

CHALMERS, A.F. (1992). *La ciencia y cómo se elabora*. Madrid: Siglo XXI.

CLARK, C. y PETERSON, P. (1986). *Teacher' thought processes*. In M. Wittrock (Ed). *Handbook of research on Teaching*. New York: McMillan.

CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.

CORNETT, J. W., YEOTIS, C. y TERWILLINGER, L. (1990). Teacher personal practice theories and their influences upon teacher curricular and instructional actions: A case study of a secondary science teacher. *Science Education*, 74(5), 517-530.

COUNCIL OF THE MINISTRES OF EDUCATION OF THE EUROPEAN COMMUNITY. (1988). Resolution on Environmental Education, Official Journal of the European Communities, (C177/8).

CRONIN-JONES, L.L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 235-250.

## 2. Formulación y fundamentación de la primera hipótesis

DELORS, J. (Coord.) (1996). *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI. Madrid: Santillana. Ediciones UNESCO.

DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998). The epistemology of students : The "thingified " nature of scientific knowledge. En Fraser B. Y Tobin K. (Eds.). *International Handbook of Science Education*, 115-116. London: Kluber.

DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNE, B. y RUEL, F. (1993). La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67.

DE VRIES, M. J. (1996). Technology Education: Beyond the "Technology is Applied Science" Paradigm. *Journal of Technology Education*, 8(1), 7-15.

DRIVER, R. y OLDFHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

DUSCHL, R. A. y WRIGHT, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 467-501.

EDWARDS, M., GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A. y PRAIA, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), 47-63.

ESTANY, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.

FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universidad de Valencia.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, J. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., VILCHES, A., VALDÉS, P., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y SALINAS, J. (2003) El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Monográfico: Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias.

FERNÁNDEZ, I., GIL- PÉREZ, D., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: OREALC/ UNESCO.

FERNÁNDEZ, I. y OROZCO, A. (1995). *La transformación de las concepciones espontáneas sobre la ciencia*. Tesis de Tercer Ciclo. Universidad de Valencia.

FEYERABEND, P. (1989). *Contra el Método*. Barcelona: Ariel.

FIEN, J. (1995). Teacher for sustainable world: The environmental and Development Education Project for Teacher Education. *Environmental Education Research*, 1(1), 21-33.

FRASER, B. J. y TOBÍN, K. G. (1998). *Internacional Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.

FURIÓ, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199.

GABEL, D. L. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: McMillan.

GALLAGHER, J.J. (1971). A broader base for science education. *Science Education*, 55, 329-338.

## 2. Formulación y fundamentación de la primera hipótesis

GALLAGHER, J.J. (1989). *Research on secondary school science teachers' practices, knowledge and beliefs: A basis for restructuring*. In M. Matyas, K. Tobin and B. Fraser (Eds.). *Looking into windows: Qualitative research in science education* (pp. 43-57). (American Association for the Advancement of Science. Washington, DC).

GALLAGHER, J. J. (1991). *Perspectiva and Practicing Secondary School Science Teachers Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science*. *Science Education*, 75(1), 121-133.

GALLAGHER, J.J. y TOBIN, K. (1987). *Teacher management and student engagement in high school science*. *Science Education*, 71(4), 535-555.

GALLEGO A. P. (2007). *Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 4(1), 141-151.

GARCÍA CARMONA, A. (2006). *Concepciones del alumnado de secundaria sobre las Finalidades de la física y su papel en la tecnología*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 188-197.

GARCÍA GÓMEZ, J. y NANDO ROSALES, J. (1998). *¿Son coherentes las actitudes del profesorado ante la educación ambiental con su comportamiento docente?*, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 12, 65-77.

GARCÍA, J. y NANDO ROSALES, J. (2000). *Estrategias didácticas en educación ambiental*. Málaga: Aljibe.

GARCÍA GÓMEZ, J. (2002). *La auditoría ambiental como instrumento educativo. Una experiencia en la formación del profesorado*, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 16, 99-112.

GARDNER, P.L. (1994). *Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum*. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.

GASKELL, P.J. (1992). *Authentic science and school science*. *International Journal of Science Education*, 14(3), 265-272.

GENÉ, A. y GIL, D. (1987). *Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado*. *AndeCHO Pedagógico*, 18, 28-30.

GIERE, R.N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.

GIL, D. (1993). *Contribución de la historia y 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). *Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas*. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 154-164.

GIL, D y CARRASCOSA, J. (1992). *Approaching pupils' learning to scientific construction of knowledge: some implications of the History and Philosophy of Science in science teaching*. *Proceedings of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in science teaching*. Pp. 375-389. Kingston, Ontario. Canadá.

GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGU, N., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTINEZ, J., PESSOA, A. SALINAS, J., TRICÁRICO, H. y VALDÉS, P. (1999). *¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?* *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512.

GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MTNEZ -TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/Universidad de Barcelona. Barcelona: Ed. Horsori.

GIL, D., FURIÓ, C. y GAVIDIA, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64.

GIL, D. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación, *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2003). Technology as “applied science”: a serious misconception of the nature of technology and the *nature of science*. Pp. 342-352. 7th International History, Philosophy of Science and Science Teaching Conference Proceedings. Pp. 342-352. Winnipeg.

GIL, D. y VILCHES, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272.

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005a). Contribution of Science and technological Education to Citizens' Culture. *Canadian Journal of Science, Mathematics, & Technology Education*, 5, (2), 85-95.

GIL, D., VILCHES, A., ASTABURUAGA, R. y EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela* 40, 39-56.

GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. and OLIVEIRA, T. (2003). A Proposal to Enrich Teachers' Perception of the State of the World: first results. *Environmental Education Research*, Vol. 9 (1), 67-90.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, Vol. 14, Nos. 3-5 July, 309-320.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. & FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2008). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education, <http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>).

GIL PÉREZ, D., VILCHES, A., TOSCANO, J.C. y MACÍAS, O. (2006). Década de la Educación para un futuro sostenible (2005-2014). Un necesario punto de inflexión en la atención a la situación del planeta. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40, 125-178.

GILBERT, J.K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 15-24.

GIORDAN A. (1978). Observation - Experimentation: mais comment les eleves apprennent-ils? *Revue Francaise de Pedagogie*, 44, 66-73. Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, número 13.

GLASERSFELD, E. (1989). Cognition, Construction of Knowledge and Teaching, *Synthese*, 80, 121-140.

GÓMEZ, I., IZQUIERDO, M. y SANMARTÍ, N. (1990). Los procedimientos. *Cuadernos de Pedagogía*, 180, 28-31.

GONZÁLEZ, E. y DE ALBA CEBALLOS, A. (1994). Hacia unas bases teóricas de la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias* 12 (1), 66-71.

GONZÁLEZ, M., LÓPEZ CEREZO, J. A., y LUJÁN, J. L. (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid, Tecnos.

GROSSLIGHT, L., UNGER, C., JAY, E. Y SMITH, C. L. (1991). Understanding Models and their use in Science: Conceptions of middle end high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.

GUILBERT, L y MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2, 7-30.

## 2. Formulación y fundamentación de la primera hipótesis

GUSTAFSON, B. J. y ROWELL, P. M. (1995). Elementary preservice teachers: Construncting conceptions about learning science, teaching science and nature of science. *International Journal of Science Education*, 17(5), 589-605.

HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de S. García (1996): *Representar e intervenir*. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, México D.F.: UNAM/Paidós.

HAMMERICH, P. L. (1998). *Confronting students' conceptions of the nature of science with ccooperative controversy*. In: W. F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998) "The nature of science in science education. Rationales and estrategies", pp. 127-133. (Kluwer Academic Publishers. Netherland).

HANEY, J. J., CZERNIAK, CH. M. y LUMPE, A. T. (1996). Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 971-993.

HANSON, N.R. (1958). *Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero (1977): *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Madrid: Alianza.

HARTY, H., SAMUEL, J. V. y ANDERSON, H. O. (1991). Understanding the Nature of Science and Attituds Towards Science and Science Teaching of Preservice Elementary Teachers in Three Preparation Sequences. *Journal of Elementary Science Education*, 3(1), 13-22.

HASWEEH, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63.

HEMPEL, C.G. (1976). *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza.

HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: implications for teachers education. *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440.

HEWSON, P.W., KERBY, H.W. y COOK, P.A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 503-520.

HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995). Exploring the future: a missing dimension in Environmental Education. *Environmental Education Research* 1 (2), 185-193.

HILL, A. M. (1998). Problem Solving in Real-Life Contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 10 (2), 181-206.

HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.

HODSON, D. (1992a). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *Internacional Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.

HODSON, D. (1992b). Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science. *Science Education*, 1(2), 115-144.

HODSON, D. (1993). Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24 (1&2) 41-52.

HODSON, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalization and Politisation of Science Education, *Curriculum Studies*, 2(1), 71-98.

HUGHES, T. P. (1983). *Networks of Power*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press.



- HUIBREGTSE, I., KORTHAGEN, F y WUBBELS, T. (1994). Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development. *International Journal of Science Education*, 16(5), 539-561.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1995). La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal. Publicación del departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Extremadura.
- JIMÉNEZ, M.P. y OTERO, L. (1990). La ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía* 180, 20-22.
- JENKINS, E.W. (1994). Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, 26, 6, 601-611. Traducción castellana (1999): Comprensión pública de la ciencia y enseñanza de la ciencia para la acción. *Revista de Estudios del Currículum*, 2, 2, 7-22.
- KING, B.B. (1991). Beginning Teachers Knowledge of and Attitude Towards History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), 135-141.
- KLIN, S. J. (1985). What is technology? *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 5(3), 215-218.
- KUHN, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LAKATOS, I. (1982). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos.
- LAKATOS, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- LAKIN, S. y WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the "nature of science"? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190.
- LAUDAN, L. (1984). *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press.
- LAUGKSCH, R.C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*, 84, 1, 71-94.
- LAYTON, D. (1988). Revaluing the T in STS. *International Journal of Science Education*, 10(4), 367-378.
- LAYTON, D., DAVEY, A. y JENKINS, E.W. (1986). Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy. *Studies in Science Education*, 13, 27-52.
- LEDERMAN, N. G. y GESS-NEWSOME, J. (1991). Metamorphosis, adaptation or evolution?: Preservice Science Teachers Concerns and Perceptions of Teaching and Planning. *Science Education*, 75(4), 443-456.
- LEDERMAN, N.G. y ZEIDLER, D. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71(5), 721-734.
- LÓPEZ CERREZO, J. A. y LUJÁN J.L. (coords.) (1998). Filosofía de la tecnología, *Teorema* (numero monográfico), XVII/3.
- LYONS, L. L., FREITAG, P. K. y HEWSON, P. W. (1997). Dichotomy in thinking Dilema in actions: Researcher and teacher perspectives on a chemistry teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 239-254.

MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO, J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación Científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 28. Enero-Abril 2002.

MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2001). Actitudes y creencias de los estudiantes relacionadas con CTS, en Membiela, P. (coord.). *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*, pp. 169-162. Madrid: Narcea.

MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (1998). *Opinions sobre ciencia, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports.

MAOR, D. y TAYLOR, P. C. (1995). Teacher epistemology and scientific inquiry in computerized classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(8), 839-854.

MARCO, B. (2000). La alfabetización científica, en Perales, F. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 141-164. Alcoi: Marfil.

MARLAN, P. y OSBORNE, P. B. (1990). Classroom theory, thinking and action. *Teaching and Teaching Education*, 6, 93-109.

MARQUES, R., PEDROSA, A., PAIXAO, F., MARTINS, I., CAAMAÑO, A., VILCHES A., y MARTÍN DÍAZ, M. J. (Coord.) (2008). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Enseñanza de las Ciencias. Educación Científica y desarrollo Sostenible*. V Seminario Ibérico/ I Iberoamericano de CTS no Ensino das Ciências. Aveiro: Universidade de Aveiro. (Actas accesibles en: <http://www.ua.pt/cidttf/leduc/PageText.aspx?id=8703>).

MARTÍN GORDILLO, M. y GONZÁLEZ GALBARTE, J. C. (2002). Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS, en *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 28, enero-abril, Madrid, OEI.

MARTINS, I. P. (Coord.) (2000) *O movimento CTS na Península Ibérica*. Actas del Seminário Ibérico CTS. Aveiro, 6-8 julio 2000. Aveiro: Universidade de Aveiro.

MARTINS, I. (Coord.) (2004). *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

McCOMAS, W.F. Ed. (1998). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers.

McCOMAS, W. F., CLOUGH, M. P. y ALMAZROA, H. (1998). *The role and character of the nature of science in science education*. In W. F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". Pp. 3-39. (Kluwer Academic Publishers. Netherland).

MEICHTRY, Y. (1993). The impact of science curricula on students views about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 429-443.

MELLADO, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science Education*, 6, 331-354.

MELLADO, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Teacher Education*, 82, 197-214.

MEMBIELA, P. (coord.) (2001). *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.

MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos-Servicio Editorial del País Vasco.

MITCHENER, C. P. y ANDERSON, R. D. (1989). Teachers' perspective: Developing and implementing an STS curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 351-369.

MORENO, A. (1988). *Aproximación a la física. Una historia de visionarios, rebeldes y creadores*. Madrid: Mondadori.

MORENO, E. y GARCÍA GÓMEZ, J. (2008). La educación ambiental y el desarrollo sostenible: conceptualización del profesorado de formación inicial de secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 203-218.

MORENTIN, M. y GUIASOLA, J. (2005). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en los futuros maestros y maestras de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso.

MORIN, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós.

MOSTERÍN J. (1990). Prólogo al libro de Estany A., *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.

MUMBY, H. y RUSELL, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. En Fraser, B.J. y Tobin, K.G (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.

NACIONES UNIDAS, (1992). UN Conference on Environmental Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles, París: UNESCO.

NIINILUOTO, I. (1997). Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad? *Arbor*, 620, 285-299.

NUSSBAUM, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, 11, 530-540.

OROZCO, A. y FERNÁNDEZ, I. (1995). *El problema de las concepciones espontáneas sobre la ciencia*. Tesis de Tercer Ciclo. Universidad de Valencia.

ORR, D. W. (1995). Educating for the Environment. Higher Education's Challenge of the Next Century. *Change*, May/June, 43-46. También en ORR D. W., 1996. Educating for the Environment. Higher Education's Challenge of the Next Century. *The Journal of Environmental Education* 27 (3), 7-11.

OSORIO, C. (2002). Enfoques sobre la tecnología. En línea en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <<http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/osorio.htm>>

OSORIO, C. (2003). Aproximaciones a la Tecnología desde los enfoques en CTS. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. <http://www.campusoei.org/salactsi/osorio5.htm>

PACEY, A. (1983). *The Culture of Technology*. Cambridge: Cambridge MIT Press. Trad. de Ríos, R., 1990. *La cultura de la tecnología*. México DF: FCE.

PACEY, A. (1990). *La cultura de la tecnología*. México, Fondo de Cultura Económica.

PACEY, A. (1999). *Meaning in Technology*, Cambridge: The MIT Press.

PAJARES, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: clearing up a muddled construct. *Review of Educational Research*, 62, 307-322.

PERALES PALACIOS, F. J. (2006). *Percepción ambiental en futuros maestros de Educación Primaria*. Comunicación presentada en los XII Encuentros de didáctica de las Ciencias Experimentales, Zaragoza.

- PERALES, F. J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.
- POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278.
- POPPER, K.R. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- PORLÁN, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada Editora.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-167.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.
- PRAIA, J. y CACHAPUZ, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 350-354.
- QUINTANILLA, M. A. (1998). Técnica y Cultura. *Teorema. Revista internacional de filosofía*, Vol. XVII/3.
- QUINTANILLA, M.A. y SÁNCHEZ RON, J.M. (1997). *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Madrid: Santillana.
- RAMSEY, J. (1993). The Science Education Reform Movement: implications for social responsibility. *Science Education*, 77, 2, 235-258.
- REID, D.J. y HODSON, D. (1989). *Science for all*. Londres: Casell. Traducción de M.J. Martín-Díaz y L.A. García-Lucía (1993): *Ciencia para todos en Secundaria*. Madrid: Narcea.
- REYES, L., SALCEDO, L. E. y PREFAN, G. A. (1999). *Acciones y creencias: Tesoro oculto del educador. Tomo I*. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Facultad de Educación Santa Fe de Bogotá, D.C.
- ROTH, W.M. y LUCAS, K.B. (1997). From "Truth" to "Invented Reality": A Discourse Analysis of High School Physics Students' Talk about Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 145-179.
- ROTH, W.M. y ROYCHONDHURY, A. (1994). Students' Epistemologies and Views about Knowing and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30.
- RYAN, A.G. (1990). Los efectos de la región, número de asignaturas de ciencias cursadas y sexo sobre la opinión de los estudiantes canadienses en cuestiones de ciencia, técnica y sociedad. *Enseñanza de las Ciencias* 8(1), 3-10.
- SALINAS, J., CUDMANI, L. y JAÉN, M. (1995). Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 17(1), 55-61.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1994). ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? En Nadal J. (Ed.), *El mundo que viene* (pp. 221-246). Madrid: Alianza.

SÁNCHEZ RON, J. M. (1998). Falsos mitos: Ciencia Vs. Tecnología. Reflexiones sobre política científica. *FUNDACIÓN REPSOL*.

SANMARTÍN, J. (1990) *Tecnología y futuro humano*. Barcelona: Ed. Anthropos.

SCHIBECI, R.A. (1986). Images of science, scientistes and science education, *Science Education* **70** [2], 139-149.

SELLEY, N.J. (1989). The philosophy of school science. *Interchange*, 20(2), 24-32.

SHAMOS, M.H. (1993). STS: A Time for Caution. En R.E. Yager (Ed): *The Science, Technology, Society Movement*. Washington DC: NSTA.

SMITH, H. A. (1980). *What are the needs in pre-college science, mathematics and social science education? A view from the field*. In NSF: A report on the implications to the science community of three NSF sponsored studies of the state of pre-college science education. Pp. 55-78. (NSF: Washington, D.C.).

SJØBERG, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. En S. Sjøberg y E. Kallerud (Eds.): *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy*, pp. 9-28. Oslo: NIFU. [Versión electrónica] en <http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>

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 VILCHES, A. (1989). Interacciones Ciencia/ Técnica/ Sociedad. Un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias* 7 (1), 14-20.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones Ciencia, Técnica, Sociedad. *Enseñanza de las Ciencias* 10 (2), 181-186.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1998). Las interacciones CTS en los nuevos textos de secundaria. En Banet, E. y De Pro, A. (Coord.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, 142-147. Murcia: D.M.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (2000). La introducción de las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las ciencias y su evolución. *Educación Química*, 11(4), 387-394.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (2001). Percepciones del alumnado de ESO y bachillerato acerca de las interacciones CTS. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, VI Congreso, pp. 27- 28.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (2002). Visiones de los estudiantes de secundaria acerca de las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2).

SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004). Papel de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3),337-348.

SOLBES, J. VILCHES, A. y GIL, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En Pedro Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Narcea (2001). Capítulo 15, pp. 221-231.

SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G. (Eds.) (1994). *STS Education: international perspectives on reform*. Nueva York: Teachers College Press.

SOLOMON, J., DUVEEN, J. y SCOUT, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal os Science Education*, 16(3), pp. 361-373.

## 2. Formulación y fundamentación de la primera hipótesis

SONGER, N. B. y LINN, M. C. (1991). How do students views of science influence knowledge integration? *Journal of research in Science Teaching*, 28(9), 761-784.

STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, 76(1), 1-16.

SUCHTING, W.A. (1992). Constructivism Deconstructed. *Science & Education*, 1(3), 223-254.

THOMAZ, M.F., CRUZ, M.N., MARTINS, I.P. y CACHAPUZ, A.F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 315-322.

TILBURY, D. (1995). Environmental education for sustainability: defining the newfocus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212.

TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y GALLARD, A. J. (1992). *Research on Instruccional Strategies for Teaching Science*. In D. L. Gabel (Ed) Handbook of Research on Science Teaching and Learning. New York: National Science Teachers Association.

TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y HOOK, K. (1994). Referents for changing a science curriculum: A case study of one teacher's change in beliefs. *Science Education*, 3, 245-264.

TRAVÉ, G. y POZUELOS, F. (1999). Superar la disciplinarietà y la transversalidad simple: hacia un enfoque basado en la educación global. *Investigación en la Escuela* 37, 5-13.

TRAVER, M.J. (1996). *La història de les ciències en l'ensenyament de la Física i la Química*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.

TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.

UNESCO. (1987). Elementos para una estrategia internacional de acción en materia de educación y formaciones ambientales para el decenio de 1990. En *Congreso Internacional UNESCO-PNUMA sobre educación y formación ambientales*, Moscú, UNESCO.

UNESCO (1994). Science and Technology 2000+ Education for all. The Project 2000+ Declaration. París: UNESCO.

UNESCO-ICSU (1999a). *Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest (Hungría), 26 junio - 1 julio de 1999. En línea en <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm>

UNESCO-ICSU (1999b). *Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest (Hungría), 26 junio - 1 julio de 1999. [Versión electrónica] en <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestmarco.htm>

UNESCO-PROAP (Principal Regional Office for Asia and the Pacific), ICASE y SEAMEO-RECSAM (2001). *The training of trainers manual. For Promoting Scientific and Technological Literacy (STL) for All*. Bangkok: UNESCO-PROAP.

[Versión electrónica] en <http://www.unescobkk.org/education/aceid/STL/STL00book.pdf>

VALDÉS, P., VALDÉS, R., GUIASOLA, J. y SANTOS, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 28. Enero-Abril, 2002, 101-128.

VALDÉS, P., VALDÉS, R., y MACEDO, B. (2001): «Transformaciones en la educación científica a comienzos del siglo XXI», en: *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* (en prensa).

VILCHES, A. y GIL, D., (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2007a). La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 22, 67-85.

VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2007b). Emergencia planetaria: Necesidad de un planteamiento global. *Educatio Siglo XXI*, 25, 19-49. (Accesible en la web <http://www.um.es/ojs/index.php/educatio/>).

WINNER, L. (1979). *Tecnología Autónoma*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.

WORLDWATCH INSTITUTE (1984-2009). *The State of the World*. New York: W.W. Norton. (Versiones en castellano, *La situación del mundo*, Barcelona: Icaria).

WYNNE, B. (1983). Redefining the Issues of Risk and Public Acceptance. *Futures*, Febrero, 13-32.

YAGER, R.E. (1992). Constructivist Learning Model: A Must for STS Classrooms. En R.E. Yager (Ed). *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*. ICASE Yearbook. Peterfield: ICASE.

YERRICK, R., PARKE, H. y NUGENT, J. (1997). Struggling to promote deeply rooted change: the filtering effect of teachers' beliefs on understanding transformational views of teaching science. *Science Education*, 81(2), 137-159.

ZEIDLER, D. L. y LEDERMAN, N. G. (1989). The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 771-783.

### **3. DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA LA PUESTA A PRUEBA DE LA PRIMERA HIPÓTESIS**



Según la primera hipótesis, que hemos presentado y fundamentado en el capítulo anterior, pensamos que **la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA)**. Comenzaremos este capítulo con un primer apartado en el que operativizaremos la hipótesis y, a continuación, en el segundo apartado, mostraremos detalladamente cada uno de los diseños que se han elaborado para su puesta a prueba.

### **3.1. OPERATIVIZACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Para facilitar la contrastación de la primera hipótesis y, de este modo, profundizar más en todos sus aspectos, la planteamos a continuación dividida en tres partes:

- 1. La enseñanza habitual de la Tecnología no presta suficiente atención a las complejas relaciones entre ciencia y tecnología**, dando una imagen empobrecida de esta última y presentándola, en general, como “ciencia aplicada”.
- 2. Al mismo tiempo, la enseñanza habitual de la Tecnología, tampoco presta suficiente atención a las relaciones entre tecnología, sociedad y medio ambiente**, presentándola como una actividad neutra, sin mostrar cómo la tecnología modifica la sociedad y el medio ambiente, y cómo la sociedad es determinante en el desarrollo tecnológico.

3. Como consecuencia, cabe esperar que **los alumnos, al finalizar sus estudios de Enseñanza Secundaria Obligatoria, compartan la misma imagen distorsionada de la actividad tecnológica.**

Como ya hemos señalado en el capítulo 1, en este trabajo nos proponemos estudiar qué visión se está dando de la tecnología, así como de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente desde la educación tecnológica. Para estudiar la visión transmitida por la educación tecnológica acerca de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente **centraremos nuestro análisis en las concepciones de los docentes y en las visiones transmitidas por los libros de texto.**

En el capítulo anterior hemos hecho referencia a cómo una abundante investigación ha mostrado que las concepciones de los docentes afectan a sus estrategias de enseñanza y, como consecuencia, a las de aprendizaje de los estudiantes. Por ello, a nuestro análisis de las concepciones de los docentes y de las visiones transmitidas por los libros de texto, **añadiremos el estudio de las visiones que los estudiantes tienen de la tecnología, así como de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.**

A continuación pasamos a desarrollar cada uno de los aspectos anteriores, concretando cómo esperamos se manifiesten en la enseñanza habitual de la Tecnología:

1. En primer lugar hemos querido **analizar la imagen transmitida tanto por los libros de texto como por los profesores, acerca de las relaciones ciencia/tecnología.** En concreto, consideramos que para mostrar una imagen más adecuada de la relación entre ciencia y tecnología, hay una serie de aspectos importantes que deberían ser tenidos en cuenta pero que, según nuestra hipótesis, en su conjunto no aparecerán, por lo que pensamos que, en general, la enseñanza habitual de la Tecnología:

- 1.a No intenta salir al paso de la visión más común que muestra la Tecnología como Ciencia aplicada. Trataremos de mostrar cómo, tanto los libros de texto como los docentes, no sólo no intentan salir al paso de la idea de tecnología como ciencia aplicada sino que, en general, la refuerzan. Cabe temer, incluso, que los libros de texto y sobre todo los docentes hagan referencias explícitas a la idea de tecnología como ciencia aplicada.

- 1.b No muestra que ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos.
  
- 1.c No muestra que la construcción del conocimiento precisa de la tecnología. Es decir, que no hay avance científico sin apoyo de la tecnología. Como ya hemos señalado en capítulos anteriores, éste es un aspecto de gran importancia ya que investigaciones precedentes han mostrado que la educación científica, en general, ha reducido el papel de la tecnología a meras aplicaciones del conocimiento científico (Gil et al., 1991; Gil, 1993; Solbes y Vilches, 1997 y 1998; Maiztegui et al., 2002; Fernández et al., 2002 y 2003; Gil-Pérez et al., 2005a) Según nuestra hipótesis, la educación tecnológica incurrirá también en esta visión distorsionada de la relación ciencia/tecnología.
  
- 1.d Sí pueden encontrarse referencias a que la ciencia moderna ha contribuido a un notable desarrollo de los avances tecnológicos. Aunque se trata de algo correcto, este aspecto, aislado de los demás, refuerza la idea de tecnología como ciencia aplicada. Es decir, si la enseñanza habitual de la tecnología tan sólo muestra que la ciencia moderna contribuye al desarrollo tecnológico, sin tener en cuenta los demás aspectos, se transmitirá una visión deformada de la relación existente entre la ciencia y la tecnología.
  
- 1.e No muestra que la tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y, por tanto, es necesario hablar de tecnociencia.

Hay que señalar, tal y como ya se ha comentado, que no podemos considerar cada uno de estos aspectos por separado, ya que se reforzaría la transmisión de una imagen empobrecida y distorsionada de las relaciones ciencia/tecnología. **Para considerar que la enseñanza habitual de la tecnología transmite una correcta visión de las**

**relaciones entre ciencia y tecnología deben aparecer los aspectos anteriormente citados en conjunto.**

**2.** En segundo lugar, hemos querido **analizar la imagen transmitida, tanto por los libros de texto como por los profesores, acerca de la relación existente entre la tecnología y la sociedad.** En concreto, los aspectos que consideramos más importantes para contribuir a mostrar una correcta imagen de la relación entre la tecnología y la sociedad y que, según nuestra hipótesis, en su conjunto no aparecerán adecuadamente tratados, son los siguientes:

**2.a** La actividad tecnológica ha sido históricamente, y continúa siendo en la actualidad, un factor que repercute tanto positiva como negativamente sobre las formas de organización social y sobre las condiciones de vida de las personas. Pero a menudo se atribuye un papel exclusivamente benefactor a la tecnología o, en sentido contrario, se contempla exclusivamente la contribución del desarrollo tecnológico al creciente deterioro de nuestras condiciones de vida. Conviene no caer en ninguna de estas visiones parciales y contemplar tanto los beneficios como las repercusiones negativas de determinados desarrollos tecnológicos. Sin embargo, esperamos encontrar que la enseñanza habitual de la tecnología transmita, en general, una visión exclusivamente positiva de la tecnología olvidando, en la mayor parte de los casos, las repercusiones negativas que, por otra parte, en el caso de que sean tomadas en consideración, serán generalmente referencias a las repercusiones medioambientales.

**2.b** Es preciso también contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc. Al igual que ocurre con la educación científica, la enseñanza habitual de la tecnología mostrará una visión descontextualizada de la actividad tecnológica, presentándola como un conjunto de artefactos, herramientas y sistemas sin tener en cuenta las repercusiones sociales de sus desarrollos. De este modo se muestra una tecnología que se desarrolla por sí sola, independientemente

de los intereses que influyen en dicho desarrollo y, por tanto, se olvida el importante papel que juega la sociedad en el mismo.

- 2.c** La tecnología **no** es la causante principal y exclusiva de los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad. Es relativamente fácil argumentar que los graves problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad han sido causados fundamentalmente por el desarrollo científico y tecnológico: utilización de DDT, centrales nucleares, desarrollo industrial... (Gil y Vilches, 2004a). Sin embargo, este argumento no deja de ser una simplificación ya que se olvida el papel jugado por legisladores, empresarios, economistas... incluso por nosotros mismos como consumidores de estas tecnologías. En este sentido es importante destacar la importancia de la corresponsabilidad ante los graves problemas a los que hoy nos enfrentamos. Estos problemas son responsabilidad de todos los ciudadanos y ciudadanas, sin olvidar el papel que desempeñan los científicos y tecnólogos. Esperamos encontrar que, en el análisis de libros de texto y concepciones de los profesores, estas consideraciones apenas sean tenidas en cuenta.
- 2.d** La tecnología **no** puede resolver, por sí sola, los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad. En general, existe una tendencia a atribuir a científicos y tecnólogos la responsabilidad de la solución de los problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad, olvidando que nos incumbe a todos la toma de decisiones en torno a esta problemática. La enseñanza habitual de la tecnología, como intentaremos mostrar, no presta suficiente atención a este aspecto ya que no trata de formar a los alumnos como futuros ciudadanos y ciudadanas y prepararlos para la toma de decisiones de forma responsable y fundamentada.
- 2.e** Un aspecto que también olvida la educación tecnológica es el de mostrar a los alumnos la necesidad de tener en cuenta el **principio de precaución o cautela** antes de generalizar el uso de una determinada tecnología. El objetivo de este principio no es otro que el de evitar la aplicación apresurada de innovaciones de las que se desconocen las consecuencias a medio y largo plazo. En este sentido, es importante la participación de la ciudadanía y,

como esperamos constatar en este trabajo, la enseñanza habitual no contribuye, en general, a preparar a los alumnos para su participación en la toma de decisiones.

Esta falta de atención a aspectos importantes de las relaciones ciencia/tecnología se manifestará tanto en materiales habitualmente utilizados en la enseñanza, como son los libros de texto, como en las concepciones que tienen los docentes acerca de la actividad tecnológica.

**3.** Por último, y como consecuencia de todo lo anterior, cabe esperar que los alumnos al finalizar los estudios obligatorios de tecnología muestren grandes deficiencias en la comprensión de aspectos relevantes de la actividad tecnológica. En concreto:

**3.a** **Los alumnos** que finalizan sus estudios obligatorios de Tecnología no tendrán una correcta comprensión de la relación existente entre la ciencia y la tecnología. Más aún, después de varios años de estudiar Tecnología, **concebirán la Tecnología como ciencia aplicada**. Por tanto, cabe esperar que al estudiar la visión que los estudiantes poseen sobre las relaciones ciencia-tecnología apenas aparezcan referencias a los aspectos citados en el punto anterior.

**3.b** Tras varios años de estudiar Tecnología, los alumnos no adquirirán una correcta comprensión de las relaciones tecnología/sociedad. Del mismo modo que en el punto anterior, cabe esperar que al analizar las concepciones de los estudiantes acerca de las relaciones tecnología-sociedad, aspectos relevantes de las mismas sean generalmente olvidados.

Teniendo en cuenta los aspectos que acabamos de citar, pasamos, a continuación, a presentar los diferentes diseños que se han elaborado para realizar el análisis:

### **3.2. DISEÑOS REALIZADOS PARA LA PUESTA A PRUEBA Y CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS**

Como es bien conocido, en la investigación educativa el factor más importante no es el tamaño de la muestra, sino la riqueza en la elaboración del diseño (Larkin y Rainard, 1984; Doménech, 2000). Es decir, es más importante que a través de una pluralidad de diseños seamos capaces de profundizar en el análisis de los diversos aspectos de nuestra hipótesis, y mostrar la coherencia de los distintos resultados que tener una gran muestra con un único diseño. Por este motivo, hemos pensado elaborar varios diseños que, estudiados en su conjunto, nos permitan analizar y comparar los datos obtenidos de cada uno de los aspectos de la hipótesis, a través de diferentes diseños. Por otra parte, en la investigación educativa se buscan diferencias relativamente grandes, hecho que también permite limitar el tamaño de la muestra (Hayman, 1981; Doménech, 2000).

La utilización de varios diseños para poner a prueba nuestra hipótesis nos va a permitir analizar los diferentes aspectos de la misma desde varias perspectivas. Esta forma de trabajo es de gran utilidad ya que, como hemos apuntado en el párrafo anterior, no basamos nuestra investigación en el tamaño de la muestra sino en la coherencia en los resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta las consideraciones que acabamos de exponer, pasamos a presentar los diseños concretos, elaborados para poner a prueba la primera hipótesis.

#### **3.2.1. Diseño para poner a prueba la imagen de la relación Ciencia-Tecnología y de las interacciones Tecnología-Sociedad-Medio Ambiente que se muestran en los libros de texto**

En el proceso de enseñanza/aprendizaje suelen utilizarse una serie de recursos didácticos, entre los cuales el libro de texto es un elemento importante aunque no necesariamente único. Sin embargo, la realidad es que los libros de texto han sido y continúan siendo el material curricular más utilizado por los profesores (Bullejos, 1983; Stinner, 1992; Otero, 1997; Del Carmen y Jiménez, 1997; Concari, Pozzo y Giorgi, 1999; Islas y Guridi, 1999; Campanario 2001 y 2003; Concari y Giorgi, 2000...). Se ha señalado, por ello, que los libros de texto tienen una notable influencia sobre la docencia de los profesores que los utilizan, lo que refuerza el interés de su análisis (Jacoby and Spargo, 1989; Gaskell, 1992; Pomeroy, 1993; Pedrinaci, 1994; Solbes y Traver, 1996;

Concari, Pozzo y Giorgi, 1999; Fernández, 2000). Por otra parte, la mayoría de los libros de texto son elaborados por docentes en activo, siendo uno de los instrumentos más utilizados en la investigación didáctica (Carrascosa, 1987; Martínez-Torregrosa, 1987; Payá, 1991; Solbes y Vilches, 1989 y 1992; Stinner, 1992; Traver, 1996; Fernández, 2000). Por estas razones, hemos incluido un primer diseño basado en el análisis de libros de texto de tecnología, por medio del cual estudiaremos las visiones que a través de éstos se transmiten acerca de las relaciones ciencia/tecnología/sociedad:

### **Diseño 1**

#### **Análisis de libros de texto**

*Analizar los libros de texto de Tecnología con objeto de constatar la atención prestada a la formación de una visión correcta de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.*

En la Introducción que de la Tecnología se hace en el texto de la LOGSE, se hace referencia a cinco componentes que la definen e integran:

- Un componente científico, asociado al conocimiento y la investigación (...)
- Un componente social y cultural, a la vez que histórico, por el que los objetos inventados por el ser humano se relacionan con los cambios producidos en sus condiciones de vida (...)
- Un componente técnico, o de «saber hacer», que incluye el conjunto de habilidades y técnicas, el uso de operadores tecnológicos, herramientas y materiales, así como las técnicas de organización y gestión (...)
- Un componente comunicativo o de representación gráfica y verbal. La representación gráfica es una forma de expresión y comunicación estrechamente relacionada con el desarrollo de la tecnología (...)
- Un componente metodológico, referido al modo ordenado y metódico característico del trabajo tecnológico, y a todas y cada una de las destrezas necesarias para desarrollar el proceso de resolución de problemas técnicos (...)

Según nuestra hipótesis **la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al**



**tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).** Dicho de otro modo, **no todos los componentes de la tecnología son tenidos en cuenta** ya que, en general pensamos, la enseñanza de la tecnología habitualmente se reduce a los tres últimos componentes citados.

Esta falta de atención a las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente esperamos se manifieste en la mayor parte de los libros de texto del siguiente modo:

1. No tratarán de sacar a la luz las concepciones previas de los alumnos sobre la tecnología y su relación con la ciencia, sociedad y medio ambiente. Pensamos que es importante conocer las ideas previas de los alumnos, en particular en el primer curso, ya que se encuentran ante una asignatura completamente nueva para ellos, con el fin, entre otros, de detectar posibles visiones deformadas de la tecnología. Las ideas que en ese momento tienen no las han adquirido explícitamente en la escuela, pero hay que tener en cuenta que, por ejemplo, los medios de comunicación juegan un papel muy importante. Pensamos que los libros de texto, en general, no darán importancia a las ideas previas de los alumnos y, por tanto, no intentarán modificar las visiones deformadas que tengan.
2. No mostrarán adecuadamente la evolución histórica de las relaciones ciencia-tecnología. La relación entre la ciencia y la tecnología a través de la historia ha sido variable dependiendo del momento histórico y del contexto en el que se encontraba. Conocer cómo ha sido y evolucionado la relación entre ciencia y tecnología a lo largo de la historia ayuda a comprender la naturaleza de ambas. De acuerdo con nuestra hipótesis, la idea que transmitirán explícita o implícitamente la mayor parte de los libros de texto será que la tecnología es “ciencia aplicada” de manera explícita (con ejemplos de conocimientos científicos aplicados) o simplemente por omisión (el olvido de las relaciones ciencia-tecnología puede ser debido a que los autores las suponen como obvias...). En las ocasiones en las que aparezcan las relaciones entre ciencia y tecnología, se mostrará la tecnología como aplicación de conocimientos científicos.

3. No mostrarán la relación real entre la tecnología y la sociedad. La idea que transmiten los libros de texto es la de una tecnología socialmente neutra, que sirve para modificar el medio según nuestras necesidades, sin mostrar sus repercusiones y sus complejas relaciones. En concreto, no se mostrará cómo la tecnología modifica la sociedad y cómo ésta puede decidir el futuro de determinados avances tecnológicos.
4. No mostrarán las relaciones tecnología–medio ambiente. Los avances tecnológicos tienen repercusiones sobre el medio ambiente y los efectos que producen pueden ser diversos, tanto positivos como negativos: contaminación, modificación del medio y sus posibles consecuencias, solución a determinados problemas medioambientales, etc. Esta relación que existe entre tecnología y medio ambiente puede generar sentimientos totalmente contrarios en la sociedad. Por una parte estaría un sentimiento catastrofista o pesimista, desde el cual se observaría el desarrollo tecnológico como la principal causa de la contaminación y deterioro del planeta. En la opinión contraria estaría el sentimiento de esperanza en el desarrollo tecnológico como herramienta para poner solución al deterioro medioambiental. Según nuestra hipótesis, cabe esperar que los libros de texto en general no dediquen suficiente atención a dichas relaciones.
5. La mayor parte de los libros no contribuirán a la formación de los alumnos como futuros ciudadanos, preparándolos para hacer valoraciones críticas de los desarrollos tecnocientíficos y para la toma de decisiones. Debemos resaltar que la tecnología, en el ámbito educativo, tiene como cometido esencial responder a las necesidades formativas de una sociedad que, al estar cada día más tecnificada, requiere de sus ciudadanos que sean usuarios y partícipes inteligentes y críticos de la tecnología disponible (López Cubino, 2001). Las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad pueden ser interpretadas de diversos modos, aunque cada día es más evidente la necesidad de que la sociedad esté presente en el gobierno y en el control de la actividad tecnocientífica. Por ello, es importante que la educación tecnocientífica se oriente a propiciar una formación de la ciudadanía que la capacite para comprender, para manejarse y para participar en un mundo en el que la ciencia y la tecnología están cada día más presentes (Martín Gordillo y Osorio, 2003). Como consecuencia de los dos puntos anteriores, cabe esperar que, en general, los

libros de texto no contribuyan a dicha formación de los alumnos y en su preparación para valorar de manera crítica los avances tecnológicos y para la toma de decisiones.

Con el fin de poder comprobar los aspectos citados, hemos elaborado un cuestionario para el análisis de textos con el que se va a someter a prueba la hipótesis formulada.

El cuestionario que se ha elaborado consta de 6 apartados divididos a su vez en subapartados, de modo que nos facilite recoger datos de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente, según la hipótesis emitida. Para ello, cada uno de los apartados de los que consta se ha desglosado en diferentes cuestiones con las que se pretende ver el grado de profundización con el que se aborda cada aspecto.

A continuación, detallamos el modo en que se ha desarrollado el cuestionario, el cual adjuntamos íntegramente al final de este apartado.

1. La primera parte del cuestionario pretende valorar en qué medida los libros de texto intentan sacar a la luz las ideas de los alumnos sobre la naturaleza de la tecnología. Consideramos importante este aspecto ya que, en el momento de comenzar sus estudios de enseñanza secundaria obligatoria, los alumnos se encuentran ante una nueva asignatura denominada “Tecnología”. Sin embargo el hecho de que los alumnos “convivan” a diario con la tecnología sumado a la gran repercusión de los medios de comunicación, los cuales incluyen cada vez más noticias sobre ciencia y tecnología, supone que éstos tengan formada alguna opinión sobre su naturaleza. Según nuestra hipótesis, los libros de texto no intentarán sacar a la luz estas ideas previas de los alumnos acerca de la tecnología y, por tanto, no prestarán suficiente atención a las visiones deformadas con el fin de combatirlas. Esta cuestión está directamente relacionada con nuestra hipótesis, ya que la visión predominante sobre la tecnología es la de “ciencia aplicada”.

**1.a)** Una forma de facilitar que salgan a la luz las ideas previas de los alumnos es mediante actividades concebidas con ese propósito. Por tanto, en este apartado contabilizaremos las actividades acerca de la naturaleza de la tecnología que se proponen a los alumnos (actividades individuales, debates, trabajos en grupo, lluvia de ideas, etc.). Buscamos actividades en las que los

alumnos pongan de manifiesto sus ideas acerca de la tecnología, como por ejemplo, “qué es para ti la tecnología” o también “cuándo crees tú que los seres humanos comienzan a utilizar la tecnología”.

**1.b)** Así mismo, poniéndonos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis, pretendemos contabilizar también cualquier referencia a posibles visiones deformadas de los alumnos acerca de la naturaleza de la tecnología que aparezca en el libro, por breve que sea, y que sea susceptible de trabajarse en el aula.

**1.c)** Probablemente los libros de texto no le den suficiente importancia a las visiones deformadas de la tecnología que puedan tener los alumnos. Esta falta de atención puede llevar incluso a contribuir, de forma explícita, a que estas visiones deformadas se acrecienten. En este apartado analizaremos, de acuerdo con nuestra hipótesis, si en el libro de texto aparece la visión deformada más extendida que es la que presenta la tecnología como ciencia aplicada.

Para comprobar si los libros de texto prestan atención a los aspectos que acabamos de citar, incluimos los siguientes ítems en la red de análisis (que como hemos indicado anteriormente presentamos de forma completa al final de este apartado):

**1. a. ¿Se plantea alguna actividad para sacar a la luz las concepciones de los alumnos sobre la naturaleza de la tecnología?**

**1. b. ¿Se hace alguna referencia, al menos, a la existencia de concepciones distorsionadas?**

**1. c. ¿Contribuye el libro de texto a estas concepciones distorsionadas? En concreto, ¿encontramos alguna referencia a la visión que asocia tecnología y “ciencia aplicada”?**

**2.** Respecto al papel que la tecnología ha jugado y juega sobre la ciencia, cabe esperar que, según nuestra hipótesis, no se muestre en los libros de texto. Conocer la evolución histórica de la tecnología es importante para que los alumnos puedan acercarse a la propia naturaleza de la tecnología y reconocer que numerosos avances científicos han sido posibles gracias a un desarrollo tecnológico previo. Por ejemplo, a lo largo de la historia, nos encontraremos con multitud de “inventos tecnológicos”

como el telescopio, la brújula, los molinos de agua y de viento, etc., construidos en base a conocimientos prácticos acumulados a lo largo de siglos de experiencia, y lejos de un conocimiento científico previo, que han jugado un importante papel en el desarrollo científico.

**2.a)** Analizaremos, en primer lugar, si se incluyen actividades que permitan a los alumnos comprender de qué modo ha contribuido la tecnología al desarrollo científico a lo largo de la historia. También tendremos en cuenta actividades que permitan a los alumnos comprender de qué modo contribuye la tecnología al desarrollo científico en la actualidad.

**2.b)** También tomaremos en cuenta cualquier referencia que aparezca y que permita al alumno conocer, de algún modo, la importancia de la tecnología en el desarrollo científico (breves referencias, lecturas complementarias, apartados al final de un capítulo, etc.).

Estos aspectos se incorporan en los siguientes ítems de la red de análisis:

**2. a. ¿Se incluyen actividades relativas a la contribución de la tecnología al desarrollo científico?**

**2. b. ¿Se hace alguna referencia a dichas contribuciones?**

**3.** En la actualidad existe una creciente imbricación entre ciencia y tecnología lo que supone, en la mayoría de las ocasiones, una seria dificultad - y carencia de interés- para distinguir entre ambas, hecho que ha llevado a la aparición del concepto de “tecnociencia”. Cabe esperar que, de acuerdo con nuestra hipótesis, esta relación de interdependencia entre ciencia y tecnología no aparezca reflejada en los libros de texto. No contabilizaremos aquí las referencias que se hagan a las meras aplicaciones tecnológicas del conocimiento científico, ya que ello viene a reforzar otra de las derivaciones de nuestra hipótesis. Por ejemplo, si en algún capítulo se estudia el concepto de “presión” y se muestra como aplicación de este concepto la prensa hidráulica, no lo contabilizaremos aquí pues no apoya esta idea de imbricación sino que refuerza la visión de la tecnología como “ciencia aplicada”. Se trata, por tanto, de que los alumnos adquieran conciencia de la compleja relación

entre la ciencia y la tecnología y la interdependencia que tienen hoy en día la una de la otra, y al mismo tiempo no se refuerce la visión deformada que considera la tecnología como mera “ciencia aplicada”.

**3.a)** Analizaremos, en primer lugar, si se incluyen actividades que permitan a los alumnos comprender la compleja interacción entre ciencia y tecnología en la actualidad.

**3.b)** También tomaremos en cuenta cualquier referencia que aparezca y que permita al alumno conocer, de algún modo, la importancia de la tecnología en el desarrollo científico y viceversa (breves referencias, lecturas, apartados al final de un capítulo, etc.). Así mismo, contabilizaremos también cualquier ejemplo que ponga de manifiesto la dificultad de separar hoy en día ciencia y tecnología.

Incluimos con este fin los siguientes ítems en la red de análisis:

**3. a. ¿Se incluye alguna actividad relativa a la creciente imbricación entre ciencia y tecnología y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas (lo que ha llevado al concepto de tecnociencia)?**

**3. b. ¿Se hace alguna referencia a dicha imbricación?**

**4.** En la actualidad es ampliamente reconocida la importancia que tiene el desarrollo tecnológico en nuestra sociedad, considerándolo como causa principal de los cambios que tienen lugar en nuestras vidas y en la misma sociedad. Según nuestra hipótesis, cabe esperar que los libros de texto presenten una imagen socialmente neutra de la tecnología sin prestar suficiente atención a los cambios sociales que ésta ha provocado. Es importante que los alumnos conozcan las implicaciones que tuvo, por ejemplo, la Revolución Industrial en la forma de vida de las personas (éxodo del campo a las ciudades, explotación de recursos, etc.) y de este modo reconocer las repercusiones de la Tecnología, por lo que no se puede presentar como una actividad socialmente neutra.

**4.a)** En este apartado buscaremos actividades que permitan a los alumnos discutir sobre las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) que ha

tenido la tecnología a lo largo de la historia. Es probable que encontremos libros de texto que en algún capítulo aborden la historia de la tecnología (ya que aparece como parte de los contenidos curriculares). No buscamos actividades acerca de los avances tecnológicos a lo largo de la historia, sino sobre las repercusiones sociales que dichos avances han provocado.

**4.b)** Analizaremos también la presencia de actividades dirigidas a que los alumnos tomen conciencia de las repercusiones sociales y medioambientales del desarrollo tecnocientífico en la actualidad. Nótese que en este apartado hacemos referencia al “desarrollo tecnocientífico” y no al “tecnológico”, de acuerdo con lo expuesto en el punto 3.

**4.c)** La relación entre las personas y su entorno ha llevado a la continua modificación y explotación desmesurada e incontrolada de éste, llegando en la actualidad a una situación de emergencia planetaria (contaminación ambiental, destrucción progresiva de la capa de ozono, incremento del efecto invernadero, agotamiento de recursos, pérdida de biodiversidad y de diversidad cultural, cambio climático, degradación, etc.). La educación en general debe contribuir a hacer frente a esta situación mediante la concienciación de los alumnos y la introducción de actividades que permitan la modificación de las actitudes y la adopción de medidas ante esta situación problemática. La educación tecnológica debe contribuir, además, a que los alumnos vean la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico favorezca la sostenibilidad. Pensamos que este trabajo encaminado a la concienciación y modificación de actitudes debe realizarse mediante actividades dirigidas a los alumnos.

**4.d)** De todos modos, para no contabilizar solo las actividades destinadas a los alumnos, también tendremos en cuenta cualquier referencia que aparezca y que permita al alumno, al menos, reflexionar sobre esta situación y comprender cómo, mediante una adecuada utilización del desarrollo tecnocientífico, se puede contribuir a mejorarla.

Los correspondientes ítems incluidos en la red de análisis son:

**4. a. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos técnicos a lo largo de la historia?**

**4. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad?**

**4. c. ¿Se plantean actividades acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico contribuya a la sostenibilidad?**

**4. d. ¿Se hace alguna referencia, al menos, a dichas repercusiones?**

5. Al mismo tiempo que la sociedad se ve influenciada por la tecnología, la sociedad también actúa como determinante en el desarrollo tecnológico, de modo que un sistema tecnológico concreto tendrá mayor o menor aceptación dependiendo de la sociedad en la que está inmerso. De este modo, hay que entender el desarrollo tecnocientífico como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no epistémicos o técnicos (por ejemplo valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en la génesis y consolidación de los desarrollos tecnocientíficos (García Palacios et al., 2001).

**5.a)** En la historia existen muchos ejemplos de cómo la sociedad ha influido en el desarrollo tecnológico, por lo que no puede considerarse como una actividad independiente del contexto. Que los alumnos conozcan algunos de estos ejemplos ayudará a entender la naturaleza de la tecnología y a contextualizarla. En este apartado buscaremos actividades encaminadas a que los alumnos conozcan la influencia de la sociedad en el desarrollo técnico a lo largo de la historia.

**5.b)** Hoy en día la sociedad ejerce una gran influencia en el desarrollo tecnocientífico. Por ejemplo, existen un gran número de estudios de mercado encaminados a conocer las necesidades, gustos, aficiones, etc., de las personas con el fin de desarrollar determinados productos según los resultados de dichos estudios. En este apartado buscaremos actividades encaminadas a que los alumnos conozcan dicha influencia.



**5.c)** Poniéndonos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis, también contabilizaremos cualquier referencia por pequeña que sea a dichas influencias.

Una vez más, para comprobar si los libros de texto prestan atención a los aspectos que acabamos de citar, incorporamos los siguientes ítems a la red de análisis:

**5. a. ¿Se incluyen actividades sobre la influencia de la sociedad en el desarrollo técnico a lo largo de la historia?**

**5. c. ¿Se hace alguna referencia, al menos, a dichas influencias?**

**5. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de la influencia de la sociedad sobre los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad?**

**6.** Como consecuencia de lo recogido en las cuestiones anteriores (el hecho de no prestar suficiente atención a las posibles repercusiones sociales y medioambientales, no fomentar la discusión acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico contribuya a la sostenibilidad), cabe esperar que en los libros de texto no se preste suficiente atención a la preparación de los alumnos como futuros ciudadanos partícipes en una sociedad fuertemente influenciada por el desarrollo tecnocientífico.

**6.a)** Analizaremos si se incluyen actividades que permitan al alumno desarrollar la capacidad de toma de decisiones frente al desarrollo tecnocientífico. Las actividades que buscamos son aquéllas en las que los alumnos deben hacer valoraciones de determinados desarrollos tecnocientíficos y plantear posibles alternativas. Un ejemplo de este tipo de actividad sería “Proceded a valorar la situación actual de los recursos petrolíferos en el mundo. ¿Qué medidas convendría estudiar y adoptar?”.

**6.b)** Aunque no encontremos actividades para los alumnos, y tal y como hemos hecho en todo el cuestionario, contabilizaremos cualquier referencia a la importancia de la toma de decisiones.

Se utilizan para ello estos dos últimos ítems:

**6. a. ¿Se incluyen actividades de toma de decisiones en base a los beneficios previstos de determinados desarrollos tecnocientíficos, su posible impacto medioambiental y social, la aplicación del principio de cautela (precaución o prudencia), etc.?**

**6. b. ¿Se hace referencia a la necesidad de dicha toma de decisiones?**

La red de análisis se ha diseñado teniendo en cuenta el tipo de análisis que pretendemos realizar y la información deseamos obtener. Para poder cuantificar, hemos pensado utilizar como unidad de análisis los capítulos, por dos razones:

En primer lugar porque nuestro objetivo no es realizar un análisis individualizado de diferentes libros de texto, sino hacer un análisis cualitativo del tratamiento que se hace de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente en los libros de texto de secundaria en general.

Y en segundo lugar porque se trata de ver si los distintos aspectos estudiados están debidamente integrados en el desarrollo de las asignaturas o quedan, a lo sumo, reducidos a un primer o último capítulo, sin afectar al tratamiento de los contenidos.

Teniendo en cuenta este criterio, en el encabezamiento de la red de análisis dispondremos de un espacio con el fin de anotar tanto el libro de texto, como el capítulo que se está analizando.

También hemos pensado que, para cada uno de los aspectos analizados, nos interesa anotar la página en la hemos encontrado la actividad y/o referencia así como el contenido completo de ésta. Por ello, para cada uno de los aspectos de la red de análisis, hemos añadido un espacio para anotar la página y otro para el contenido.

Mostraremos ahora la red de análisis completa:

**Red para el análisis de las visiones acerca de las relaciones CTSA  
que se muestran en los libros de texto de Tecnología de ESO.**

<b>? Texto analizado:</b>	
<b>? Número de Capítulos:</b>	
1. a. ¿Se plantea alguna actividad para sacar a la luz las <u>concepciones de los alumnos</u> sobre la naturaleza de la tecnología?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
1. b. ¿Se hace alguna referencia, al menos, a la existencia de concepciones distorsionadas?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
1. c. ¿Contribuye el libro de texto a estas concepciones distorsionadas? En concreto, ¿encontramos alguna referencia a la visión que asocia tecnología y “ciencia aplicada”?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
2. a. ¿Se incluyen actividades relativas a la <u>contribución de la tecnología al desarrollo científico</u> ?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
2. b. ¿Se hace alguna referencia a dichas contribuciones?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
3. a. ¿Se incluye alguna actividad relativa a la creciente <u>imbricación entre ciencia y tecnología</u> y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas (lo que ha llevado al concepto de tecnociencia)?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
3. b. ¿Se hace alguna referencia a dicha imbricación?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
4. a. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las <u>repercusiones sociales (incluidas las medioambientales)</u> de los desarrollos técnicos a lo largo de la historia?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
4. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
4. c. ¿Se plantean actividades acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico contribuya a la sostenibilidad?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
4. d. ¿Se hace alguna referencia, al menos, a dichas repercusiones?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
5. a. ¿Se incluyen actividades sobre la influencia de la sociedad en el desarrollo técnico a lo largo de la historia?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
5. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de la <u>influencia de la sociedad</u> sobre los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
5. c. ¿Se hace alguna referencia, al menos a dichas influencias?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
6. a. ¿Se incluyen actividades de <u>toma de decisiones</u> en base a los beneficios previstos de determinados desarrollos tecnocientíficos, su posible impacto medioambiental y social, la aplicación del principio de cautela (precaución o prudencia), etc.?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>
6. b. ¿Se hace referencia a la necesidad de dicha toma de decisiones?	
<i>Página</i>	<i>Contenido</i>

Una vez presentado el diseño para analizar la atención prestada por los libros de texto a la formación de una visión correcta de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, procedemos a continuación a presentar los diseños realizados para estudiar las concepciones de los docentes sobre estos aspectos.

### **3.2.2. Diseños para poner a prueba la imagen de la relación Ciencia-Tecnología y de las interacciones Tecnología-Sociedad-Medio Ambiente que muestran los profesores de tecnología**

Para sacar a la luz las concepciones de los docentes acerca de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente hemos pensado en la elaboración de varios diseños. Como ya hemos señalado, el objetivo que perseguimos mediante la utilización de diferentes diseños es la búsqueda de coherencia en los resultados. Tal y como se ha indicado al inicio del apartado 3.2, es más importante que a través de los diseños elaborados seamos capaces de profundizar al máximo en el análisis de los diversos aspectos de nuestra hipótesis, que tener una gran muestra sin profundizar tanto. Por este motivo, trataremos de estudiar cada uno de los aspectos planteados en nuestra hipótesis desde varias perspectivas y analizaremos la coherencia de los resultados obtenidos a través de las herramientas diseñadas.

Pasamos a continuación a presentar cada uno de los diseños elaborados.

La idea para un primer diseño surge del planteamiento directo de la cuestión “¿Qué es la Tecnología?”. Este primer diseño, dada su sencillez, nos permitirá hacernos una idea de cuál es la concepción dominante de los docentes sobre la naturaleza de la tecnología.

#### **Diseño 2**

**Cuestión abierta: “¿Qué es la Tecnología?”**

*Plantear a profesores en activo y en formación la siguiente cuestión:*

*Completa la siguiente frase: “La Tecnología es...”.*

Con esta cuestión pretendemos analizar uno de los aspectos de la hipótesis: en qué medida los docentes en activo y en formación asocian tecnología y “ciencia aplicada”.

Según nuestra primera hipótesis, esperamos encontrar un alto porcentaje de respuestas que estarán de acuerdo con la idea de tecnología como mera aplicación del conocimiento científico.

Sin embargo, dada la sencillez de este diseño, es necesario utilizar otras herramientas que nos permitan profundizar más en las concepciones de los docentes acerca de las relaciones ciencia-tecnología. A través de los diseños que se presentan a continuación trataremos de analizar con mayor profundidad estas concepciones.

### **Diseño 3: Análisis de exámenes utilizados por profesores de Tecnología**

Los exámenes son uno de los materiales más utilizados por los docentes para evaluar el proceso de aprendizaje de los alumnos. Los profesores suelen utilizar las pruebas de evaluación o exámenes como principal instrumento (y en algunos casos, único) para comprobar si los alumnos han conseguido los objetivos, generalmente conceptuales y procedimentales, que ellos consideran más importantes. Por este motivo consideramos que el análisis de los exámenes es un buen indicador que nos permitirá sacar a la luz aquellos aspectos que los docentes consideran más relevantes y cuáles consideran menos importantes, normalmente omitidos en los exámenes.

#### **Diseño 3**

##### **Análisis de exámenes utilizados habitualmente por profesores de Tecnología**

*Análisis de las cuestiones planteadas en las pruebas de evaluación con objeto de constatar la atención prestada a la formación de una visión correcta de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.*

Analizaremos el **grado de presencia** de aspectos esenciales de la actividad tecnológica empleando para ello una red de análisis similar a la utilizada en el diseño 1, que permitirá averiguar hasta qué punto se concede importancia a los aspectos clave sobre la tecnología comentados al principio del capítulo y se presta atención a las posibles deformaciones.

Según nuestra hipótesis, esperamos que en los exámenes utilizados por los profesores de Tecnología, para evaluar a sus alumnos, no se preste suficiente atención a las relaciones CTSA. Nuestra hipótesis al respecto es que las preguntas formuladas en los exámenes incidan, en su mayor parte, sobre contenidos conceptuales de carácter técnico, es decir, conceptos sobre el funcionamiento de determinados sistemas tecnológicos. En concreto, esperamos que:

- No aparezcan cuestiones relativas a las relaciones ciencia-tecnología.
- No aparezca un número significativo de cuestiones relativas a las relaciones tecnología-sociedad. En este sentido, cabe esperar encontrar alguna pregunta relativa a las consecuencias medioambientales, sobre todo negativas, derivadas de la aplicación de determinados desarrollos tecnológicos.

Presentamos en la página siguiente la red de análisis completa (**Red 3.1**):

### RED 3.1 PARA EL ANÁLISIS DE EXÁMENES UTILIZADOS POR LOS PROFESORES DE TECNOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS

**¿En qué medida se presta atención en la evaluación a la naturaleza de la tecnología, su papel y las relaciones CTSA, con objeto de evitar visiones empobrecidas y distorsionadas que pueden contribuir al desinterés y rechazo de la educación tecnocientífica? Más concretamente, ¿se incluyen en las pruebas de evaluación cuestiones para constatar si se han llegado a comprender aspectos como los siguientes? (En caso afirmativo, reproducir las correspondientes cuestiones):**

- 1) La tecnología **no es** la mera aplicación de conocimientos científicos.
- 2) La tecnología está orientada a lograr el funcionamiento correcto y de modo continuado de instrumentos y sistemas.
- 3) Ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos.
- 4) La construcción del conocimiento científico *siempre* ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología.
- 5) El surgimiento de la ciencia moderna ha contribuido a un notable desarrollo de los avances tecnológicos.
- 6) La tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y hemos de hablar de tecnociencia.
- 7) Se necesita una valoración matizada de la tecnociencia que incluya el estudio de sus repercusiones positivas y negativas y, en particular, las medioambientales.
- 8) Más en particular, hoy es preciso ser conscientes de la situación de emergencia planetaria (problemas de contaminación, de agotamiento de recursos, de urbanización desordenada, de degradación de ecosistemas...) asociada, entre otras cosas, a un desarrollo tecnocientífico al servicio de intereses particulares a corto plazo.
- 9) Se precisa proceder a la reorientación del desarrollo tecnocientífico que tenga en cuenta los límites del crecimiento y apueste por la sostenibilidad. Ello plantea
- 10) La importancia de la toma de decisiones
- 11) El derecho a investigar todo tipo de problemas sin limitaciones ideológicas u otras, como las que han dificultado el avance de la tecnociencia a lo largo de la historia.
- 12) La necesidad de respetar el principio de precaución (cautela o prudencia) que aúna ese derecho a investigar con el control social, para evitar la aplicación precipitada –guiada por intereses a corto plazo- de las innovaciones cuando aún no se ha investigado suficientemente sus posibles repercusiones.
- 13) Es preciso tener en cuenta que el logro de un futuro sostenible no puede plantearse exclusivamente desde la tecnociencia y exige un tratamiento holístico que junto a medidas tecnológicas contemple cambios en las actitudes y comportamientos (medidas educativas)...
- 14) Así como medidas legislativas y políticas, tanto a escala local como planetaria (Protocolo de Kyoto, etc.).
- 15) Es preciso contemplar también el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc.

Los diseños 2 y 3 han sido concebidos para analizar indirectamente las concepciones de los docentes de Tecnología acerca de las relaciones CTSA. Conviene ahora estudiar estas concepciones de un modo más directo y, para ello, se han elaborado los tres diseños que se presentan a continuación:

**Diseño 4**

**Cuestionario para profesores en activo y en formación  
acerca de las relaciones CTSA**

*Elaboración de un cuestionario semicerrado compuesto por proposiciones, ante las cuales los docentes en activo y en formación deben mostrar su grado de acuerdo.*

Hemos procedido a elaborar unas cuestiones directamente relacionadas con las visiones simplistas respecto a la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, configurando un **cuestionario semicerrado**. El cuestionario semicerrado tiene la ventaja de permitirnos cuantificar de algún modo las respuestas de los profesores y a la vez obtener una justificación y comentarios sobre la respuesta dada.

Consideramos conveniente limitar el cuestionario a la valoración de proposiciones que expresen los reduccionismos y deformaciones habituales, porque la inclusión de proposiciones "positivas" puede contribuir a modificar las concepciones iniciales de quien lee el cuestionario, con lo que se distorsionaría el análisis de la situación que nos planteamos en esta parte de la investigación.

**a) Proposiciones elaboradas para la detección de la visión que reduce la tecnología a “ciencia aplicada”** que resalta el papel de la llamada “ciencia pura” frente a la tecnología (debido a la distinta valoración del trabajo “manual”, “práctico” y el “intelectual”, “puro”).

1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.



4. La tecnología es siempre deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.

Este primer bloque está compuesto por dos afirmaciones sobre posibles visiones de la relación entre ciencia y tecnología. Según nuestra hipótesis, y como ya se ha comentado en otras ocasiones a lo largo de esta investigación, una de las visiones más extendidas acerca de la relación entre ciencia y tecnología es la que asocia tecnología a “ciencia aplicada”. Por ello, cabe esperar que los docentes que sostengan esta visión de la relación entre ciencia y tecnología puntúen con más de un cinco ambas proposiciones. También en la proposición 6 subyace la dependencia del desarrollo tecnológico respecto al científico:

6. El progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social.

**b) Proposiciones elaboradas para detectar la posible existencia de una visión descontextualizada, socialmente neutra** en la que se olvidan, o se abordan de forma simplista, las complejas relaciones entre la tecnología y la sociedad.

2. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.
3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas
5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.
6. El progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social.

Las proposiciones 2, 3 y 6 muestran visiones simplistas de las relaciones tecnología-sociedad. Por una parte, la proposición 2 responsabiliza prioritariamente a la tecnología de

los problemas medioambientales, olvidando que la responsabilidad es de todos: de los científicos y tecnólogos *junto con* los economistas, empresarios, políticos, trabajadores, etc., sin olvidar a los simples consumidores de productos nocivos. Los problemas nos incumben a todos los ciudadanos y ciudadanas (uso abusivo de automóviles, hiperconsumo...).

En contraposición, tanto la proposición 3 como la proposición 6, atribuyen la solución de los problemas exclusivamente a la tecnociencia, mientras que la 5, afirma la responsabilidad de legisladores, etc., pero ignora la de los propios científicos y tecnólogos.

Una valoración alta de alguna de estas cuestiones, junto con los comentarios que la acompañen, pueden mostrar la aceptación de visiones simplistas de uno u otro tipo.

Sin embargo, y como ya hemos comentado anteriormente, mediante el cuestionario semicerrado esperamos obtener, además de las puntuaciones que los docentes asignen a cada proposición, la justificación a la puntuación y algún comentario que deseen añadir.

Por tanto, el tratamiento estadístico de las puntuaciones obtenidas deberá ser analizado junto a estas justificaciones y comentarios que pueden matizar, en cada caso, la puntuación asignada. Se trata en definitiva de que también a través del cuestionario semicerrado los profesores puedan expresar sus opiniones sobre las cuestiones planteadas y no solo su grado de acuerdo y así poder obtener resultados que nos permitirán, por este camino también, profundizar en sus percepciones y ver la coherencia con los resultados obtenidos a través de la puesta en práctica de los otros diseños.

Mostramos, a continuación, el cuestionario tal y como ha sido presentado a los docentes. Se ha añadido un breve texto introductorio para dar sentido a la tarea a realizar y evitar una cumplimentación "para salir del paso".

<b>CUESTIONARIO 1</b>	
<p><i>Uno de los aspectos más novedosos e importantes de la LOGSE fue la incorporación al currículum en la Enseñanza Secundaria Obligatoria de la Tecnología como área común para todos los alumnos hasta tercer curso (y opcional en cuarto curso). Una vez transcurridos algunos años desde su implantación, pretendemos analizar en qué medida su enseñanza está contribuyendo, en general, a una correcta comprensión de su naturaleza. Pensamos que estos temas pueden ser interesantes por sus repercusiones en su enseñanza, por lo cual pedimos tu colaboración para tratar de establecer un consenso entorno a ellos.</i></p> <p><i>Se trata de leer con atención cada una de las diferentes proposiciones y valorarlas de 0 a 10 según tu grado de acuerdo con el contenido de la misma. Justifica cada una de ellas, incluyendo los comentarios que consideres conveniente, así como, si ha lugar, tus propuestas alternativas a las proposiciones</i></p> <p><i>¡Muchas gracias por tu colaboración!</i></p>	
<b>Proposición</b>	<b>Puntuación</b>
<p><b>1.</b> <i>La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p><b>2.</b> <i>La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p><b>3.</b> <i>Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p><b>4.</b> <i>La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p><b>5.</b> <i>No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p><b>6.</b> <i>El progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	

**Diseño 5**

**Entrevistas a profesores de Tecnología**

*Entrevistar a profesores, en torno a sus concepciones sobre la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.*

Todos los diseños planteados hasta el momento tienen como propósito sacar a la luz las concepciones de los docentes acerca de la naturaleza de la tecnología así como sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

La realización de entrevistas tiene como objetivo favorecer en los profesores entrevistados situaciones en las que puedan expresar su opinión sobre las relaciones ciencia-tecnología-sociedad y, de este modo, complementar y profundizar en el análisis. Se trata fundamentalmente de establecer un diálogo con el entrevistado en el cual se favorezca la reflexión para que puedan expresar opiniones que, por ejemplo, a través de un cuestionario no es posible al ser preguntas cerradas. Pensamos que la entrevista tiene como ventaja, frente a un cuestionario de respuesta escrita, el hecho de poder pedir al entrevistado que matice o profundice más en alguna cuestión que nos interese.

Según Sierra (1983), la entrevista, en relación al cuestionario simple, presenta entre otras, las siguientes ventajas:

1. La mayor importancia que los encuestados suelen conceder a la entrevista con relación a la frecuentemente escasa que conceden a los cuestionarios.
2. Es más seguro en ella obtener la cooperación del encuestado.
3. Permite, sobre todo, lograr una comprensión de las condiciones psicológicas y ambientales del encuestado en la entrevista, y de su intención y disposición de ánimo en la contestación, así como aclarar el sentido de éstas cuando no sean suficientemente claras.
4. La entrevista permite obtener una información más completa, profunda y rica, sobre todo en cuestiones comprometidas.

En esencia, la entrevista, al igual que los otros diseños presentados en este apartado, se ha concebido como instrumento independiente, a la vez que complementario del resto, que nos ayude a analizar las concepciones de los docentes y futuros docentes de tecnología, acerca de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad. Por este motivo, hemos pensado incluir dos cuestiones que aborden directamente estos aspectos:

- ¿Qué ideas conviene que los estudiantes adquieran acerca de las relaciones ciencia- tecnología?
- ¿Cómo consideras que habría que abordar las relaciones tecnología sociedad?

Sin embargo, como acabamos de comentar, mediante la entrevista tratamos de fomentar un diálogo por lo que pensamos que es importante plantear previamente preguntas abiertas, no tan concretas como las anteriores, que posibilitan la aparición de los aspectos que nos interesa analizar. Por este motivo hemos planteado también las siguientes preguntas:

- ¿Qué objetivos básicos deberíamos perseguir en nuestra área?
- ¿Consideras que existen concepciones erróneas acerca de la tecnología? ¿Has detectado o conoces alguna que merezca ser tenida en cuenta?

En concreto el diseño que hicimos de las preguntas a formular en la entrevista, con una introducción inicial, fue el siguiente:

## ENTREVISTA:

*Uno de los aspectos más novedosos e importantes de la LOGSE fue la incorporación al currículum en la Enseñanza Secundaria Obligatoria de la Tecnología como área común para todos los alumnos hasta tercer curso (y opcional en cuarto curso). Una vez transcurridos algunos años desde su implantación, pretendemos analizar en qué medida su enseñanza está contribuyendo, en general, a una correcta comprensión de su naturaleza. Pensamos que estos temas pueden ser interesantes por sus repercusiones en su enseñanza, por lo cual pedimos tu colaboración para tratar de establecer un consenso entorno a ellos.*

1. En primer lugar, ¿qué objetivos básicos deberíamos perseguir en nuestra área?
2. En cualquier materia es importante salir al paso de posibles concepciones erróneas que generan actitudes negativas y perjudican el aprendizaje. ¿Consideras que existen concepciones de ese tipo acerca de la tecnología? ¿Has detectado o conoces alguna que merezca ser tenida en cuenta?
3. Para la presentación de una determinada tecnología se puede seguir, señalan algunos documentos, un esquema como el siguiente:
  - Explicar el fundamento científico de la tecnología propuesta
  - Describir en qué consiste dicha tecnología (con el detalle que convenga al nivel de los estudiantes)
  - Favorecer, si posible, su puesta en práctica por los estudiantes o, si ello no es posible, una aproximación a dicha puesta en práctica (mediante visitas, videos...).
  - Contemplar sus aplicaciones

¿Qué te parece dicho esquema? ¿Añadirías o corregirías algo?...
4. ¿Qué ideas conviene que los estudiantes adquieran acerca de las relaciones ciencia- tecnología? (Si su respuesta se aproxima a la visión correcta de la relación ciencia/tecnología, preguntarle cómo lo lleva a la práctica en el aula)
5. A veces se olvidan prácticamente las relaciones tecnología sociedad o se abordan de forma simplista. ¿Cómo consideras que habría que abordar dichas relaciones? Es decir, ¿qué aspectos habría que contemplar?, ¿en qué habría que insistir?...

De acuerdo con nuestra hipótesis, las respuestas a éstas u otras cuestiones similares habrían de mostrar planteamientos simplistas acerca de los aspectos de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. En concreto esperamos que:

- 1) En general los docentes muestren una visión de la tecnología como *ciencia aplicada*.
- 2) En su mayoría, hagan referencia a las relaciones tecnología-sociedad de un modo superficial, olvidando aspectos fundamentales de las mismas. Cabe esperar que los entrevistados hagan referencia a los beneficios sociales que proporciona la tecnología y/o a los efectos nocivos que ésta produce sobre el medio ambiente, pasando por alto, por ejemplo, el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc.

A la hora de llevar a la práctica las entrevistas, tendremos en cuenta las recomendaciones dadas por expertos y manuales, con el fin de asegurar al máximo tanto la validez interna como la validez externa de cada uno de los diseños. En este sentido, tendremos en consideración que los profesores que participen en las entrevistas no hayan cumplimentado los cuestionarios, evitando de este modo que la participación en uno de los diseños influya en el otro.

#### **Diseño 6**

##### **Análisis de los comentarios realizados por profesores de Tecnología hacia exámenes estándar de la asignatura**

*Dar a analizar críticamente, a profesores de tecnología, un examen de un determinado curso preparado por nuestro equipo.*

Tomando como referencia las actividades propuestas en la mayoría de libros de texto y en las pruebas de evaluación facilitadas por los docentes, se ha elaborado un examen para un determinado curso de Educación Secundaria Obligatoria (tercer curso). Esta prueba contiene una actividad de cada bloque o unidad didáctica del currículo y se ha pensado de modo que no aparezca ninguno de los aspectos sobre las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente citados a lo largo de este capítulo.

Se pedirá a profesores de Tecnología que analicen críticamente este examen, indicándoles que deben evaluar la pertinencia de las cuestiones planteadas, justificando

### 3. Diseños experimentales para la puesta a prueba de la primera hipótesis

a ser posible su respuesta. También se les dará la opción de eliminar o replantear, si lo consideran oportuno, alguna de las actividades propuestas. Así mismo, tendrán la opción de añadir alguna cuestión.

*Este es un examen propuesto por un grupo de profesores para evaluar el aprendizaje logrado en el área de Tecnología por los alumnos al finalizar el Tercer Curso de Educación Secundaria Obligatoria.*

*-Valora de 0 a 10 la pertinencia de las cuestiones incluidas, justificando brevemente dicha valoración.*

*-Indica, si ha lugar, otras cuestiones que consideres importante evaluar en una prueba final de recapitulación y que puedas echar en falta en esta propuesta.*

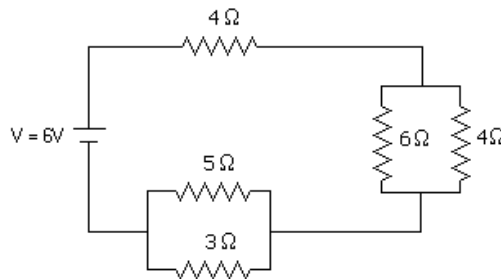
**1.- ELECTRICIDAD.** En una casa hay tres aparatos electrodomésticos: la televisión (500W), la lavadora (3000W) y el frigorífico (800W). Si el frigorífico está siempre en marcha, la lavadora se utiliza 2 horas al día y la televisión 5 horas al día, calcula cuánto se paga diariamente de consumo eléctrico. Dato: el KWh cuesta 1,5 €

Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---

**2.- ELECTRICIDAD.** Dado el siguiente circuito, calcula la resistencia equivalente y las intensidades que circulan por él.



Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---

**3.- MATERIALES.** Indica si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas, justificando las respuestas:

- En general, los plásticos son buenos aislantes térmicos, eléctricos y acústicos.
- La dureza y la elasticidad de los materiales plásticos varían un poco de unos a otros.
- Los plásticos presentan una elevada densidad.
- Los materiales plásticos son inoxidables, lo que supone una gran ventaja frente a otros materiales.
- Los plásticos termoestables se utilizan en la fabricación de objetos que van a estar en contacto con el calor.

Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---



3. Diseños experimentales para la puesta a prueba de la primera hipótesis

**4.- MATERIALES.** Explica qué tipos de fibras textiles existen y de dónde proceden, poniendo un ejemplo de cada una de ellas.

Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---

**5.- INFORMÁTICA.** Define los conceptos de HARDWARE y SOFTWARE y pon ejemplos de cada uno de ellos.

Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---

**6.- HERRAMIENTAS Y SISTEMAS.** Un tren de engranajes está formado por tres engranajes de forma consecutiva. El primero tiene 80 dientes; el segundo 286 dientes y el tercero 190 dientes. Si el primero gira a 400 r.p.m. Calcula:

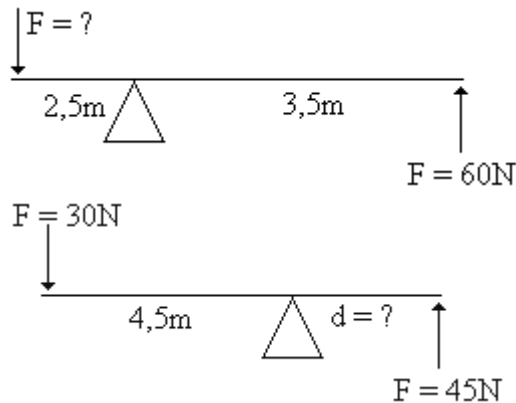
- La velocidad de giro del segundo y del tercero
- La relación de transmisión entre el 1º y 2º engranajes
- La relación de transmisión entre el 2º y 3º engranajes

Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---

**7.- HERRAMIENTAS Y SISTEMAS.** Completa los datos que faltan para que la barra no se mueva en ningún sentido. Indica cuál es la magnitud física que provoca el giro y cómo se calcula su valor.



Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---

**8.- ENERGÍA.** Haz un esquema del transporte y distribución de la energía eléctrica desde el centro de producción hasta los consumidores finales.

Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---

**9.- ENERGÍA.** Enumera los recursos energéticos que conozcas, indicando cuáles son renovables y cuáles no.

Valoración: \_\_\_\_\_

Justificación y comentarios:

---

De acuerdo con nuestra primera hipótesis, cabe esperar que la mayor parte de los docentes no hagan referencia a la ausencia de los aspectos que estamos analizando.

Una vez analizadas las concepciones de los docentes acerca de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-medio ambiente, pasaremos a estudiar en qué medida los alumnos mantienen las mismas concepciones. Para ello, se han realizado los diseños que presentamos en el apartado siguiente.

### **3.2.3. Diseños para poner a prueba las concepciones de la relación Ciencia-Tecnología y de las interacciones Tecnología-Sociedad-Medio Ambiente que muestran los alumnos de Educación Secundaria**

Tal y como hemos señalado en ocasiones anteriores, investigaciones precedentes han constatado que las concepciones de los docentes afectan a sus estrategias de enseñanza y, como consecuencia, a las de aprendizaje de los estudiantes. Por este motivo pensamos que el estudio de las visiones que los estudiantes tienen de la tecnología, así como de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente estará en concordancia con las concepciones de los docentes.

No se puede afirmar que las visiones de los estudiantes acerca de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia y la sociedad son consecuencia directa de las concepciones de los profesores ya que existen otros factores, como por ejemplo la influencia de los medios de comunicación, que modelan estas visiones, pero la persistencia de concepciones erróneas tras la enseñanza mostraría que, en cualquier caso, una acción educativa correctora era necesaria. Nuestra hipótesis es que dicha acción no tiene lugar y que los estudiantes mantienen concepciones distorsionadas de las relaciones CTSA.

Para someterlo a prueba hemos diseñado, en primer lugar, un cuestionario (Cuestionario A1), basado en el utilizado en el diseño 4 al cual hemos realizado pequeñas

modificaciones, mediante el que pretendemos analizar las visiones de los estudiantes sobre las relaciones CTSA. El diseño concreto que se ha utilizado es el siguiente:

<b>Cuestionario A1</b>	
<p>Nos gustaría recoger tu opinión sobre algunos aspectos relativos a la tecnología y su vinculación con la ciencia y la sociedad. Para ello te agradeceríamos que contestases lo más completa y sinceramente posible el siguiente cuestionario.</p> <p>Se trata de <b>leer con atención</b> cada una de las diferentes proposiciones y valorarlas de 0 a 10 <b>según tu grado de acuerdo</b> con el contenido de la misma.</p> <p>Justifica, por favor, tus valoraciones.</p> <p style="text-align: center;">¡Muchas gracias por tu colaboración!</p>	
<b>Proposición</b>	<b>Puntuación</b>
<p>1. <i>La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>2. <i>La Tecnología es la principal responsable de problemas como la contaminación a los que se enfrenta actualmente la humanidad.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>3. <i>Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>4. <i>La tecnología se basa siempre en los desarrollos científicos, por lo que no existiría tecnología sin la ciencia que le precede.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>5. <i>El papel de los tecnólogos es fundamentalmente el diseño y construcción de objetos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de si su utilización es o no conveniente.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>6. <i>El progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	

De acuerdo con nuestra hipótesis, esperamos obtener puntuaciones altas a cada una de las proposiciones propuestas, lo que implica que los estudiantes:

- Conciben la tecnología como mera aplicación de conocimientos científicos (1 y 4)
- Consideran que los principales problemas medioambientales han sido causados por el uso de la tecnología pero, al mismo tiempo, la solución a estos problemas está fundamentalmente en manos de la propia tecnología (2 y 3)
- Ven a la tecnología como una actividad neutra. La tecnología debe desarrollarse sin tener en cuenta otros factores que no sean el propio “avance” tecnológico. La responsabilidad de las consecuencias que se derivan de su aplicación es de los políticos, legisladores, etc. (5)
- El progreso económico y social depende del desarrollo científico y tecnológico exclusivamente. (6)

Para completar el análisis de las concepciones de los alumnos, se ha elaborado un segundo cuestionario (Cuestionario A2), mediante el cual pretendemos sacar a la luz las visiones de los estudiantes acerca de los problemas a los que en la actualidad se enfrenta la humanidad, así como sus causas, sus posibles soluciones y su relación con el desarrollo tecnológico.

En este caso hemos preferido elaborar un cuestionario abierto mediante el cual intentaremos ver qué relaciones establecen los alumnos entre los problemas de la situación del mundo y la tecnología. Esto nos informará de posibles concepciones erróneas acerca de las relaciones CTSA.

Para ello, sin embargo, hemos pensado en plantear tres preguntas en las que no se hace referencia explícita a la tecnología ya que nos interesa saber si la tienen en cuenta o no en sus respuestas. Si en la misma pregunta les planteamos directamente la relación entre la situación actual del mundo y la tecnología, obviamente en las respuestas abordarán dicha relación y no sabremos si la hubieran tenido en cuenta sin ayuda de la pregunta.

Del mismo modo, a la hora de plantear posibles soluciones tampoco interesa preguntar directamente qué puede hacer cada cual, para no “apuntarles” la respuesta. Se trata, en

definitiva, de plantear tres grandes cuestiones abiertas, en las que no se señale directamente a la relación entre la situación actual del mundo y la tecnología y estudiar en qué medida y con cuánta profundización los estudiantes se refieren a dicha relación.

El diseño concreto que se ha elaborado para tal fin se presenta a continuación:

### **Cuestionario A2**

Toda educación y, claro está, también la educación tecnológica, ha de contribuir a la comprensión de los problemas a los que se enfrenta la humanidad e impulsar las posibles soluciones. Para que nos ayudes a planificar esta tarea, te agradeceríamos que contestases lo más completa y sinceramente posible las siguientes cuestiones:

- 1) Enumera problemas importantes a los que, en tu opinión, se enfrenta hoy día la humanidad.
- 2) ¿Cuáles pueden ser las causas principales de dichos problemas?
- 3) ¿Cuáles son las medidas que piensas se deberían adoptar?

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Curso y grupo: \_\_\_\_\_

De acuerdo con nuestra hipótesis, esperamos encontrar en las respuestas a estas tres cuestiones visiones distorsionadas, incompletas y parciales acerca de la problemática actual del mundo, de sus causas y de las posibles soluciones.

Así, por ejemplo, esperamos que los alumnos se refieran al cambio climático como uno de los grandes problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad. Sin embargo pensamos que esta respuesta la darán los alumnos como consecuencia directa de la repercusión que últimamente está teniendo en los medios de comunicación y no su tratamiento en la escuela. De este modo, nos aventuramos a predecir que un número elevado de alumnos se referirán a problemas como el cambio climático, el efecto invernadero o la creciente contaminación.

Otras respuestas que esperamos encontrar a la primera pregunta son, por ejemplo, el hambre, la pobreza, las guerras o las enfermedades, tales como el SIDA o el cáncer. Sin embargo, pensamos que un porcentaje muy bajo de alumnos se referirán a problemas como la deforestación, la escasez de agua o la pérdida de biodiversidad, en cuanto a problemas medioambientales, o a la creciente urbanización y las consecuencias que ello acarrea.

En cuanto a las medidas que los alumnos creen que se deberían adoptar, esperamos encontrar respuestas que hagan referencia, sobre todo, a la contaminación y a la búsqueda de energías alternativas. Así, por ejemplo, creemos que los alumnos se referirán a la búsqueda de recursos energéticos para paliar la escasez de petróleo y a las energías respetuosas con el medio ambiente. Pensamos, por tanto, que no harán referencia explícita a las medidas educativas, a medidas políticas o a la responsabilidad de cada persona para la resolución de los problemas.

Una vez presentados los diferentes diseños propuestos para la puesta a prueba de la primera hipótesis, en el próximo capítulo presentaremos y analizaremos los resultados obtenidos al llevarlos a la práctica.

### **Referencias bibliográficas en el capítulo 3**

BULLEJOS, J. (1983). Análisis de actividades en textos de Física y Química de 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 147-158.

CAMPANARIO, J. M. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3) p. 351-364.

CAMPANARIO, J. M. (2003). De la necesidad, virtud: cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 161-172.

CARRASCOSA, J. (1987). *Tratamiento didáctico en la enseñanza de las ciencias, de los errores conceptuales*. Tesis Doctoral. (Servei de Publicacions de la Universitat de Valencia: Valencia).

CONCARI, S. B. y GIORGI, S. M. (2000). Los problemas resueltos en textos universitarios de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 381-390.

CONCARI, S. B., POZZO, R. L. y GIORGI, S. M. (1999). Un estudio sobre el rozamiento en libros de física de nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 273-280.

DEL CARMEN, L. y JIMÉNEZ, M. P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*, 11, (7-14).

DOMÉNECH, J. L. (2000). L'ensenyament de l'energia en l'educació secundària. Anàlisi de les dificultats i una proposta de millora. *Tesi Doctoral. Universitat de València*.

### 3. Diseños experimentales para la puesta a prueba de la primera hipótesis

FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, J. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., VILCHES, A., VALDÉS, P., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y SALINAS, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2 (<http://www.saum.uvigo.es/reec/>).

GARCÍA PALACIOS, E. M., GONZÁLEZ GALBARTE, J. C., LÓPEZ CERREZO, J. A., LUJÁN, J. L., MARTÍN GORDILLO, M., OSORIO, C. y VALDÉS, C. (2001). Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual. *Cuadernos de Iberoamérica*. Madrid: OEI.

GASKELL, P.J. (1992). Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, 14(3), 265-272.

GIL, D. (1993). Contribución de la historia y 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., CARRASCOSA, J. FURIÓ, C. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/ Universidad de Barcelona. Barcelona: Ed. Horsori.

GIL- PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), pp. 259-272.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, Vol. 14, 309-320.

HAYMAN, J. L. (1981). *Investigación y Educación*. Barcelona: Paidós.

ISLAS, S. M. y GURIDI, V. M. (1999). El quehacer científico versus el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 281-290.

JACOBY, B. A. y SPARGO, P. E. (1989). Ptolemy revisited? The existent of a mild instrumentalism in some selected high school physical science textbooks. *Interchange*, (20), pp. 33-53.

LARKIN, J. H. y RAINARD, B. (1984). A research methodology for studying how people think. *Journal of research in Science Teaching*, 21, 235-254.

LÓPEZ CUBINO, R. (2001). *El área de Tecnología en Secundaria*. Madrid: Narcea.

MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CERREZO, J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación Científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 28. Enero-Abril 2002.

MARTÍN GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica, en *Revista Iberoamericana de Educación*, num. 32, Mayo-Agosto, Madrid, OEI, <http://www.campus-oei.org/revista/rie32.htm>

MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1987). La resolución de problemas de Física como investigación: un instrumento de cambio metodológico. Tesis doctoral. Facultad de Físicas. Universidad de Valencia.

### 3. Diseños experimentales para la puesta a prueba de la primera hipótesis

OTERO, J. (1997). El conocimiento de la falta de conocimiento de un texto científico. *Alambique*, 11, pp. 15-22.

PAYÁ, J. (1991). Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física y la Química. Un análisis crítico y una propuesta fundamentada. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

PEDRINACI, E. (1994). Epistemología, historia de las ciencias y abejas. *Investigación en la escuela*, 23, 95-102.

POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278.

SIERRA, R. (1983). *Técnicas de Investigación Social. Teoría y Ejercicios*. Madrid: Paraninfo.

SOLBES, J. y TRAVER, M. J. (1996). La utilización de la Historia de la Ciencia en la enseñanza de la física y química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 103-112.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). Interacciones Ciencia Técnica Sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7 (1), 14-20.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones CTS. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 181-186.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1998). Las interacciones CTS en los nuevos textos de secundaria. En Banet, E. y De Pro, A. (Coord.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1 pp. 142-147. Murcia: D. M.

STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: From logic to evidence. *Science Education*, 76, 1-16.

TRAVER, M.J. (1996). *La història de les ciències en l'ensenyament de la Física i la Química*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.



**4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE  
RESULTADOS OBTENIDOS EN LA  
CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS**

En este capítulo se presentan los resultados correspondientes a la contrastación de la primera hipótesis de nuestro trabajo, según la cual **la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo, en general, una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**

Como consecuencia derivada de esta primera hipótesis, tal y como planteábamos en el capítulo 2, cabe esperar que **los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tengan, en general, una correcta comprensión de la relación existente entre la ciencia y la tecnología. Más aún, después de varios años de estudiar tecnología, la mayoría conciben la tecnología como simple “ciencia aplicada” y no muestran una correcta comprensión de las relaciones tecnología, sociedad y medio ambiente.**

Como hemos visto en el capítulo anterior, para someter a prueba la primera hipótesis hemos elaborado una pluralidad de diseños que nos van a permitir analizar los diferentes aspectos de la misma desde varias perspectivas. Esta forma de trabajo es de gran utilidad ya que, como ya señalábamos anteriormente, la investigación educativa no basa primordialmente la validez de una investigación en el tamaño de las muestras sino en la coherencia de los resultados obtenidos con distintos enfoques (Wilson et al., 1986).

Estos diseños han sido elaborados con la finalidad de sacar a la luz las concepciones de los docentes y estudiantes acerca de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medioambiente.

Para el estudio y análisis de las visiones transmitidas por la educación tecnológica, abordaremos las concepciones de los docentes acerca de la tecnología y su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente así como la imagen que sobre dichas interacciones muestran los libros de texto; para ello, se han utilizado, como señalábamos en el capítulo 3, las siguientes herramientas:

- Análisis de libros de texto de Tecnología.
- Planteamiento a docentes en formación y en activo de la cuestión abierta: “La tecnología es...”
- Análisis de exámenes utilizados por profesores en activo.
- Realización de cuestionarios para profesores en activo y en formación sobre las relaciones CTSA.
- Realización de entrevistas a profesores de Tecnología en activo, acerca de sus concepciones sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.
- Análisis de las valoraciones críticas que hacen profesores en activo a un examen de tecnología preparado por nuestro equipo.

A su vez, para el estudio y posterior análisis de las concepciones de los estudiantes acerca de la tecnología y su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, se han utilizado las siguientes herramientas:

- Aplicación de un cuestionario a estudiantes de diferentes cursos de enseñanza secundaria para analizar sus visiones de las relaciones CTSA.
- Aplicación de un cuestionario, más concretamente, para estudiar las percepciones de estudiantes de secundaria acerca de las relaciones entre los graves problemas que afectan en este momento a la humanidad, sus causas y las medidas necesarias, y el desarrollo tecnológico.

Como podrá verse a lo largo de este capítulo, los resultados de cada diseño apoyan la hipótesis planteada. Sin embargo, será la coherencia existente entre los resultados obtenidos a partir de los diferentes diseños lo que dará mayor validez a nuestra primera hipótesis.

#### **4.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE LIBROS DE TEXTO**

Mediante la red de análisis (**Red 3.1**) presentada en el capítulo anterior se pretende estudiar si los libros de texto de Tecnología de secundaria prestan atención a los aspectos que conforman la primera hipótesis. Se ha diseñado de modo que podamos saber si cada uno de los aspectos se aborda mediante actividades para los alumnos, o mediante lo que hemos denominado “referencias” (es decir, cualquier comentario o información, pie de foto, etc.). A continuación exponemos los criterios que hemos utilizado para la aplicación del cuestionario.

Hemos contabilizado como “actividad” cualquier propuesta de trabajo dirigida a los alumnos, bien sea individual o en grupo. La estructura de los capítulos es diferente en cada libro de texto, por lo que nos encontramos con actividades previas (al comienzo del capítulo), actividades de desarrollo y actividades finales, dependiendo de cada libro. A la hora de contabilizar las actividades no hemos hecho distinción y hemos considerado cualquier actividad, aunque apareciera bajo el título de “actividad complementaria” (normalmente en un recuadro de un color diferente al resto del capítulo), pese a que éstas no suelen ser tenidas en cuenta por el profesorado.

En cuanto a las “referencias”, hemos contabilizado como tal cualquier párrafo, comentario, pie de foto, etc. Con esto hemos querido ponernos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis, ya que cualquier mención encontrada (por pequeña que fuera) ha sido tomada en cuenta.

Para poder cuantificar hemos elegido como unidad de análisis los capítulos, por dos razones:

- En primer lugar porque nuestro objetivo no es realizar un análisis individualizado de diferentes libros de texto, sino hacer un análisis cualitativo del tratamiento que se hace de las relaciones ciencia/tecnología/sociedad/medio ambiente en los libros de texto de secundaria en general.

- Y en segundo lugar porque se trata de ver si los distintos aspectos estudiados están debidamente integrados en el desarrollo de las asignaturas o quedan, a lo sumo, reducidos a un primer o último capítulo, sin afectar al tratamiento de los contenidos.

El cuestionario se ha aplicado a 257 capítulos contenidos en 26 libros de texto de Tecnología, de niveles comprendidos entre 1º y 4º de Educación Secundaria Obligatoria (N = 257), y para su valoración hemos tenido en cuenta los siguientes criterios:

En primer lugar, contabilizaremos el porcentaje de capítulos que contienen actividades relacionadas con cada uno de los aspectos del cuestionario. También incluiremos el porcentaje de capítulos que contienen referencias a cada uno de los aspectos del cuestionario. Ambos resultados los mostraremos en un cuadro y en un gráfico.

A partir de estos resultados, para estudiar los capítulos que prestan alguna atención a cada uno de los aspectos del cuestionario, aunque sea muy superficialmente, contabilizaremos el porcentaje de capítulos que contienen alguna actividad y/o referencia. De este modo obtenemos el porcentaje de capítulos que prestan una mínima atención a los diferentes aspectos del cuestionario.

Para estudiar los capítulos que prestan una atención algo mayor a la simple mención una única vez a los aspectos del cuestionario, hemos considerado suficiente que éstos contengan, entre actividades y referencias, como mínimo tres (lo que supone, claro está, una muy pequeña exigencia). En este apartado analizaremos cada uno de los aspectos del cuestionario aplicando este criterio.

Con el fin de realizar una presentación y análisis de los resultados de una manera clara y significativa, vamos a realizar el siguiente desglose:

1. En primer lugar presentaremos los resultados generales obtenidos al aplicar el cuestionario a cada uno de los capítulos. Mostraremos en un cuadro (**Cuadro 4.1.1**) y en un gráfico (**Gráfico 4.1.1**) el número de capítulos que tratan los aspectos del cuestionario mediante actividades. Este valor muestra los capítulos que contienen, al menos una actividad referida a cada uno de los aspectos del cuestionario. También mostraremos en un cuadro (**Cuadro 4.1.2**) y en un gráfico de barras (**Gráfico 4.1.2**)

el número de capítulos que tratan los aspectos del cuestionario mediante referencias. Del mismo modo, este valor muestra los capítulos que contienen, como mínimo, una referencia sobre cada uno de los aspectos del cuestionario.

2. A continuación, mostraremos en un cuadro (**Cuadro 4.1.3**) y en un gráfico de barras (**Gráfico 4.1.3**) el número de capítulos que contienen alguna actividad o referencia sobre los aspectos del cuestionario. Se trata, como ya hemos indicado, de contabilizar los capítulos que abordan, aunque sea de una manera muy superficial, los diferentes aspectos del cuestionario; por tanto, en este apartado contabilizamos los capítulos que contienen “algo”, es decir, al menos una actividad o una referencia. Basta, pues, que haya una simple observación para que el capítulo sea contabilizado como que presta alguna atención al aspecto analizado.

3. Estudiaremos también los capítulos que prestan una mayor atención a cada uno de los aspectos del cuestionario de acuerdo con los criterios que exponemos a continuación:

Para considerar que un capítulo presta cierta atención a un determinado aspecto del cuestionario hemos reducido la exigencia a que éstos contengan, entre actividades y referencias, un mínimo de tres, conscientes de que ello no significa una verdadera profundización (sobre todo cuando se trata de meras referencias), aunque sí supone, al menos, ir más allá de una simple mención. Con este criterio, analizaremos los 6 aspectos principales del cuestionario adjuntando para ello un cuadro como el siguiente:

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que suman, entre actividades y referencias, 3 o más de 3		

También analizaremos en cuántos capítulos hay más de una actividad, puesto que es la presencia de actividades a realizar por los estudiantes lo que realmente facilita la profundización. Para realizar este análisis, se incluye, para cada aspecto, una tabla como la que a continuación se muestra:

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades		

Seguidamente, realizaremos un análisis de cada uno de los aspectos señalados y comprobaremos si los resultados apoyan o no la hipótesis.

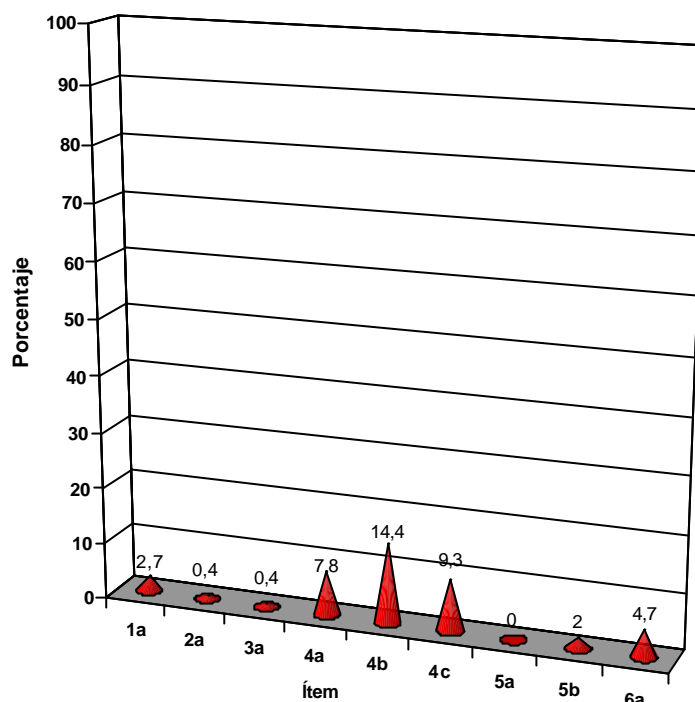
#### 4.1.1. Resultados generales del análisis de textos

A continuación, y como ya se ha señalado anteriormente, se muestran los resultados generales que se han obtenido al aplicar el cuestionario a cada uno de los capítulos de los libros de texto (**Cuadro 4.1.1**). El listado de los libros de texto analizados, así como el análisis completo de cada uno, pueden consultarse en el **Anexo II**.

**Cuadro 4.1.1**  
Número de capítulos que contienen alguna actividad sobre los diferentes aspectos del cuestionario (N =257)

Ítem	Capítulos	%(SD)
1. a. ¿Se plantea alguna actividad para sacar a la luz las <u>concepciones de los alumnos</u> sobre la naturaleza de la tecnología?	7	2,7 (1,0)
2. a. ¿Se incluyen actividades relativas a la contribución de la tecnología al desarrollo científico?	1	0,4 (0,4)
3. a. ¿Se incluye alguna actividad relativa a la creciente <u>imbricación entre ciencia y tecnología</u> y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas (lo que ha llevado al concepto de tecnociencia)?	1	0,4 (0,4)
4. a. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las <u>repercusiones sociales (incluidas las medioambientales)</u> de los desarrollos técnicos a lo largo de la historia?	20	7,8 (1,7)
4. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad?	37	14,4 (2,2)
4. c. ¿Se plantean actividades acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico contribuya a la sostenibilidad?	24	9,3 (1,8)
5. a. ¿Se incluyen actividades sobre la influencia de la sociedad en el desarrollo técnico a lo largo de la historia?	0	--
5. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de la <u>influencia de la sociedad</u> sobre los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad?	5	2,0 (0,9)
6. a. ¿Se incluyen actividades de <u>toma de decisiones</u> en base a los beneficios previstos de determinados desarrollos tecnocientíficos, su posible impacto medioambiental y social, la aplicación del principio de precaución, etc.?	12	4,7 (1,3)

**Gráfica 4.1.1**  
**Porcentaje de capítulos que contienen alguna actividad sobre los diferentes aspectos del cuestionario (N = 257)**



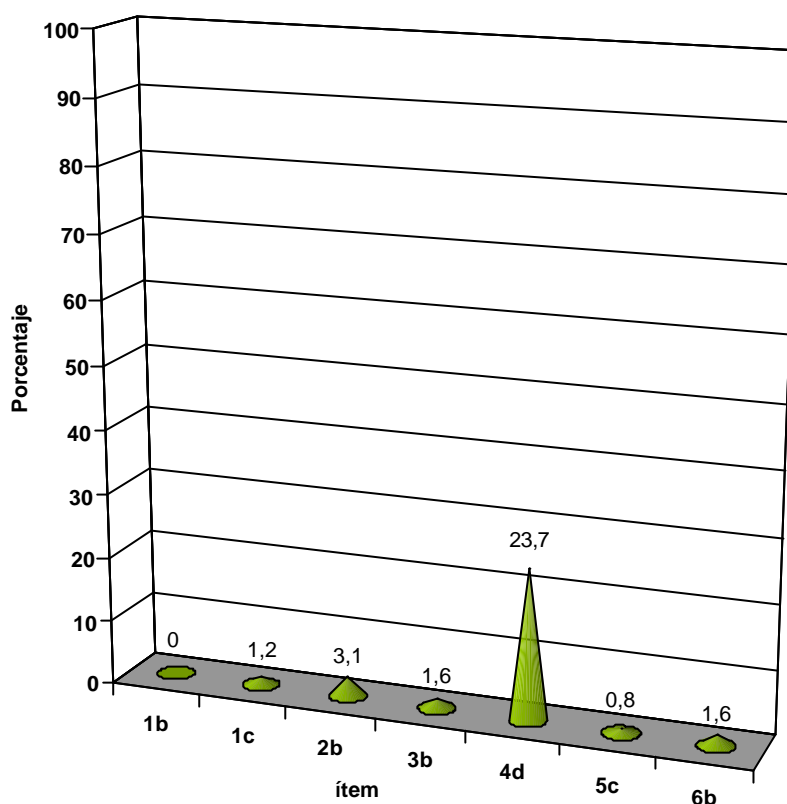
Pasamos a continuación, como ya se ha indicado, a mostrar los capítulos que contienen alguna referencia sobre los diferentes aspectos del cuestionario (**Cuadro 4.1.2**):

**Cuadro 4.1.2**  
**Número de capítulos que contienen alguna referencia sobre los diferentes aspectos del cuestionario (N =257)**

Ítem	Capítulos	% (SD)
1. b. ¿Se hace alguna referencia, al menos, a la existencia de concepciones distorsionadas?	0	--
1. c. ¿Contribuye el libro de texto a la concepción distorsionada que asocia tecnología y “ciencia aplicada”?	3	1,2 (0,7)
2. b. ¿Se hace alguna referencia a las contribuciones de la Tecnología al desarrollo científico?	8	3,1 (1,1)
3. b. ¿Se hace alguna referencia a la creciente <u>imbricación entre ciencia y tecnología</u> y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas (lo que ha llevado al concepto de tecnociencia)?	4	1,6 (0,8)
4. d. ¿Se hace alguna referencia a la discusión de las <u>repercusiones sociales (incluidas las medioambientales)</u> de los desarrollos técnicos a lo largo de la historia y/o en la actualidad y/o referencias acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico contribuya a la sostenibilidad?	61	23,7 (2,7)
5. c. ¿Se hace alguna referencia a la influencia de la sociedad en el desarrollo técnico a lo largo de la historia?	2	0,8 (0,6)
6. b. ¿Se hace referencia a la necesidad de la toma de decisiones?	4	1,6 (0,8)



**Gráfica 4.1.2**  
**Porcentaje de capítulos que contienen alguna referencia sobre los diferentes aspectos del cuestionario (N =257)**



Como puede apreciarse, los resultados obtenidos muestran ya que la mayoría de capítulos analizados no prestan suficiente atención a los diferentes aspectos de la red de análisis, ya que los porcentajes de los mismos que contienen referencias o actividades son muy bajos. Sólo en el caso de las repercusiones sociales y medioambientales de la tecnología los resultados son un poco más altos, aunque, como recordaremos, el análisis se ha realizado con gran “magnanimidad”. Esta escasa atención se pone más claramente de manifiesto cuando tenemos en cuenta conjuntamente los capítulos donde aparecen referencias y/o actividades, resultados que pasamos a comentar en el siguiente apartado.

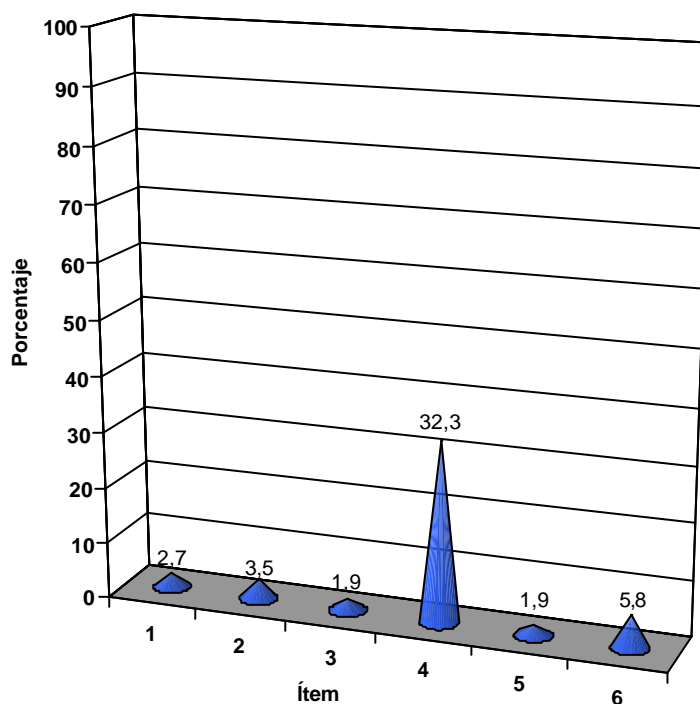
#### **4.1.2. Resultados y análisis de capítulos que abordan los aspectos del cuestionario mediante alguna actividad y/o referencia**

En este apartado se trata de contabilizar los capítulos que abordan, aunque sea de una manera muy superficial, los diferentes aspectos del cuestionario. Por tanto, el siguiente cuadro muestra los capítulos que abordan cualquier aspecto, sea como actividad, referencia o actividades y referencias conjuntamente (**Cuadro 4.1.3**).

**Cuadro 4.1.3**  
**Número de capítulos que contienen alguna actividad y/o referencia sobre cada uno de los aspectos del cuestionario (N = 257)**

Aspecto analizado	Capítulos	% (SD)
1.- Capítulos que contienen alguna actividad y/o alguna referencia sobre la naturaleza de la tecnología	7	2,7 (1,0)
2.- Capítulos que incluyen actividades y/o referencias relativas a la contribución de la tecnología al desarrollo científico	9	3,5 (1,1)
3.- Capítulos que incluyen actividades y/o referencias relativas a la creciente <u>imbricación entre ciencia y tecnología</u> y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas	5	1,9 (0,9)
4.- Capítulos que contienen alguna actividad y/o alguna referencia sobre las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos	83	32,3 (2,9)
5.- Capítulos que incluyen actividades y/o referencias sobre la influencia de la sociedad en el desarrollo tecnológico	5	1,9 (0,9)
6.- Capítulos que incluyen actividades y/o referencias relativas a la <u>toma de decisiones</u> en base a los beneficios previstos de determinados desarrollos tecnocientíficos, su posible impacto medioambiental y social, la aplicación del principio de precaución	15	5,8 (1,5)

**Gráfica 4.1.3**  
**Porcentaje de capítulos que contienen alguna actividad y/o referencia sobre cada uno de los aspectos del cuestionario (N =257)**



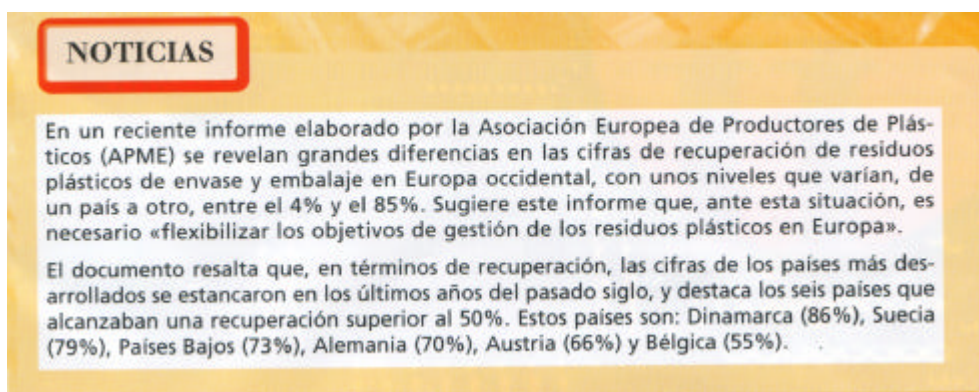
Con este análisis de resultados hemos querido ponernos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis contabilizando, para cada uno de los aspectos recogidos en el cuestionario, cualquier actividad o referencia. De este modo estamos

incluyendo en este apartado los capítulos que abordan aspectos del cuestionario aunque sea de una forma muy superficial, ya que no ponemos ningún tipo de restricción y basta una única mención para que el capítulo sea contabilizado.

Como es lógico, todos los porcentajes obtenidos son mayores que en el apartado anterior, ya que los resultados del apartado 4.1.1 están incluidos en éste, al estar contabilizando capítulos que contienen alguna actividad y/o referencia. Pero aún así podemos ver que son muy bajos excepto en un caso, que comentamos seguidamente.

De entre los resultados obtenidos, destaca el que hace referencia a las repercusiones sociales y medioambientales del desarrollo tecnológico. Según puede apreciarse en el Cuadro 4.1.3, aproximadamente un tercio de los capítulos analizados (32,3 %) tratan estas repercusiones aunque sea de un modo muy superficial, ya que contienen al menos una actividad o referencia. Por supuesto el resultado debiera ser mucho más alto, puesto que vienen a mostrar que en poco menos de un tercio de los capítulos se hace alguna referencia a las interacciones CTSA.

Reiteramos que en todo momento hemos querido ponernos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis y hemos contabilizado cualquier referencia o actividad encontrada. Por ejemplo, algunos textos incluyen al final de la unidad apartados que, bajo diferentes títulos, vienen a ampliar los contenidos de ésta, tal y como se muestra en el siguiente fragmento escaneado:



(Texto W, capítulo 2, página 49)

Este tipo de apartados no se encuentran integrados a lo largo de la unidad didáctica, sino que generalmente aparecen tras las actividades del final del tema, por lo que son considerados en muchos textos como “ampliación” y raramente son tratados en el aula.

Sin embargo, conviene destacar algunas referencias que, pensamos, profundizan en mayor medida en las repercusiones sociales y ambientales de la tecnología. Por ejemplo, algunos textos incluyen algún apartado dentro de una unidad dedicado al impacto medioambiental del desarrollo tecnológico, tal y como se muestra a continuación:

Análisis de objetos y sistemas técnicos

## 2.6. Impacto medioambiental

La materia prima de la que proceden los diferentes tipos de maderas y sus derivados se obtiene de los **bosques**. Éstos constituyen una gran riqueza para la humanidad pero sobre ellos se cierne una amenaza muy grave, que recibe el nombre de **deforestación**.

Lee el texto que te presentamos a continuación y descubre los riesgos de la **deforestación** y la forma de conservar y explotar racionalmente nuestros bosques.


La **deforestación** es la *destrucción de los bosques debido a la acción del ser humano*.

Se inició para obtener madera y suelos cultivables y de pastoreo pero, a partir de la segunda mitad del siglo XX, el ritmo de desaparición de masa forestal ha crecido de modo alarmante, sobre todo en las regiones de *bosque tropical húmedo*.

En la actualidad, la destrucción de los bosques es una de las principales amenazas con las que se enfrenta el equilibrio ambiental del planeta.

Los bosques tropicales son una de las principales fuentes de compuestos químicos que permiten la fabricación de *medicamentos*. En ellos viven la mitad de las especies animales y vegetales del mundo.

La mayor causa de la destrucción de estos bosques es la **explotación de madera**, que se exporta luego hacia la Unión Europea, los Estados Unidos y Japón.



Los bosques desempeñan un papel fundamental en la conservación del medio ambiente. Colaboran en la conservación de los *recursos hídricos* y evitan la *erosión* del terreno. También son imprescindibles para frenar el *cambio climático* y el calentamiento del planeta.

La **silvicultura** es la explotación científica de los bosques: los árboles se cortan de forma regular según el ritmo de crecimiento de los nuevos brotes.

**Fijate** **Medidas correctoras en la producción de papel y cartón**

La producción de papel y cartón tiene también un fuerte impacto medioambiental que es necesario evitar.

- Como acabamos de ver, la *tala indiscriminada* de árboles contribuye enormemente a la deforestación del planeta.

Para evitarlo, las empresas madereras tienen obligación de **plantar dos árboles por cada uno que talan**.

- Los *vertidos de lignina y celulosa* a los ríos disminuyen la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y pueden afectar a la vida acuática.

Las sustancias que se emplean para el *blanqueo del papel* también son altamente contaminantes.

Para evitar estos efectos, las industrias de pasta de papel tienen obligación de **depurar las aguas residuales antes de verterlas**.

32

(Texto I, capítulo 1, página 32)

En cuanto a las actividades, al igual que sucede con las referencias, encontramos diferentes niveles de profundización sobre los aspectos que estamos analizando. El siguiente ejemplo es una muestra de actividad que hemos considerado que trata, aunque sea de una manera muy superficial, las consecuencias sociales del desarrollo tecnológico:

**2** Indica algunas de las ventajas e inconvenientes de la televisión.

(Texto D, capítulo 1, página 13)

Hemos contabilizado esta actividad ya que aparece justo a la finalización de un apartado titulado “Los efectos de la tecnología”. Pensamos, por ello, que con esta actividad se pretende fomentar la reflexión en torno a las transformaciones que la televisión ha producido en las comunicaciones y en las relaciones sociales. Puede apreciarse en el ejemplo mostrado la gran “magnanimidad” con la que se ha realizado el análisis.

Por otra parte, también hemos encontrado actividades que profundizan en mayor medida en el estudio de las repercusiones sociales y ambientales de la tecnología. Mostramos, a continuación, dos ejemplos:

**4.** Diseña un logotipo para promover el uso de los contenedores para pilas.

(Texto W, capítulo 3, página 60)

**1.** Realizad una campaña dentro del centro de estudios para concienciar del peligro de la contaminación y fomentar el reciclaje de los residuos. Para ello, formad varios grupos de tres o cuatro personas que se distribuyan las tareas necesarias para la realización de esta campaña.

(Texto W, capítulo 10, página 220)

Incluso en algún libro de texto hemos podido encontrar actividades relacionadas con las repercusiones sociales del desarrollo tecnológico a lo largo de la historia, aunque no es habitual. Sirva como ejemplo la siguiente actividad:

4. Establece de la forma más completa posible los hitos tecnológicos más significativos y el tipo de avance social originado por ellos en los siguientes momentos históricos:
- 3000 - 2000 a.C. (Mesopotamia y Egipto).
  - 1000 - 450 a.C. / d.C. (Civilizaciones clásicas).
  - Siglos V - XV.
  - Siglo XVIII.
  - Siglo XIX.
  - Siglo XX.

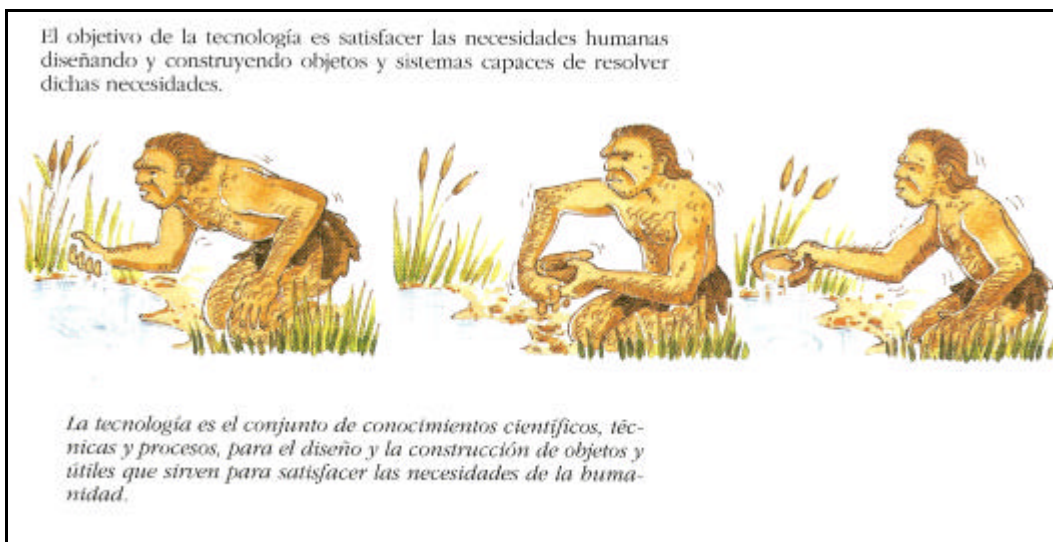
(Texto U, capítulo 8, página 269)

También queremos destacar que hemos encontrado muy pocas referencias explícitas a la visión que asocia tecnología y “ciencia aplicada” (ítem 1.c). En tres libros de texto aparece definida la tecnología del siguiente modo:

La **tecnología** es el conjunto de conocimientos científicos desarrollados de forma práctica por la técnica. Se ocupa de los procesos

(Texto Y, capítulo 7, página 94)

o también “*La tecnología es el conjunto de conocimientos científicos, técnicas y procesos, para el diseño y la construcción de objetos y útiles que sirven para satisfacer las necesidades de la humanidad*” tal y como se muestra en el fragmento escaneado de uno de los textos:



(Texto J, capítulo 1, página 9)

Sin embargo, puede considerarse que implícitamente los libros de texto contribuyen a reforzar esta visión ya que no muestran, en general, cómo se construye el conocimiento tecnocientífico (tan sólo un 2,7% de los capítulos analizados contienen alguna actividad

y/o alguna referencia sobre la naturaleza de la tecnología). Tampoco hemos podido encontrar libros de texto que salgan al paso de esta extendida visión deformada.

#### 4.1.3. Resultados y análisis de capítulos que tratan con mayor atención los diferentes aspectos del cuestionario

Para profundizar más en el análisis de los resultados obtenidos, estudiaremos en este apartado el porcentaje de capítulos que tratan con mayor atención los diferentes aspectos del cuestionario. Para ello hemos establecido el siguiente criterio, ya comentado anteriormente:

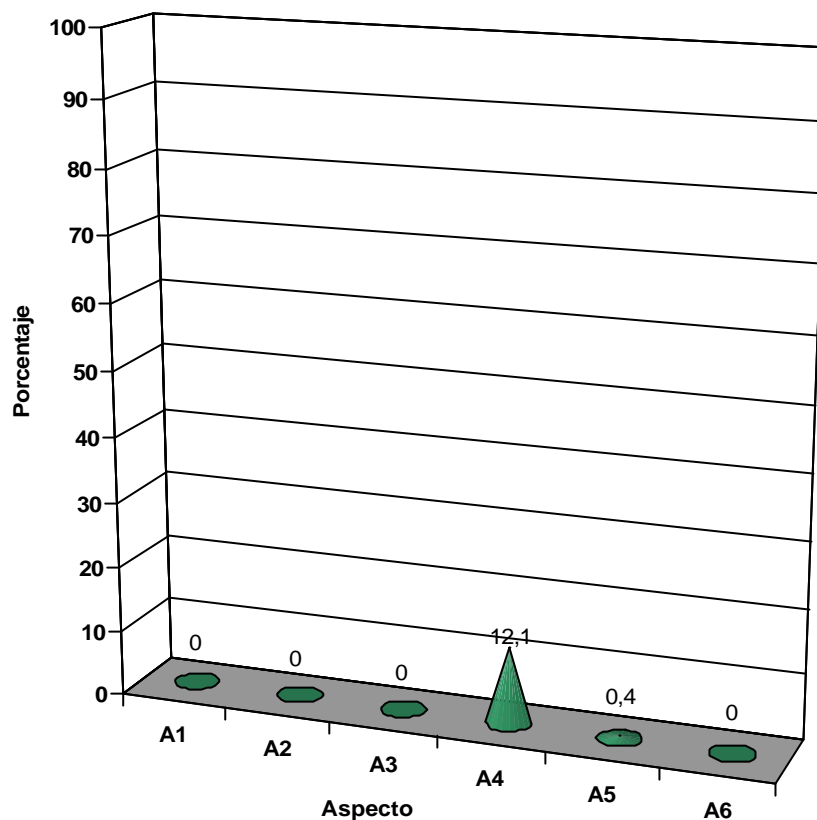
Para considerar que un capítulo trata con “cierta profundidad” un determinado aspecto, hemos establecido el criterio (que sigue siendo muy benévolo) de que debe contener entre actividades y referencias, tres o más de tres. Por tanto, analizaremos cada uno de los aspectos del cuestionario teniendo en cuenta el criterio establecido.

Tal y como venimos haciendo en apartados anteriores, presentamos los resultados obtenidos mediante un cuadro (**Cuadro 4.1.4**) y un gráfico (**Gráfico 4.1.4**), para a continuación pasar a comentarlos detalladamente.

**Cuadro 4.1.4**  
Número de capítulos que suman, entre actividades y referencias sobre cada uno de los aspectos del cuestionario, 3 o más de 3 (N = 257)

Aspecto analizado	Capítulos	% (SD)
A1. Capítulos que prestan una cierta atención a la naturaleza de la tecnología.	0	--
A2. Capítulos que prestan una cierta atención a la contribución de la tecnología al desarrollo científico a lo largo de la historia (y en la actualidad).	0	--
A3. Capítulos que prestan una cierta atención a la creciente <u>imbricación entre ciencia y tecnología</u> y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas.	0	--
A4. Capítulos que prestan una cierta atención a las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos.	31	12,1 (2,0)
A5. Capítulos que prestan una cierta atención a la influencia de la sociedad en el desarrollo tecnológico.	1	0,4 (0,4)
A6. Capítulos que incluyen actividades y referencias relativas a la <u>toma de decisiones</u> en base a los beneficios previstos de determinados desarrollos tecnocientíficos, su posible impacto medioambiental y social, la aplicación del principio de precaución.	0	--

**Gráfica 4.1.4**  
**Porcentaje de capítulos que suman, entre actividades y referencias sobre cada uno de los aspectos del cuestionario, 3 o más de 3 (N = 257)**



**A1. Capítulos que prestan una cierta atención a la naturaleza de la tecnología (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que suman, entre actividades y referencias, 3 o más de 3	0	--

No hemos encontrado ningún capítulo que preste una cierta atención a la naturaleza de la tecnología. Como ya hemos comentado anteriormente, los alumnos tienen sus propias ideas acerca de la tecnología, adquiridas por impregnación social. Estas ideas conviene sacarlas a la luz ya que, a menudo, no se ajustan a la realidad y, en estos casos, hay que trabajar para modificarlas. El hecho de no intentar sacar a la luz las ideas previas de los alumnos nos da a entender que los libros de texto no prestan atención a las posibles visiones deformadas y, por tanto, están contribuyendo, tal y como planteamos en nuestra hipótesis, a las visiones empobrecidas de la tecnología socialmente aceptadas.



**A2. Capítulos que prestan una cierta atención a la contribución de la tecnología al desarrollo científico a lo largo de la historia (y en la actualidad) (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que suman, entre actividades y referencias, 3 o más de 3	0	--

De acuerdo con nuestra hipótesis y a la vista de los resultados obtenidos, se confirma que los capítulos analizados no prestan atención a las contribuciones de la tecnología sobre el desarrollo científico a lo largo de la historia. Tan solo uno de los 257 capítulos analizados contiene una referencia y una actividad relacionadas con este hecho, por lo que la mayoría de textos analizados contribuyen, por omisión, a reforzar la idea de que la tecnología no ha contribuido al desarrollo científico. A continuación mostramos, la referencia encontrada en este capítulo:

Así, con los ordenadores es posible generar gráficos, componer libros, establecer comunicaciones y gestionar bases de datos. Estas últimas han resultado muy útiles en las áreas de trabajo administrativo, técnico y científico. Piensa, por ejemplo, que sin la ayuda de los ordenadores, el ser humano no habría sido capaz de descifrar los millones de combinaciones que forman el código genético humano. Se ha estimado que para conseguir los resultados que ahora tenemos habrían sido necesarias más de un millón de personas trabajando cientos de años.

(Texto Y, capítulo 2, página 16)

**A3. Capítulos que prestan una cierta atención a la creciente imbricación entre ciencia y tecnología y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que suman, entre actividades y referencias, 3 o más de 3	0	--

No hemos encontrado ningún capítulo que profundice en la creciente imbricación entre ciencia y tecnología. Este resultado no deja de ser sorprendente ya que, tal y como se plantea en la cuestión, hoy en día es cada vez mayor la dificultad de distinguir entre ambas. Sin embargo, el no prestar atención a esta relación entre ciencia y tecnología supone que, desde la educación tecnológica, se está dando una visión deformada al estar contribuyendo a la separación entre ambas.

**A4. Capítulos que prestan una cierta atención a las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que suman, entre actividades y referencias, 3 o más de 3	31	12,1 (2,0)

Como cabría suponer, es en esta cuestión donde encontramos un porcentaje mayor de capítulos que prestan una cierta atención a las repercusiones sociales del desarrollo tecnocientífico (12,1%) debido fundamentalmente a dos razones. Por una parte, este aspecto recoge los resultados de cuatro cuestiones planteadas en el cuestionario (4a, 4b, 4c y 4d). Por otra, hay que destacar que la necesidad de tratar las repercusiones sociales y medioambientales de la tecnología aparece, de manera explícita, en el currículo de la LOGSE, como pasa actualmente en el de la LOE. Hay que señalar, sin embargo, que algunos libros de texto incluyen esta dimensión de la tecnología como un capítulo más, por lo que todo el tratamiento del papel social de la tecnología (sobre todo repercusiones medioambientales) queda reducido a ese capítulo aislado. Otros libros de texto incluyen un apartado al final de cada capítulo al que denominan “Tecnología y Sociedad” en el que “concentran” el tratamiento de este aspecto.

Por otra parte, un capítulo que suele profundizar en las repercusiones sociales (casi exclusivamente medioambientales) del desarrollo tecnocientífico es el dedicado a la “Energía”. En este capítulo podemos encontrar apartados dedicados al impacto ambiental de determinados sistemas encaminados a la transformación y producción de energía.

Como ejemplo, en un libro de texto hemos encontrado un capítulo titulado “La energía y su transformación” en el cual, tras las actividades finales, aparece un apartado bajo el título “Tecnología y Sociedad” en el que se comenta el grave problema de las emisiones contaminantes:



(Texto B, capítulo 4, página 85)

**A5. Capítulos que prestan una cierta atención a la influencia de la sociedad en el desarrollo tecnológico (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que suman, entre actividades y referencias, más de 3	1	0,4 (0,4)

De acuerdo con nuestra hipótesis, sólo un capítulo de los analizados (0,4%) presta una cierta atención a la influencia de la sociedad en el desarrollo tecnológico, ya que incluye dos actividades y una referencia. Las menciones encontradas se relacionan con la publicidad y con los estudios de mercado, temas incluidos en el currículo, como se pone de manifiesto en la siguiente actividad: *¿Qué aspectos habrá que tener en cuenta a la hora de definir el perfil del posible comprador de una enciclopedia?* (Texto G, capítulo 4, página 77). Como puede apreciarse, no se trata de una actividad en la que se profundice en la influencia de la sociedad en el desarrollo tecnológico, aunque pone de manifiesto la importancia que para las empresas tiene la opinión y las necesidades de los consumidores a la hora de lanzar sus productos al mercado.

Como hemos visto en los resultados presentados, los libros de texto muestran, en general, una tecnología que se desarrolla independientemente de la sociedad donde se encuentra inmersa.

**A6. Capítulos que incluyen actividades y referencias relativas a la toma de decisiones (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que suman, entre actividades y referencias, más de 3	0	--

Se trata de ver en qué medida se contempla la toma de decisiones ligada a los beneficios previstos de determinados desarrollos tecnocientíficos, su posible impacto medioambiental y social, la aplicación del principio de precaución, etc.

No hemos encontrado ningún capítulo que, según nuestro criterio, preste una cierta atención a la importancia de la toma de decisiones. La profundización en la toma de decisiones por parte de los libros de texto, en general, es muy escasa (casi nula), por lo que no están contribuyendo a la formación de futuros ciudadanos y ciudadanas responsables, para participar en la toma de decisiones fundamentadas frente a los problemas que afectan al presente y futuro de la humanidad.

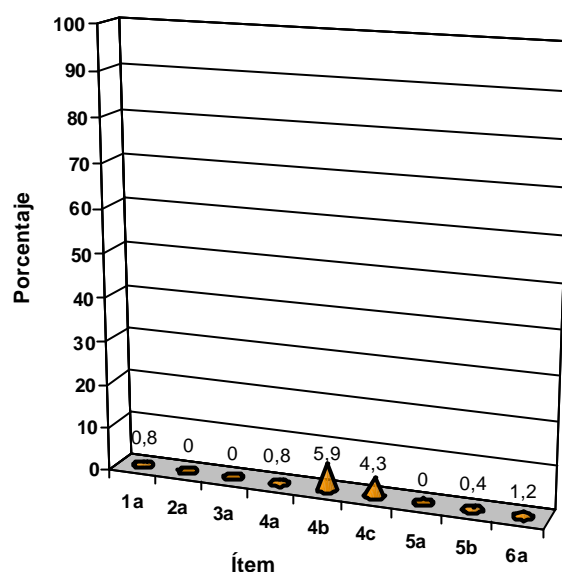
Pueden constatarse ahora los bajos porcentajes de capítulos que prestan una cierta atención (materializada en tres o más menciones de cualquier tipo) al conjunto de los aspectos de la red. Ahora bien, como ya hemos señalado, es la presencia de actividades

a realizar por los estudiantes lo que realmente facilita la profundización, por lo que interesa ver en cuántos capítulos hay más de una actividad, lo que cabe esperar reducirá significativamente los ya bajos porcentajes. Procederemos a ello, a continuación, presentando en primer lugar, como venimos haciendo en apartados anteriores, los resultados obtenidos en un cuadro (**Cuadro 4.1.5**) y en un gráfico de barras (**Gráfica 4.1.5**) para seguidamente comentarlos uno por uno.

**Cuadro 4.1.5**  
**Número de capítulos que contienen dos o más actividades**  
**Sobre cada uno de los aspectos del cuestionario (N = 257)**

<b>Aspecto analizado</b>	<b>Capítulos</b>	<b>% (SD)</b>
1.a. ¿Se plantean actividades para sacar a la luz las <u>concepciones de los alumnos</u> sobre la naturaleza de la tecnología?	<b>2</b>	<b>0,8</b> (0,6)
<b>2. a. ¿Se incluyen actividades relativas a la <u>contribución de la tecnología al desarrollo científico</u>?</b>	<b>0</b>	<b>--</b>
3. a. ¿Se incluye alguna actividad relativa a la creciente <u>imbricación entre ciencia y tecnología</u> y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas (lo que ha llevado al concepto de tecnociencia)?	<b>0</b>	<b>--</b>
<b>4. a. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las <u>repercusiones sociales (incluidas las medioambientales)</u> de los desarrollos técnicos a lo largo de la historia?</b>	<b>2</b>	<b>0,8</b> (0,6)
4. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad?	<b>15</b>	<b>5,9</b> (1,5)
4. c. ¿Se plantean actividades acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico contribuya a la sostenibilidad?	<b>11</b>	<b>4,3</b> (1,3)
5. a. ¿Se incluyen actividades sobre la influencia de la sociedad en el desarrollo técnico a lo largo de la historia?	<b>0</b>	<b>--</b>
5. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de la <u>influencia de la sociedad</u> sobre los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad?	<b>1</b>	<b>0,4</b> (0,4)
6. a. ¿Se incluyen actividades de <u>toma de decisiones</u> en base a los beneficios previstos de determinados desarrollos tecnocientíficos, su posible impacto medioambiental y social, la aplicación del principio de cautela (precaución o prudencia), etc.?	<b>3</b>	<b>1,2</b> (0,7)

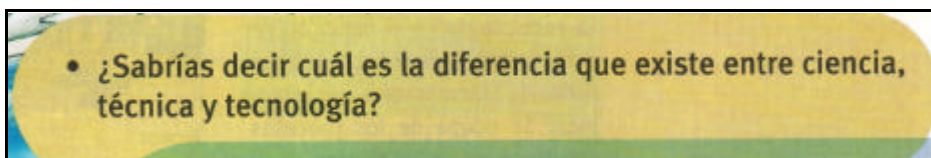
**Gráfica 4.15**  
**Porcentaje de capítulos que contienen dos o más actividades sobre cada uno de los aspectos del cuestionario (N = 257)**



**1.a. ¿Se plantean actividades para sacar a la luz las concepciones de los alumnos sobre la naturaleza de la tecnología? (N = 257)**

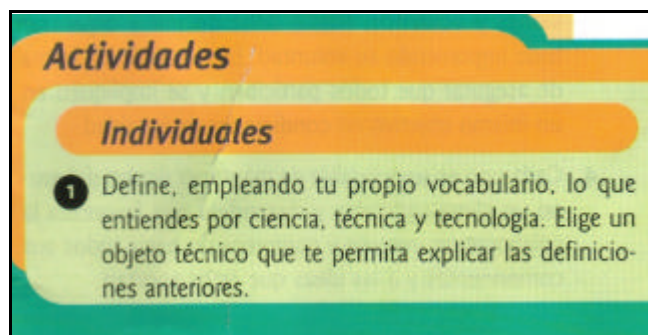
Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	2	0,8 (0,6)

Como ya se ha comentado en el capítulo anterior, la primera parte del cuestionario pretende valorar en qué medida los libros de texto intentan sacar a la luz las ideas de los alumnos sobre la naturaleza de la tecnología con el fin de buscar las posibles visiones deformadas y poder modificarlas. En concreto, en esta cuestión hemos buscado actividades encaminadas a que los alumnos expresen las ideas que tienen acerca de la tecnología. Como puede comprobarse en el Cuadro 4.1.1, tan sólo un 2,7% de los capítulos analizados contienen alguna actividad de este tipo, resultado que está de acuerdo con la hipótesis planteada. Si nos centramos en los capítulos que contienen 2 o más actividades, este porcentaje se reduce al 0,8%. Para ser más precisos, tan solo hemos encontrado 2 capítulos que contienen 2 actividades cada uno. Estas actividades, están planteadas bien en la introducción del capítulo, como por ejemplo la que mostramos a continuación:



(Texto Y, capítulo 7, página 93)

o bien para definir conceptos, como por ejemplo la siguiente:



(Texto Y, capítulo 7, página 97)

El hecho de no intentar sacar a la luz las ideas previas de los alumnos acerca de la naturaleza de la tecnología y de su relación con la ciencia nos lleva a pensar que los libros de texto no prestarán suficiente atención a las visiones deformadas con el fin de tratar de modificarlas.

**2. a. ¿Se incluyen actividades relativas a la contribución de la tecnología al desarrollo científico? (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	0	--

Como cabría suponer, el porcentaje de capítulos que contienen actividades relativas a la contribución de la tecnología al desarrollo científico, tal y como puede apreciarse en el Cuadro 4.1.1, es prácticamente nulo (0,4%). En concreto, tan sólo hemos encontrado una actividad que trate, de una manera explícita, las contribuciones tecnológicas al desarrollo científico. Si la exigencia se extiende a dos o más actividades, no encontramos ningún capítulo que cumpla este criterio.

**3. a. ¿Se incluye alguna actividad relativa a la creciente imbricación entre ciencia y tecnología y a la dificultad de distinguir hoy entre ambas (lo que ha llevado al concepto de tecnociencia)? (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	0	--

Como puede comprobarse en los resultados mostrados, los libros analizados no prestan atención a estos aspectos; tan sólo en un libro aparece una actividad acerca de la creciente imbricación entre ciencia y tecnología: *‘En nuestros días, la ciencia y la tecnología se encuentran estrechamente vinculadas. La necesidad de nuevos dispositivos impulsa el avance tecnológico y, por otro lado, el desarrollo de algunos productos tecnológicos impulsa la adquisición de nuevos conocimientos científicos. Existen numerosos ejemplos de esto en los campos de la física, la química y la medicina. Cita algunos de estos ejemplos’*. (Texto G, Capítulo 1, Página 21)

En la actualidad, la dificultad para diferenciar ciencia y tecnología es cada vez mayor. Sin embargo, desde la escuela parece que no se presta suficiente atención a este hecho. La existencia de dos áreas diferenciadas, Tecnología y Ciencias (Física, Química, Biología y Geología), puede contribuir a dar la imagen contraria si desde estas asignaturas no se intenta mostrar esta creciente imbricación y, según los resultados obtenidos, los libros de texto de Tecnología no prestan suficiente atención a este aspecto ya que tan solo hemos encontrado una actividad encaminada a mostrar dicha imbricación.

**4. a. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos técnicos a lo largo de la historia? (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	2	0,8 (0,6)

Como puede verse en el Cuadro 4.4.1, el 7,8% de los capítulos analizados contiene alguna actividad que plantea las repercusiones sociales de los desarrollos técnicos a lo largo de la historia. Sin embargo, tan solo dos capítulos (0,8%) contienen 2 o más

actividades sobre este aspecto. Cabe destacar que uno de los capítulos contiene 11 actividades, como las que mostramos a continuación:

11. ¿Qué sectores mejoran en la Edad Media? En estos sectores cuáles son los hitos tecnológicos que se producen.

(Texto U, capítulo 8, página 269)

4. Establece de la forma más completa posible los hitos tecnológicos más significativos y el tipo de avance social originado por ellos en los siguientes momentos históricos:

- 3000 - 2000 a.C. (Mesopotamia y Egipto).
- 1000 - 450 a.C. / d.C. (Civilizaciones clásicas).
- Siglos V - XV.
- Siglo XVIII.
- Siglo XIX.
- Siglo XX.

(Texto U, capítulo 8, página 269)

**4. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad? (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	15	5,9 (1,5)

Como cabría esperar, es en este aspecto en el que se obtienen los porcentajes más elevados, ya que hemos encontrado 15 capítulos (5,9%) que contienen 2 o más actividades y el porcentaje de capítulos que contienen alguna actividad es del 14,4% (Cuadro 4.1.1). El porcentaje de capítulos que tratan con cierta atención las repercusiones sociales de los desarrollos científicos en la actualidad es muy bajo. Sin embargo, destacaremos que hay 5 capítulos que contienen 4 o más actividades, por lo que podemos afirmar que prestan cierta atención a las repercusiones sociales de la tecnología, aunque representan un porcentaje muy bajo de todas formas.

Otro aspecto interesante que hay que destacar es el tipo de actividades que se han encontrado en los libros. La mayoría de ellas se centran en discusiones sobre las repercusiones medioambientales de la tecnología, como por ejemplo:



**1.** Resume en qué consiste la contaminación y describe los principales factores que intervienen en la contaminación y el deterioro del medio ambiente.

(Texto W, capítulo 10, página 220)

**4. c.** *¿Se plantean actividades acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico contribuya a la sostenibilidad? (N = 257)*

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	11	4,3 (1,3)

Como puede apreciarse en el Cuadro 4.1.1, tan solo un 9,3% de los capítulos analizados plantea alguna actividad acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de que el desarrollo tecnocientífico contribuya a la sostenibilidad. Sin embargo, este porcentaje se reduce a menos de la mitad (4,3%) si consideramos los capítulos que tratan con cierta profundidad este aspecto, ya que contienen dos o más actividades. Destacamos, entre otras, actividades como la siguiente:

**2.** Dividid la clase en cuatro grupos. Cada grupo debe confeccionar un póster sobre cada uno de los siguientes temas:

- Desarrollo sostenible.
- Energías alternativas.
- Energías relacionadas con el Sol.
- Energías no renovables.

Una vez realizados los carteles, cada grupo debe explicar al resto de la clase el significado de los elementos contenidos en su trabajo.

(Texto W, capítulo 10, página 220, actividad 2)

**5. a. ¿Se incluyen actividades sobre la influencia de la sociedad en el desarrollo técnico a lo largo de la historia? (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	0	--

Como puede apreciarse en los resultados, no hemos encontrado ningún libro de texto que plantee en ningún capítulo actividades sobre la influencia de la sociedad en el desarrollo técnico a lo largo de la historia. Este resultado está de acuerdo con nuestra hipótesis ya que confirma que se está dando una visión neutra de la tecnología.

**5. b. ¿Alguna actividad plantea la discusión de la influencia de la sociedad sobre los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad? (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	2	0,8 (0,6)

Según se muestra en los resultados, tan solo hemos encontrado dos capítulos (0,8%) que plantean 2 actividades sobre la influencia de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico en la actualidad y sólo un 2% de los capítulos de los libros analizados contiene alguna actividad acerca de dicha influencia. Este resultado apoya nuestra hipótesis, ya que muestra una tecnología que se desarrolla independientemente de la sociedad en la que se encuentra inmersa. Es decir, contribuye a una visión neutra de la tecnología. Como ejemplo de actividad encontrada en los libros analizados mostramos la siguiente:

1. ¿Qué entiendes por «contexto»? ¿Influye en el avance tecnológico?

(Texto A, capítulo 1, página 7)

**6. a. ¿Se incluyen actividades de toma de decisiones en base a los beneficios previstos de determinados desarrollos tecnocientíficos, su posible impacto medioambiental y social, la aplicación del principio de cautela (precaución o prudencia), etc.? (N = 257)**

Criterio	Capítulos	% (SD)
Capítulos que contienen 2 o más actividades	3	1,2 (0,7)

Como se indica en el Cuadro 4.4.1, tan solo un 4,8% de los capítulos analizados contiene alguna actividad relativa a la toma de decisiones y sólo el 1,2% contiene 2 o más. Este resultado muestra que los libros de texto no favorecen que el alumno se vea como parte activa del desarrollo tecnológico, sino que éste queda en manos de un grupo de personas más “cualificado” (empresarios, políticos, científicos, etc.). Este hecho también verifica nuestra hipótesis, ya que muestra una tecnología que se desarrolla independientemente de la sociedad en la que se encuentra inmersa.

Una vez presentados los resultados del análisis de libros de texto, en el siguiente apartado mostraremos a modo de síntesis, las conclusiones de dicho análisis.

#### **4.1.4. Algunas conclusiones generales del análisis de libros de texto**

Tal y como hemos podido comprobar en los resultados de nuestro análisis, los libros de texto analizados confirman, en principio, nuestra hipótesis, ya que:

1. La mayoría no tratan de sacar a la luz las ideas previas de los alumnos sobre la tecnología. Tampoco hacen referencia, en general, a las posibles visiones deformadas que se pueden tener de ésta y, por lo tanto, no tratarán de modificarlas.

En cuanto a la visión que asocia tecnología a “ciencia aplicada”, en general, en los libros analizados no hemos encontrado apenas referencias explícitas; tan solo hemos encontrado 3.

2. No muestran, en la mayor parte de los casos, las contribuciones de la tecnología al desarrollo científico a lo largo de la historia. Tan solo un capítulo, de los 257 analizados, trata con “cierta profundidad” (contiene una referencia y una actividad) este aspecto. Este resultado está relacionado con la conclusión anterior: los libros analizados no hacen referencias explícitas a la visión que asocia tecnología y “ciencia aplicada”, pero tampoco ayudan a combatirla mostrando las contribuciones de la tecnología al desarrollo científico.

3. La mayor parte de los textos analizados no muestran la relación actual existente entre la ciencia y la tecnología ya que el 100% de los capítulos analizados no

profundizan en este aspecto. Se puede encontrar alguna referencia o alguna actividad relativas a la creciente imbricación entre ciencia y tecnología, siempre en apartados al final de capítulo, pero en ningún caso se trabaja con cierta profundidad, a lo largo del texto.

4. No se profundiza, en general, en las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad, ya que tan sólo un 9,7% de los capítulos analizados prestan cierta atención a este aspecto. Debemos aclarar que, en su mayoría, las repercusiones que se tratan en los libros de texto son repercusiones medioambientales.

5. No se aborda habitualmente la influencia que tiene la sociedad sobre el desarrollo tecnológico, ya que tan solo el 0,8% de los capítulos analizados tiene en cuenta este aspecto mediante referencias y actividades. De este modo se contribuye una imagen socialmente neutra de la tecnología.

6. No contribuyen a la formación de los alumnos como futuros ciudadanos ya que tan solo en un capítulo (0,4%) se puede considerar que se profundiza en la preparación para la toma de decisiones fundamentadas.

Haciendo una lectura global de estas conclusiones, podemos afirmar que la mayoría de los libros de texto analizados contribuyen a mostrar una imagen empobrecida de la tecnología, ya que se presta insuficiente atención a las relaciones entre ciencia y tecnología y entre tecnología, sociedad y medio ambiente.

#### **4.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS AL PLANTEAR A DOCENTES EN ACTIVO Y EN FORMACIÓN LA CUESTIÓN ABIERTA “LA TECNOLOGÍA ES...”**

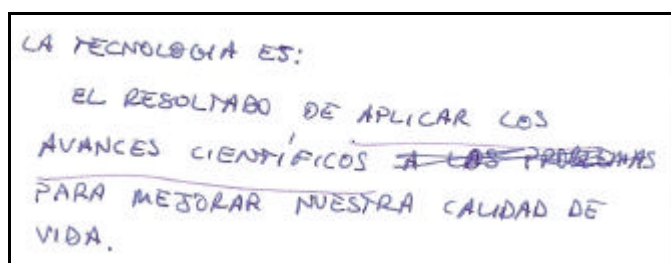
Como ya se ha comentado en el capítulo 3, el estudio de las concepciones de los docentes en activo y en formación comienza con un sencillo diseño que se concreta en la realización de una pregunta abierta: *¿Qué es la tecnología?* Con esta cuestión pretendemos analizar en qué medida los docentes en activo y en formación asocian tecnología y “ciencia aplicada”.

A continuación mostraremos los resultados obtenidos en diferentes apartados.

#### 4.2.1. Estudiantes del curso de Didáctica de las Ciencias Físico-Químicas

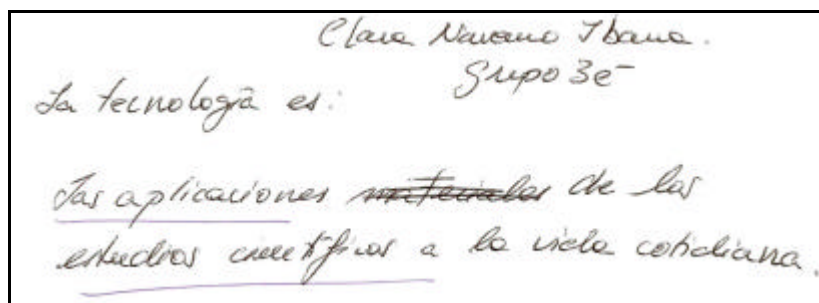
La cuestión ha sido planteada a 60 estudiantes del curso de Didáctica de las Ciencias Físico-Químicas, que forma parte de la Licenciatura de Física en la Universitat de València (en su 5º y último año), durante los cursos 2004-2005 y 2005-2006.

De los 60 alumnos, la mayoría de ellos contestan directamente hablando de “ciencia aplicada”, con respuestas como las que se muestran a continuación:



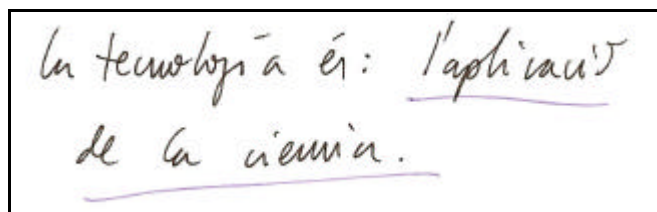
LA TECNOLOGIA ES:  
EL RESULTADO DE APLICAR LOS  
AVANCES CIENTÍFICOS A LOS PROBLEMAS  
PARA MEJORAR NUESTRA CALIDAD DE  
VIDA.

(La tecnología es: el resultado de aplicar los avances científicos para mejorar nuestra calidad de vida).



Clara Navarro Torra.  
Supo 3e-  
La tecnología es:  
Las aplicaciones materiales de los estudios científicos a la vida cotidiana.

(La tecnología es: Las aplicaciones de los estudios científicos a la vida cotidiana).



La tecnología es: l'aplicació  
de la ciència.

(La tecnología es: l'aplicació de la ciencia).

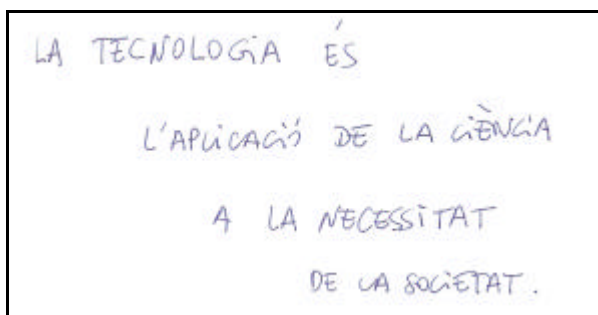
El resto hablan de otras cosas, como por ejemplo: “La tecnología es la herramienta que nos ayuda a resolver los problemas” o también “La tecnología es el desarrollo de instrumentos y aparatos que facilitan y mejoran la calidad de vida”.

Sin embargo, al preguntar directamente quién está de acuerdo con la idea de que la tecnología es “aplicación de la ciencia”, hemos comprobado que la totalidad de los alumnos responden afirmativamente.

#### **4.2.2. Profesores en activo del curso de doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales**

La cuestión ha sido planteada a 12 profesores en activo del curso de doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales, en la Universitat de València durante el curso 2005-2006.

Los 12 profesores a los que se les ha planteado esta cuestión han respondido, de un modo u otro, que la tecnología es “ciencia aplicada”. Como ejemplo más significativo de entre todas las respuestas reproducimos la siguiente contestación dada por uno de los profesores encuestados:



*(La tecnología es l'aplicació de la ciencia a la necessitat de la societat)*

#### **4.2.3. Alumnos del Curso de Aptitud Pedagógica (CAP) de Física y Química**

La cuestión ha sido planteada a 8 alumnos del Curso de Aptitud Pedagógica (C.A.P.) de Física y Química de la Universitat de València durante el curso 2006-2007.

De los 8 alumnos (profesores en formación) preguntados, 5 de ellos hablan explícitamente de tecnología como ciencia aplicada, tal y como se muestra a continuación:

Alumno 1:

Completar la siguiente frase:  
“La tecnología es....” el avance moderno de la ciencia.  
Gracias a ella se ha conseguido realizar aparatos científicos que permite realizar muchos más procedimientos con gran rapidez, con lo que el avance científico es significativo.

*(El avance moderno de la ciencia. Gracias a ella se ha conseguido realizar aparatos científicos que permite realizar muchos más procedimientos con gran rapidez, con lo que el avance científico es significativo).*

Cabe destacar que este alumno, a pesar de definir la tecnología como “el avance moderno de la ciencia”, es el único que se ha referido a la contribución de la tecnología al avance de la ciencia.

Alumno 2:

Completar la siguiente frase:  
“La tecnología es....”  
La tecnología es la aplicación de la ciencia mediante técnicas e instrumentos actuales.

*(La aplicación de la ciencia mediante técnicas e instrumentos actuales).*

Alumno 3:

Completar la siguiente frase:  
“La tecnología es....” la aplicación de conocimientos como la química, física, ... ~~de acuerdo de~~  
a la industria, laboratorios, centros de estudio, etc. para obtener un beneficio sea económico, intelectual o de otro tipo.

*(La aplicación de conocimientos como la química, física... a la industria, laboratorios, centros de estudio, etc. para obtener un beneficio, sea económico, intelectual o de otro tipo).*

Alumno 4:

Completar la siguiente frase:  
"La tecnología es..." la aplicación de un conjunto de conocimientos científicos a diversos campos, contribuyendo al desarrollo de la sociedad.

*(La aplicación de un conjunto de conocimientos científicos a diversos campos, contribuyendo al desarrollo de la sociedad).*

Alumno 5:

Completar la siguiente frase:  
"La tecnología es..." la aplicación práctica de los conocimientos científicos básicos con el fin de mejorar nuestra calidad de vida, desde muchos puntos de vista.

*(La aplicación práctica de los conocimientos científicos básicos con el fin de mejorar nuestra calidad de vida, desde muchos puntos de vista).*

Uno de los alumnos no habla directamente de la tecnología como ciencia aplicada, sin embargo transmite una imagen de la tecnología restringida a la aplicación práctica de conceptos físicos y químicos:

Alumno 6:

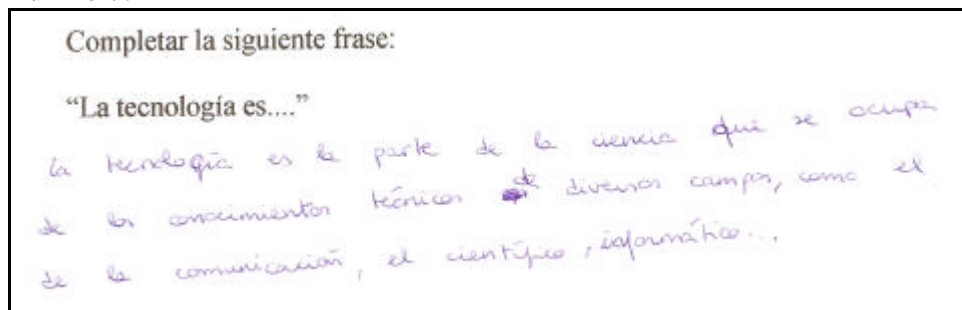
Completar la siguiente frase:  
"La tecnología es..."  
la ciencia que estudia la aplicación práctica a nuestro entorno de los conceptos físicos y químicos aprendidos.

*(La ciencia que estudia la aplicación práctica a nuestro entorno de los conceptos físicos y químicos aprendidos).*



Otro de los alumnos ve a la tecnología como parte de la ciencia y parece asociarla a desarrollos actuales, modernos y de cierta complejidad, como son la informática o la tecnología de las comunicaciones:

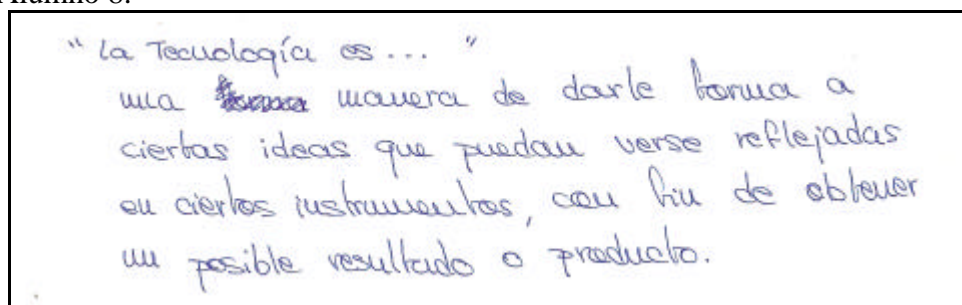
Alumno 7:



*(La parte de la ciencia que se ocupa de los conocimientos técnicos de diversos campos, como el de la comunicación, el científico, informático...).*

Por último, el alumno 8 muestra una imagen artefactual de la tecnología ya que la asocia a la construcción de instrumentos:

Alumno 8:



*(Una manera de darle forma a ciertas ideas que puedan verse reflejadas en ciertos instrumentos, con el fin de obtener un resultado o producto).*

Por tanto, como hemos podido comprobar, 6 de los 8 alumnos del CAP, es decir, licenciados en Física o en Química, contestan a la pregunta planteada relacionando explícitamente tecnología y ciencia aplicada.

#### **4.2.4. Algunas conclusiones generales del análisis de las respuestas de los docentes en activo y en formación a la pregunta "La tecnología es..."**

Como hemos podido comprobar, los resultados obtenidos son coherentes con uno de los aspectos de la hipótesis planteada, ya que prácticamente la casi totalidad de los docentes en

activo y en formación que han participado poseen una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”.

Sin embargo, como ya hemos señalado en otras ocasiones a lo largo de esta investigación, los resultados obtenidos deberán ser contrastados con los obtenidos con los restantes diseños.

#### **4.3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE EXÁMENES UTILIZADOS POR LOS PROFESORES DE TECNOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS**

Una buena forma para estudiar a qué cuestiones dan más importancia los profesores de Tecnología es analizar los exámenes que utilizan para evaluar el aprendizaje de los alumnos. Por ello, hemos pedido a profesores de Tecnología en activo que nos proporcionen exámenes que utilizan o han utilizado en su asignatura.

En total se han analizado 180 exámenes pertenecientes a 7 centros de secundaria públicos y concertados. No conocemos exactamente el número de profesores que han participado, sin embargo, con la información que nos han dado de cada centro, se puede estimar que han implicado a un grupo de entre 10 y 15 profesores en activo. El no conocer con exactitud el número de profesores que han participado en este diseño se ha debido a que nuestra petición se ha dirigido a uno de los profesores de cada centro que nos ha proporcionado los exámenes disponibles en su departamento.

El **Cuadro 4.3.1** resume la información del número exámenes por cursos que hemos recibido de cada centro. También se muestra la cantidad de cuestiones analizadas.

**Cuadro 4.3.1**  
**Distribución de exámenes y cuestiones por centros y cursos**

<b>Identificación</b>	<b>Ex/Cuest</b>	<b>1º ESO</b>	<b>2º ESO</b>	<b>3º ESO</b>	<b>4º ESO</b>	<b>Total</b>
<b>Centro 1</b>	Exámenes	5	6	10	13	<b>34</b>
	Cuestiones	22	29	104	39	<b>194</b>
<b>Centro 2</b>	Exámenes	2	3	4	0	<b>9</b>
	Cuestiones	15	21	32	0	<b>68</b>
<b>Centro 3</b>	Exámenes	2	4	3	3	<b>12</b>
	Cuestiones	21	49	27	53	<b>150</b>
<b>Centro 4</b>	Exámenes	3	8	16	3	<b>30</b>

	Cuestiones	22	79	104	36	<b>241</b>
<b>Centro 5</b>	Exámenes	0	6	4	6	<b>16</b>
	Cuestiones	0	40	22	48	<b>110</b>
<b>Centro 6</b>	Exámenes	8	12	7	9	<b>36</b>
	Cuestiones	78	139	57	94	<b>368</b>
<b>Centro 7</b>	Exámenes	0	6	36	1	<b>43</b>
	Cuestiones	0	34	318	8	<b>360</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Exámenes</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	<b>80</b>	<b>35</b>	<b>180</b>
	<b>Cuestiones</b>	<b>158</b>	<b>391</b>	<b>664</b>	<b>278</b>	<b>1491</b>

Antes de comenzar el análisis, conviene aclarar dos cuestiones:

En primer lugar, la gran diferencia existente entre exámenes. Es decir, hay exámenes con 2 preguntas amplias y otros que son tipo test (y de respuesta múltiple) y contienen 15 ó 20 preguntas. Para uniformizar criterios, hemos optado por contar como una pregunta más cada una de las cuestiones que conformaban el test. De este modo, un examen con una pregunta de “desarrollo” y otra con diez preguntas de tipo test, aporta once preguntas a nuestro análisis.

En segundo lugar, la repetición de cuestiones entre varios exámenes de un mismo profesor. Esta cuestión es necesario aclararla ya que no estamos hablando de repetición de preguntas en exámenes de diferentes evaluaciones, sino de exámenes “diferentes” para los distintos grupos de un mismo curso. Es decir, algunos profesores preparan, por ejemplo, 4 exámenes “diferentes” (para los grupos A, B, C y D) entre los cuales la única diferencia que existe es el encabezado y una o dos preguntas... Por otra parte, también hemos encontrado exámenes de final de curso y/o septiembre que contienen las mismas preguntas que los que se han realizado durante el curso. La repetición de cuestiones por parte de un mismo profesor puede indicar que para éste son importantes y, por esta razón, las repite en diferentes grupos y/o a lo largo del curso. Pero también puede deberse a la comodidad que ofrece el guardar las pruebas en archivos informáticos, los cuales, una vez combinados dan lugar a exámenes “diferentes”... Para resolver este problema, hemos optado por ponernos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis de modo que en el análisis tendremos en cuenta todas las preguntas, incluyendo las repetidas. Para que el análisis sea lo más completo posible, mostraremos también las preguntas que se repiten.

Hemos optado por tomar como unidad de medida la **cuestión** ya que tenemos un número suficientemente grande (N = 1491) como para asegurar que los resultados obtenidos serán significativos.

A continuación, en el **Cuadro 4.3.2**, se muestra el número de preguntas relacionadas con cada uno de los aspectos analizados, así como el curso de los exámenes en los que aparece:

**Cuadro 4.3.2**  
**Para cada uno de los aspectos de la red de análisis se reproducen los resultados, mostrando también los cursos y las veces que aparece (N = 1491)**

Aspecto analizado	Curso	Preguntas
1) La tecnología <b>no</b> es la mera aplicación de conocimientos científicos y no merece un menor estatus que la llamada “ciencia pura”.	-	0
2) La tecnología está orientada a lograr el funcionamiento correcto y de modo continuado de instrumentos y sistemas.	1º, 2º 3º 4º	15
3) Ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos.	2º y 4º	5
4) La construcción del conocimiento científico <i>siempre</i> ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología.	-	0
5) El surgimiento de la ciencia moderna ha contribuido a un notable desarrollo de los avances tecnológicos.	-	0
6) La tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y hemos de hablar de tecnociencia.	-	0
7) Se necesita una valoración matizada de la tecnociencia que incluya el estudio de sus repercusiones positivas y negativas y, en particular, las medioambientales.	1º, 2º y 3º	34
8) Más en particular, hoy es preciso ser conscientes de la situación de emergencia planetaria (problemas de contaminación, de agotamiento de recursos, de urbanización desordenada, de degradación de ecosistemas...) asociada, entre otras cosas, a un desarrollo tecnocientífico al servicio de intereses particulares a corto plazo.	3º y 4º	2
9) Se precisa proceder a la reorientación del desarrollo tecnocientífico que tenga en cuenta los límites del crecimiento y apueste por la sostenibilidad.	3º	1
10) La importancia de la toma de decisiones	-	0
11) El derecho a investigar todo tipo de problemas sin limitaciones ideológicas u otras, como las que han dificultado el avance de la tecnociencia a lo largo de la historia.	-	0
12) La necesidad de respetar el principio de precaución (cautela o prudencia) que aúna ese derecho a investigar con el control social, para evitar la aplicación precipitada –guiada por intereses a corto plazo- de las innovaciones cuando aún no se ha investigado suficientemente sus posibles repercusiones.	-	0
13) Es preciso tener en cuenta que el logro de un futuro sostenible no puede plantearse exclusivamente desde la tecnociencia y exige un tratamiento holístico que junto a medidas tecnológicas contemple cambios en las actitudes y comportamientos (medidas educativas)...	3º	2
14) así como medidas legislativas y políticas, tanto a escala local como planetaria (Protocolo de Kyoto, etc.)	3º	4
15) Es preciso contemplar también el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc.	-	0

Como podemos ver en un primer análisis sin profundizar (Cuadro 4.3.2), de los 15 aspectos que estamos considerando, en los exámenes analizados tan solo se hace referencia a 7 de ellos (46,7%). Este dato ya nos da una idea de la cantidad de aspectos fundamentales relativos a la naturaleza de la tecnología y a su relación con la ciencia y la sociedad que se olvidan en los exámenes de tecnología. En el Anexo IV se incluye una amplia muestra de las cuestiones analizadas.

Por otra parte, tal y como se muestra en el **Cuadro 4.3.3**, tan solo la cuarta parte de los exámenes analizados contiene, al menos, una pregunta relacionada con alguno de los aspectos analizados. Sin embargo, al calcular el porcentaje de actividades que hacen referencia a alguno de los aspectos analizados vemos que es tan solo de un 4,2%, tal y como puede apreciarse en el **Cuadro 4.3.4**.

**Cuadro 4.3.3**  
**Porcentaje de exámenes que contienen alguna actividad sobre los diferentes aspectos del cuestionario (N = 180)**

Exámenes que contienen al menos una actividad sobre los aspectos analizados	<b>Total</b>	<b>% (SD)</b>
	<b>45</b>	<b>25 (3,2)</b>

**Cuadro 4.3.4**  
**Porcentaje total de actividades que hacen referencia a alguno de los aspectos del cuestionario (N = 1491)**

Cuestiones encontradas en las pruebas de evaluación que hacen referencia a alguno de los aspectos del cuestionario	<b>Total</b>	<b>% (SD)</b>
	<b>63</b>	<b>4,2 (1,5)</b>

Pero no podemos quedarnos tan solo con estos resultados ya que nuestro análisis permite un nivel de profundización mayor. Por esta razón, hemos optado por mostrar en el **Cuadro 4.3.5** el porcentaje de preguntas que hacen referencia a cada uno de los aspectos que estamos analizando. Una vez mostrado, comentaremos los resultados, incluyendo algunos ejemplos de cuestiones extraídas de los exámenes, que ayudarán a un análisis en mayor profundidad. En los ejemplos que reproducimos, indicaremos entre paréntesis las veces que aparece en los exámenes.

Para poder establecer una relación más clara entre el análisis de los exámenes y la primera hipótesis de esta investigación, hemos preferido mostrarlo en dos partes. En primer lugar, nos centraremos en los aspectos relacionados con la primera parte de la hipótesis, es decir, en los aspectos que se refieren a las relaciones ciencia-tecnología. En segundo lugar, centraremos el análisis en las relaciones tecnología-sociedad.

**Cuadro 4.3.5**  
**Porcentaje de preguntas que contienen alguna actividad, teniendo en cuenta las repetidas, sobre los diferentes aspectos del cuestionario (N = 1491)**

Ítem	Total	% (SD)
1.- <i>La tecnología no es la mera aplicación de conocimientos científicos y no merece un menor estatus que la llamada “ciencia pura”.</i>	0	--
2.- <i>La tecnología está orientada a lograr el funcionamiento correcto y de modo continuado de instrumentos y sistemas.</i>	15	1 (0,3)
3.- <i>Ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos</i>	3	0,2 (0,1)
4.- <i>La construcción del conocimiento científico siempre ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología.</i>	0	--
5.- <i>El surgimiento de la ciencia moderna ha contribuido a un notable desarrollo de los avances tecnológicos.</i>	0	--
6.- <i>La tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y hemos de hablar de tecnociencia.</i>	0	--
7.- <i>Se necesita una valoración matizada de la tecnociencia que incluya el estudio de sus repercusiones positivas y negativas y, en particular, las medioambientales.</i>	36	2,4 (0,4)
8.- <i>Más en particular, hoy es preciso ser conscientes de la situación de emergencia planetaria (problemas de contaminación, de agotamiento de recursos, de urbanización desordenada, de degradación de ecosistemas...) asociada, entre otras cosas, a un desarrollo tecnocientífico al servicio de intereses particulares a corto plazo.</i>	2	0,1 (0,1)
9.- <i>Se precisa proceder a la reorientación del desarrollo tecnocientífico que tenga en cuenta los límites del crecimiento y apueste por la sostenibilidad</i>	1	0,1 (0,1)
10.- <i>La importancia de la toma de decisiones</i>	0	--
11.- <i>El derecho a investigar todo tipo de problemas sin limitaciones ideológicas u otras, como las que han dificultado el avance de la tecnociencia a lo largo de la historia.</i>	0	--
12.- <i>La necesidad de respetar el principio de precaución (cautela o prudencia) que aún ese derecho a investigar con el control social, para evitar la aplicación precipitada –guiada por intereses a corto plazo- de las innovaciones cuando aún no se ha investigado suficientemente sus posibles repercusiones.</i>	0	--
13.- <i>Es preciso tener en cuenta que el logro de un futuro sostenible no puede plantearse exclusivamente desde la tecnociencia y exige un tratamiento holístico que junto a medidas tecnológicas contemple cambios en las actitudes y comportamientos (medidas educativas)...</i>	2	0,1 (0,1)
14.- <i>así como medidas legislativas y políticas, tanto a escala local como</i>	4	0,3

<i>planetaria (Protocolo de Kyoto, etc.)</i>		(0,1)
15.-Es preciso contemplar también el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc.	0	--

#### 4.3.1. Naturaleza de la Tecnología y relaciones Ciencia-Tecnología

Como puede apreciarse en el **Cuadro 4.3.5** mostrado en el apartado anterior, de los 6 primeros aspectos, que son los que se refieren a la naturaleza de la tecnología y a las relaciones ciencia-tecnología, hemos encontrado un total de 18 preguntas de examen (1,2%). Reproducimos a continuación algunos ejemplos, señalando entre paréntesis el número de veces que aparece:

*Preguntas relacionadas con el ítem 2: La tecnología está orientada a lograr el funcionamiento correcto y de modo continuado de instrumentos y sistemas:*

La pregunta *¿Cuál es el objetivo fundamental de la tecnología?* (5) la hemos encontrado en exámenes de todos los cursos de ESO. Otra pregunta que hace referencia al ítem 2 es *¿Qué entiendes por tecnología?* (8), que tan solo aparece planteada en exámenes de 2º de ESO. Por último, hemos contabilizado también la pregunta *Enumera y describe todas las fases del proceso Tecnológico con las cuales es posible conseguir la realización óptima de una idea* (2) que se plantea en 2 exámenes de 4º de ESO.

Una vez seleccionadas estas preguntas nos planteamos que habría resultado interesante contar tanto con la respuesta de algún alumno como con la correspondiente corrección del profesor. De este modo, habríamos podido estudiar si realmente se transmite una imagen correcta tanto de la naturaleza de la tecnología como de sus objetivos y procesos. Aún así, tal y como venimos haciendo a lo largo de esta investigación, hemos querido ponernos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis y las hemos incluido en el recuento de preguntas.

*Preguntas relacionadas con el ítem 3: Ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos:*

Como puede apreciarse en el Cuadro 4.3.5 tan solo hemos encontrado 3 preguntas relacionadas con este aspecto. Reproducimos a continuación dos de ellas a modo de ejemplo:

La pregunta *La Tecnología y su desarrollo tecnológico. Cita cuatro grandes obras de la arquitectura de civilizaciones antiguas como Babilonia, Egipto, Grecia, Roma, etc.* (1) aparece en un examen de 4º de ESO y, como puede apreciarse, no hace referencia explícita a que la tecnología precede históricamente a la ciencia. Sin embargo, de nuevo hemos querido ponernos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis y la hemos contabilizado, ya que en ella se aprecian desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas anteriores a la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término.

Por la misma razón hemos contabilizado la pregunta que reproducimos a continuación y que se ha encontrado en un examen de 2º de ESO:

*Di si son verdaderas (V) o falsas (F) las siguientes afirmaciones:*

- *El hecho de que cuando el ámbar era frotado con la lana le permitía atraer pequeños objetos ya fue comprobado por los filósofos griegos.*
- *Alessandro Volta, en el año 1800, fue la primera persona en construir y probar la pila eléctrica.*
- *Leonardo da Vinci fue un genial italiano que destacó en la pintura, la arquitectura, la ingeniería, las ciencias y la escritura.*
- *Los primeros molinos de viento aparecieron en China y Persia alrededor del año 1900.*

Como vemos, hemos considerado que al incluir algunos desarrollos tecnológicos correspondientes a épocas remotas se está haciendo referencia a que ha habido desarrollos técnicos previos a la ciencia.

De esta primera parte del análisis de exámenes utilizados por los profesores de tecnología podemos concluir que las relaciones ciencia-tecnología apenas aparecen incorporadas (1,2%) lo que nos lleva a pensar en la poca importancia que los docentes le dan en sus clases. Sin embargo, como ya hemos comentado en otras ocasiones a lo largo de este trabajo, será la coherencia entre los resultados obtenidos a través de los diferentes diseños lo que nos permitirá realmente llegar a tal conclusión.



#### 4.3.2. Relaciones Tecnología - Sociedad - Medio Ambiente

Como puede apreciarse en el Cuadro 4.3.5, de los 9 últimos aspectos, que son los que se refieren a las relaciones tecnología-sociedad, hemos encontrado un total de 45 preguntas de examen (3,0%). Sin embargo, de las 45 preguntas, 36 de ellas (2,4%) se centran exclusivamente en las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) del desarrollo tecnológico sin profundizar en los demás aspectos que estamos analizando.

Veamos a continuación con más detalle y con algún ejemplo algunas de las preguntas encontradas, mostrando entre paréntesis el número de veces que aparece en los exámenes.

*Preguntas relacionadas con el ítem 7: Se necesita una valoración matizada de la tecnociencia que incluya el estudio de sus repercusiones positivas y negativas y, en particular, las medioambientales:*

Como acabamos de comentar, este aspecto es el que más veces aparece en los exámenes, contabilizándose un total de 36 preguntas (2,4%). Sin embargo, merece la pena mencionar que en este porcentaje se incluyen las preguntas repetidas. Si contabilizamos únicamente cada pregunta una sola vez, encontramos que el número se reduce a 13 (0,9%). Este dato creemos que es importante mencionarlo ya que, por ejemplo, una de las preguntas se repite en 8 exámenes de 3º de ESO de un mismo centro.

Una de las preguntas que se repite y que de una manera clara y explícita hace referencia a las repercusiones sociales de la tecnología es *¿Cuáles son los tres problemas que ha ocasionado el desarrollo tecnológico? Explícalos* (2). Sin embargo, nos ha llamado la atención la limitación a tres los problemas que han sido originados por el desarrollo tecnológico. Otra pregunta similar, que nos ha llamado la atención por el mismo motivo, es *Describe los tres problemas que han causado la búsqueda de energías alternativas* (8). También en esta pregunta, como podemos ver, se limita a tres los problemas que ha generado la búsqueda de energías alternativas. Queremos añadir que, además, desconocemos a qué problemas se refiere por lo que, de nuevo, pensamos en el interés que tendría contar con exámenes realizados por alumnos y corregidos por el profesor, lo que permitiría una mayor profundización en el análisis. Sin embargo, el objetivo de este

diseño no incluía el análisis de las respuestas de los alumnos y su posterior corrección por parte del profesor. De hecho, pensamos que si con el diseño que hemos llevado a cabo encontramos muy pocas preguntas acerca de las relaciones CTSA, con un diseño más exigente en el que se incluya la búsqueda de una correcta transmisión de la imagen de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, los porcentajes lejos de aumentar, disminuirían.

Una pregunta que también nos parece interesante mencionar y que hemos encontrado en 3 exámenes de 3º de ESO de un mismo centro es *¿Qué diferencia existe entre la fisión y la fusión nuclear? Explica las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.* El hecho de aparecer como pregunta de examen nos hace suponer que en clase se ha realizado un tratamiento de cierta profundidad acerca de las ventajas e inconvenientes que plantea la utilización de la energía nuclear para su transformación en energía eléctrica. Una pregunta que merece la pena destacar y que hemos encontrado en un examen de 2º de ESO se centra en los tipos o fases del análisis de objetos:

*El análisis de objetos se divide en cuatro grandes bloques según los aspectos que tratemos en cada momento ¿cuáles son esos cuatro tipos de análisis? (1)*

<b>ASPECTOS QUE SE TIENEN EN CUENTA</b>	<b>TIPO DE ANÁLISIS</b>
<i>Se mira la forma física del objeto y su despiece, se emplean planos y se comprueban sus dimensiones.</i>	
<i>Se estudia la utilidad del objeto y su facilidad de manejo.</i>	
<i>Se mira su proceso de fabricación y modo de funcionamiento.</i>	
<i>Se estudia el objeto en relación con su función social y sus repercusiones económicas y medioambientales.</i>	

Nos ha parecido interesante incluir este ejemplo ya que incorpora la función social y posibles repercusiones medioambientales de los objetos tecnológicos.

Otras preguntas que aparecen en los exámenes no plantean explícitamente el análisis de ventajas e inconvenientes del desarrollo tecnológico ni sus repercusiones sociales. Reproducimos, a continuación, algunas de estas preguntas:

*Explica el funcionamiento de las células fotovoltaicas y de la energía eólica. (1)*

*Explica el uso de la energía solar. (1)*

*Explica las diferencias entre reciclable y biodegradable. (1)*

Como se aprecia, estas preguntas no plantean la reflexión acerca de las repercusiones sociales del desarrollo tecnológico. Sin embargo, insistimos, queremos ponernos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis y pensar que el hecho de preguntar sobre la energía solar, la eólica o las células fotovoltaicas es producto de un tratamiento previo de los graves problemas existentes actualmente en torno a la escasez de recursos energéticos y el impacto ambiental de los existentes, por lo que han sido tomadas en consideración.

*Preguntas relacionadas con el ítem 8: Más en particular, hoy es preciso ser conscientes de la situación de emergencia planetaria (problemas de contaminación, de agotamiento de recursos, de urbanización desordenada, de degradación de ecosistemas...) asociada, entre otras cosas, a un desarrollo tecnocientífico al servicio de intereses particulares a corto plazo.*

Tan solo hemos encontrado 2 preguntas relacionadas con este aspecto y que se reproducen a continuación:

*¿Qué es el efecto invernadero, por qué se produce y qué tiene que ver con los plásticos? (1)*

*¿Por qué se está produciendo la deforestación de los bosques? (1)*

Como vemos son cuestiones que plantean repercusiones negativas del desarrollo tecnológico, aunque de forma muy puntual. Sin embargo, las debemos tener en cuenta ya que el hecho de preguntar a los alumnos sobre el efecto invernadero y las causas que provocan la deforestación de los bosques, nos hace pensar que en el aula se han trabajado las repercusiones medioambientales del desarrollo tecnológico.

*Preguntas relacionadas con el ítem 9. Se precisa proceder a la reorientación del desarrollo tecnocientífico que tenga en cuenta los límites del crecimiento y apueste por la sostenibilidad*

Tan solo hemos podido encontrar, en un examen de 3º de ESO, una pregunta que hace referencia a este aspecto:

*Describe las últimas líneas de investigación sobre nuevas fuentes de energía (1).*

Tal y como ya hemos señalado en otras ocasiones, es de suponer que el hecho de aparecer esta pregunta en un examen implica que previamente se ha realizado en el aula el estudio de las causas que han llevado a la investigación de nuevas fuentes de energía. Es decir, para poder hablar de las últimas líneas de investigación sobre nuevas fuentes de energía es inevitable, a nuestro modo de ver, hacer alguna referencia a la creciente contaminación medioambiental y al agotamiento de recursos. Por este motivo creemos que la pregunta de examen anteriormente reproducida nos indica que el profesor que la ha planteado ha trabajado con los alumnos el problema del crecimiento insostenible y, por tanto, también ha planteado la necesidad de investigar sobre nuevas fuentes de energía favorecedoras de un desarrollo sostenible.

*Preguntas relacionadas con el ítem 13. Es preciso tener en cuenta que el logro de un futuro sostenible no puede plantearse exclusivamente desde la tecnociencia y exige un tratamiento holístico que junto a medidas tecnológicas contemple cambios en las actitudes y comportamientos (medidas educativas)...*

Como puede apreciarse en el **Cuadro 4.3.5** tan solo hemos encontrado 2 preguntas relacionadas con este aspecto. Además, se trata de la misma pregunta repetida, ya que aparece en dos exámenes de 3º de ESO de un mismo centro. La reproducimos a continuación:

- a) *¿Qué entendemos por las tres erres?*
- b) *Tú como consumidor qué puedes hacer respecto a las tres erres (2)*

*Preguntas relacionadas con el ítem 14. así como medidas legislativas y políticas, tanto a escala local como planetaria (Protocolo de Kyoto, etc.)*

De mismo modo que ocurre en las preguntas relacionadas con el ítem anterior, las 4 preguntas que hemos encontrado en este caso se “reducen” a 2 si tenemos en cuenta que aparecen repetidas. Merece la pena destacar que las preguntas que a continuación reproducimos pertenecen a exámenes de 3º de ESO de un mismo centro:

*¿Qué es el desarrollo sostenible? ¿Cuáles son los ámbitos de actuación de la Unión Europea en este ámbito? (2)*

*¿Cuáles son los cuatro ámbitos donde se aplican las políticas medioambientales relacionadas con el desarrollo tecnológico? (2)*

Mencionaremos que nos ha sorprendido gratamente encontrar estas preguntas que en ningún caso esperábamos, ya que el hecho de tratar en el aula las medidas políticas y legislativas a favor de un desarrollo sostenible es indicativo de un tratamiento con cierta profundidad de esta problemática, aunque conviene no olvidar que se trata de este único ejemplo.

#### **4.3.3. Algunas conclusiones generales del análisis de exámenes utilizados por los profesores de tecnología**

Como hemos mostrado en el Cuadro 4.3.5, tan solo el 1,2% de las preguntas que los docentes plantean en sus exámenes se refieren a la naturaleza de la tecnología y a las relaciones ciencia-tecnología. Pero si analizamos detenidamente, como hemos hecho, cada una de las preguntas encontramos que realmente ninguna de ellas plantea de una forma clara y explícita una discusión acerca de la naturaleza de la tecnología o de las relaciones ciencia-tecnología.

Del mismo modo, el Cuadro 4.3.5 muestra que tan solo el 3,0% de las preguntas analizadas plantean las relaciones tecnología-sociedad. También hemos visto que la mayor parte de las escasas preguntas (2,4%), además, se centran exclusivamente en las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) del desarrollo tecnológico sin profundizar en los demás aspectos que estamos analizando.

A la vista de estos resultados se puede concluir que las relaciones CTSA apenas son tenidas en cuenta en los exámenes preparados por profesores de tecnología, lo que indica la poca importancia que se concede a dichas relaciones. Sin embargo, como venimos señalando a lo largo de este capítulo, será la coherencia de los resultados obtenidos a través de los diferentes diseños lo que nos permitirá verificar nuestra primera hipótesis.

Con los tres primeros diseños hemos pretendido recabar información, de manera indirecta, de las percepciones de los docentes acerca de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. En los dos siguientes apartados mostraremos los resultados obtenidos con diseños en los que los docentes han participado con sus opiniones de forma directa: **el cuestionario y la entrevista.**

#### **4.4. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL CUESTIONARIO PARA PROFESORES EN FORMACIÓN Y EN ACTIVO ACERCA DE LAS RELACIONES CTSA**

Como mostramos en el capítulo 3, el Diseño 4 consistía en un cuestionario semicerrado compuesto por una serie de proposiciones que reflejaban deliberadamente ideas deformadas y simplistas de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. En este cuestionario, como recordaremos, se pedía a los encuestados que mostrasen el “grado de acuerdo” con cada una de las proposiciones propuestas, valorándolas con una puntuación de 0 a 10. Además, para no quedarnos tan solo con la puntuación a cada una de las proposiciones, y poder profundizar más en el análisis, pedíamos su justificación y/o comentarios a cada una de ellas.

Aunque en un principio el Cuestionario 1 había sido pensado para analizar la visión de los profesores en activo y en formación acerca de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, hemos pedido también a personas que nada tienen que ver con la enseñanza de la tecnología que respondan al mismo. Pretendemos, de este modo, poder comparar las respuestas de profesores en activo y formación con las del “resto de la población” y analizar si existen diferencias significativas entre la visión de unos y otros.

Así, el Cuestionario 1 fue contestado por 17 profesores de Tecnología en activo, 72 profesores en formación, licenciados o ingenieros, asistentes al Curso de Aptitud Pedagógica (C.A.P.) de Tecnología y por 96 personas pertenecientes a otros ámbitos laborales, tal y como se muestra en el **Cuadro 4.4.1:**

**Cuadro 4.4.1**  
**Distribución de los participantes en el Diseño 4**  
**distribuidos según su actividad profesional**

<b>Colectivo</b>	<b>N</b>
Profesores en activo	17
Alumnos del CAP de Tecnología	72
Otros	96
<b>TOTAL</b>	<b>185</b>

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de estos grupos, así como un análisis en mayor profundidad, fruto de los comentarios añadidos por los participantes. Dedicaremos el apartado 4.4.4 a recoger algunas conclusiones globales del análisis de las respuestas dadas por los encuestados al **Cuestionario 1**.

Es preciso aclarar que la utilización de porcentajes para mostrar los resultados en el caso de los profesores en activo, en el que tenemos 17 respuestas, es una forma cómoda de recapitular los resultados, pero sin valor estadístico en sí mismo. Sin embargo, como veremos, lo más importante es la coincidencia en las tendencias en los tres grupos analizados.

#### **4.4.1. Resultados obtenidos mediante la utilización del Cuestionario 1 con profesores en activo**

El **Cuestionario 1** fue contestado por 17 profesores de Tecnología en activo, tanto de centros públicos como concertados, durante el curso 2005-2006 obteniéndose los resultados que se muestran a continuación (**cuadro 4.4.2**):

**Cuadro 4.4.2**  
**Promedio de las puntuaciones concedidas por profesores en activo**  
**a cada una de las proposiciones del Cuestionario 1**  
**(N = 17)**

<i>Proposición</i>	<i>P r o m e d i o</i>	<i>SD</i>
<b>C1.</b> La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.	<b>7,9</b>	<b>2,4</b>
<b>C2.</b> La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	<b>3,4</b>	<b>1,7</b>
<b>C3.</b> Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	<b>4,9</b>	<b>1,8</b>

C4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	5,9	3,5
C5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.	6,2	2,7
<b>TOTAL</b>	<b>5,6</b>	<b>1,4</b>

Como podemos apreciar en el **Cuadro 4.4.2** los profesores de tecnología en activo “aprueban” globalmente las proposiciones incluidas en el cuestionario. En concreto, la puntuación media de grado de acuerdo de los profesores en activo a las proposiciones planteadas es superior a 5, salvo en dos de ellas.

La proposición que más alta puntuación obtiene es la C1, que define la tecnología como aplicación de conocimientos científicos. De los 17 profesores que han contestado al cuestionario, 7 de ellos le otorgan la máxima puntuación, añadiendo comentarios como por ejemplo, *“Esa es su definición a partir del currículo de la ESO”* o indicando que la justificación es *“absurda”*, dando a entender que al puntuarla con un 10 se muestra totalmente de acuerdo y no hay nada más que añadir.

Para un análisis en profundidad de las respuestas de los docentes al **Cuestionario 1** es conveniente detenerse en los comentarios que, junto a la puntuación otorgada a cada proposición, han añadido. Es por este motivo por el que, a continuación, iremos mostrando el análisis que se ha realizado de la justificación y comentarios añadidos a cada una de las proposiciones del cuestionario.

Para facilitar el análisis, en cada proposición hemos seleccionado una serie de aspectos, o categorías relacionadas, que iremos mostrando, y hemos contabilizado el porcentaje de profesores que se refieren a ellos. Las respuestas de los 17 profesores al Cuestionario 1 se encuentra íntegramente en el Anexo III.

En primer lugar, nos detendremos en las proposiciones C1 y C4 que son aquéllas que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”. En el **Cuadro 4.4.3** se muestran los aspectos analizados en los comentarios de los profesores a la proposición C1:



Cuadro 4.4.3

Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C1, según la cual “la tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades”, dadas por los profesores en activo (N =17)

	Porcentaje
Los comentarios critican la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	17,6%
Los comentarios refuerzan la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	17,6%
Puntúan, pero dejan en blanco la justificación	35,3%
Otros	26,5%

Como se aprecia en el **Cuadro 4.4.3** tan sólo 3 de los 17 profesores encuestados (17,6%) critican explícitamente la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” transmitida por la proposición C1, tal y como mostramos en el siguiente ejemplo:

Proposición	Puntuación
1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.	6
<b>Justificación y comentarios:</b> A veces no es la aplicación del principio físico; el concepto viene después de la aplicación	

(A veces no es la aplicación del principio físico; el concepto viene después de la aplicación)

El mismo número de profesores refuerza en sus comentarios la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” transmitida por la proposición C1, tal y como mostramos a continuación:

Proposición	Puntuación
1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.	10
<b>Justificación y comentarios:</b> LA aplicación de conocimientos técnicos y científicos para la resolución de problemas, o mejor de las condiciones de trabajo y vida, es la parte fundamental de la Tec.	

*(La aplicación de conocimientos técnicos y científicos para la resolución de problemas o mejora de las condiciones de trabajo y vida, es la parte fundamental de la tecnología).*

El resto de los docentes encuestados no justifican su puntuación (35,3%), no concretan su respuesta, con comentarios como “*La definición de tecnología abarca más conceptos*” o se refieren a otras cuestiones, como por ejemplo “*La tecnología lúdica es muy importante; al fin y al cabo son necesidades tan fuertes como las demás*”.

Aunque los resultados obtenidos parecen ir en contra de nuestra hipótesis ya que sólo 3 docentes refuerzan con sus comentarios la idea de tecnología como mera “ciencia aplicada”, conviene detenerse en un aspecto que resulta importante. Como se aprecia en el Cuadro 4.4.3, 6 profesores han puntuado la proposición C1 pero no han añadido ningún comentario. Este dato es relevante ya que las puntuaciones otorgadas por dichos docentes oscilan entre 8 y 10 (la media es de 9,5), por lo que puede entenderse que se muestran de acuerdo con esta proposición. Teniendo en cuenta esta consideración, tendríamos que más de la mitad de los profesores (9) se muestran de acuerdo con la proposición C1.

Otra proposición incluida en el cuestionario que transmite una imagen de la tecnología como “ciencia aplicada” es la C4. Esta proposición, tal y como hemos visto en el **Cuadro 4.4.2** ha obtenido una puntuación media de 5,9. Sin embargo, como ya hemos señalado anteriormente, conviene no quedarse simplemente con este valor numérico y realizar un análisis de las respuestas dadas con mayor profundidad. En este caso hemos procedido al análisis de los 5 aspectos que se muestran en el **Cuadro 4.4.4**:

**Cuadro 4.4.4**  
**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C4, según la cual “la Tecnología es siempre deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede”, dadas por los profesores en activo (N = 17)**

	Porcentaje
Señala la existencia de tecnología sin concurso de la ciencia	23,5%
Se refiere a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología	5,9%
Critica la imagen de tecnología como mera “ciencia aplicada”	5,9%
Señala que la tecnología también plantea nuevos retos a la ciencia	11,8%
Refuerza la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	17,6%
No contestan, no justifican, no definen	35,3%

Como vemos, 4 de los 17 profesores (23,5%) señalan que en ocasiones la tecnología no ha necesitado de la ciencia para su desarrollo, tal y como se muestra en el siguiente ejemplo:

2. La tecnología es siempre deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	0.
<b>Justificación y comentarios:</b> Depende de la época histórica no fue necesario conocer el ciclo de Carnot para que tuviera lugar la Revolución Industrial, ésta la hicieron los mecánicos de taller y los mineros. Recordón la diferencia entre Inglaterra y Francia.	

(Depende de la época histórica no fue necesario conocer el ciclo de Carnot para que tuviera lugar la Revolución Industrial, ésta la hicieron los mecánicos de taller y los mineros).

Por otra parte, tan solo un profesor (5,9%) se refiere a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología:

2. La tecnología es siempre deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	4
<b>Justificación y comentarios:</b> Los dos términos están totalmente relacionados. No puede existir el uno sin el otro. Los avances tecnológicos también sirven para avances científicos. Términos difíciles de separar.	

(Los dos términos están totalmente relacionados. No puede existir el uno sin el otro. Los avances tecnológicos también sirven para avances científicos. Términos difíciles de separar).

Otros dos profesores (11,8%) señalan el importante papel que juega la tecnología para el desarrollo de la ciencia:

2. La tecnología es siempre deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	8
<b>Justificación y comentarios:</b> Hay ocasiones en que la tecnología ha supuesto la apertura de nuevos campos de la ciencia que no hubieran surgido por sí solos.	

(Hay ocasiones en que la tecnología ha supuesto la apertura de nuevos campos de la ciencia que no hubieran surgido por sí solos).

Por último, tres profesores (17,6%) refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como “ciencia aplicada”:

<p><i>4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.</i></p>	<p>9</p>
<p><i>Justificación y comentarios: Está claro que la “Tecnología” no crece en los árboles y que para cualquier desarrollo tecnológico es necesario un conocimiento científico previo que en la mayoría de los casos surge del esfuerzo investigador de científicos. Ahora bien, la tecnología plantea usos de la ciencia que quizá los científicos no han contemplado en sus investigaciones, descubrimientos y desarrollos.</i></p>	

En una primera valoración, estos resultados parecen ir en contra de nuestra hipótesis. Sin embargo, tal y como ocurría en la proposición C1 hay un grupo de profesores que puntúa esta proposición si añadir comentario alguno. En concreto, 5 profesores han otorgado una puntuación media de 8,8 a la proposición C4 y no han justificado dicha puntuación ni han añadido ningún comentario, lo que nos hace pensar que se muestran de acuerdo con ella. Por tanto, si sumamos estos 5 profesores a los 3 que refuerzan con sus comentarios la imagen transmitida por la proposición C4, tenemos que casi la mitad de los docentes se muestran de acuerdo con ella.

Una vez analizadas las respuestas dadas por los docentes a las proposiciones que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” (C1 y C4) pasamos, a continuación, al análisis de aquéllas que hacen referencia a las relaciones tecnología-sociedad.

Comenzaremos nuestro análisis por la proposición C3 la cual plantea, como recordaremos, que “las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas”. Como venimos haciendo, para facilitar un análisis con mayor profundidad hemos establecido diferentes aspectos en relación con la proposición, tal y como mostramos en el **Cuadro 4.4.5:**

**Cuadro 4.4.5**

**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C3, según la cual “las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas”, dadas por los profesores en activo (N = 17)**

	Porcentaje
Se muestran totalmente de acuerdo con la proposición	0%
Se refiere a la necesidad de cambios políticos y/o sociales	41,2%
Se refiere a la necesidad de medidas educativas	0 %
Se refiere a la necesidad de compromiso individual	5,9%
En blanco	17,6%
Otros, sin definir	35,3%

Lo primero que nos llama la atención, tal y como apreciamos en el **Cuadro 4.4.5**, es que ningún profesor se ha referido en los comentarios a la importancia de las acciones educativas para hacer frente a los problemas que afectan hoy en día a la humanidad.

También destaca que tan solo un docente (5,9%) se ha referido, - aunque muy indirectamente- a la importancia del compromiso individual:

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	5
<p><i>Justificación y comentarios:</i>  Respecto a los prob. medioambientales, en parte, ayudaría mejores tecnologías, pero otra parte es un prob. de la mentalidad del hombre. Respecto a otros problemas humanos, poco tiene que ver en su solución la tecnología, más bien un cambio de chip de mentalidad, menos miedo y menos egoísta.</p>	

(Respecto a los problemas medioambientales, en parte, ayudaría mejores tecnologías, pero otra parte es un problema de la mentalidad del hombre. Respecto a otros problemas humanos, poco tiene que ver en su solución la tecnología, más bien un cambio de chip de mentalidad, menos miedo y menos egoísta)

Por otra parte, la respuesta que hemos encontrado en mayor medida (7 profesores; 41,2%) es la que se refiere a la necesidad de cambios políticos y/o sociales, tal y como se aprecia en los siguientes ejemplos:

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	5
<b>Justificación y comentarios:</b> La tecnología se ha usado para dominar la naturaleza que era hostil, pero hoy debería contribuir al desarrollo sostenible. al cual también debe contribuir los poderes políticos y sociales.	

(La tecnología se ha usado para dominar la naturaleza que era hostil, pero hoy debería contribuir al desarrollo sostenible, al cual deben también contribuir los poderes políticos y sociales).

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	5
<b>Justificación y comentarios:</b> Creo que hay muchos problemas cuya solución sólo están en manos de políticos (Apertura de fronteras, Donaciones, Ayudas).	

(Creo que hay muchos problemas cuya solución sólo está en manos de políticos (apertura de fronteras, donaciones, ayudas))

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	2
<b>Justificación y comentarios:</b> Los mayores problemas requieren voluntad política para mejorar las condiciones de vida de la mayor parte de la población.	

(Los mayores problemas requieren voluntad política para mejorar las condiciones de vida de la mayor parte de la población)

Por último, señalar que 9 profesores no justifican su respuesta, bien porque la han dejado en blanco (17,6 %), bien porque en sus comentarios (35,3%) no se transmite nada concreto, como puede verse en los siguientes ejemplos:

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	7.
<b>Justificación y comentarios:</b> La tecnología avanzado ayuda pero no siempre es la solución.	

(La tecnología avanzada ayuda pero no siempre es la solución)

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	6
<b>Justificación y comentarios:</b> De tecnologías más avanzadas y del mal uso de las que existen.	

(De tecnologías más avanzadas y del mal uso de las que existen)

Para finalizar, debemos destacar que ningún docente ha mencionado conjuntamente los tres tipos de medidas necesarias (tecnológicas, educativas y políticas).

En contraposición a la imagen transmitida por la proposición C3, que sostiene que la solución a todos los problemas radica en el avance de la tecnología (imagen positiva), estaría la proposición C2, que afirma que la principal causante de la degradación medioambiental es la tecnología (imagen negativa). Como venimos haciendo, para facilitar el análisis de las respuestas de los docentes, hemos agrupado las respuestas tal y como se muestra en el **Cuadro 4.4.6**:

**Cuadro 4.4.6**  
Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C2, “la tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad”, dadas por los profesores en activo (N = 17)

	Porcentaje
La principal causante es la sociedad y el mal uso que se hace de la tecnología	52,9%
La causa principal son los intereses políticos y económicos	5,9%
Refuerza la idea transmitida por la proposición C2	5,9%
No define (“hay más factores”, “hay otros responsables”...)	23,5%
No justifica, deja en blanco	11,8%

A la vista de los resultados obtenidos, y a pesar de ser la proposición que más baja puntuación media ha obtenido (3,4), lo primero que llama la atención es el porcentaje de profesores que no define su respuesta o deja en blanco la justificación (35,3%).

Por otra parte, más de la mitad de los docentes (52,9%) opina que la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad es la sociedad y, en concreto, el mal uso que se hace del desarrollo tecnológico:

4. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	0
<b>Justificación y comentarios:</b> Un uso inadecuado de la tecnología es el principal responsable y eso sólo depende del hombre.	

(Un uso inadecuado de la tecnología es el principal responsable y eso sólo depende del hombre).

4. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	4
<b>Justificación y comentarios:</b> Más bien el "mal uso de la tecnología". El problema no es la tecnología, es la sociedad.	

(Más bien el "mal uso de la tecnología". El problema no es la tecnología, es la sociedad).

Uno de los profesores, a pesar de puntuar con un 4 esta proposición, se muestra de acuerdo con que el desarrollo tecnológico es el principal causante de los problemas medioambientales. Mostramos a continuación el comentario añadido por este profesor:



4. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	4.
<i>Justificación y comentarios:</i> Las modificaciones realizadas por los conocimientos técnicos han generado los problemas, pero el concepto de responsabilidad ya tiene una valoración ética que dejamos a los filósofos	

(Las modificaciones realizadas por los conocimientos técnicos han generado los problemas, pero el concepto de responsabilidad ya tiene una valoración ética que dejamos a los filósofos)

Para finalizar, analizaremos la justificación y comentarios de los profesores a la proposición C5. Esta proposición, como recordaremos, hace referencia a la responsabilidad por las consecuencias negativas que puedan derivarse de la aplicación de los avances tecnológicos: “No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización”. Las respuestas las hemos agrupado tal y como se muestra en el **Cuadro 4.4.7**, en los siguientes aspectos:

**Cuadro 4.4.7**

**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C5, según la cual “no se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización”, dadas por los profesores en activo (N = 17)**

	Porcentaje
Está de acuerdo con la afirmación	17,6%
La responsabilidad es de todos	23,5%
El tecnólogo también tiene responsabilidad	29,4%
Necesidad de comisiones científico-técnicas-éticas para tomar decisiones	5,9%
No contesta, no justifica	23,5%

Como se puede apreciar en el **Cuadro 4.4.7**, 3 profesores (17,6%) se muestran de acuerdo con la proposición C5, con respuestas como las siguientes:

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	<p>10</p>
<p><b>Justificación y comentarios:</b>  <i>Que quienes que diga. Pues sí. Pues sí. Que los técnicos avancen y que los políticos el pueblo, decida si hacer una bomba atómica o una central eléctrica. Pues sí. Pues sí.</i></p>	

(Qué quieres que diga. Pues sí. Que los tecnólogos avancen y que los políticos, el pueblo, decida si hacer una bomba atómica o una central eléctrica. Pues sí. Pues sí).

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	<p>8</p>
<p><b>Justificación y comentarios:</b>  <i>El mal uso de una tecnología no depende de la propia tecnología.</i></p>	

(El mal uso de una tecnología no depende de la propia tecnología).

Cuatro docentes (23,5%) opinan que la responsabilidad es de la sociedad en general:

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	<p>4</p>
<p><b>Justificación y comentarios:</b>  <i>La responsabilidad de un mal uso de la tecnología, entre otras, es debido principalmente a todos nosotros, no se puede echar las culpas a otras entidades, es de cada uno de nosotros.</i></p>	

(La responsabilidad de un mal uso de la tecnología, entre otros, es debido principalmente a todos nosotros, no se puede echar las culpas a otras entidades, es de cada uno de nosotros).

La contestación más repetida por los profesores, aunque no llega a la tercera parte de ellos (29,4%), se refiere a la responsabilidad que tienen los tecnólogos en el desarrollo de su labor, tal y como mostramos en los siguientes ejemplos:

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	<p>5</p>
<p><i>Justificación y comentarios:</i> Creo que el "tecnólogo" también puede controlar a que tipo de necesidades quiere dar solución</p>	

(Creo que el "tecnólogo" también puede controlar a qué tipo de necesidades quiere dar solución).

Merece la pena destacar la respuesta de uno de los docentes, el cual se ha referido a la necesidad de "comisiones científico-técnicas-éticas" para el control de los avances tecnológicos:

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	<p>5</p>
<p><i>Justificación y comentarios:</i> Científicos, tecnólogos/as y sociedad, todos tienen intereses, no hay asepsia total y por tanto todos son responsables. Son las comisiones científico-técnicas-éticas las que deben vigilar y fiscalizar</p>	

(Científicos, tecnólogos/as y sociedad, todos tienen intereses, no hay asepsia total y por tanto todos son responsables. Son las comisiones científico-tecnológicas-éticas las que deben vigilar y fiscalizar).

Antes de pasar a analizar las respuestas dadas por los profesores en formación al **Cuestionario 1**, conviene detenerse y realizar una breve síntesis:

En el análisis de las respuestas de los profesores a las cuestiones C1 y C4 hemos podido ver que 9 de los 17 docentes se muestran de acuerdo con esta proposición. Tan sólo 3 critican explícitamente la imagen de la tecnología como mera "ciencia aplicada" transmitida por la proposición C1.

Respecto a la proposición C4, la cual también transmite una imagen de la tecnología como "ciencia aplicada", tenemos que casi la mitad de los docentes se muestran de acuerdo con ella. Por otra parte, son muy pocos los docentes que señalan el importante papel que juega la tecnología para el desarrollo de la ciencia (2), que se refieren a la

gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología (1) o que señalan que en ocasiones la tecnología no ha necesitado de la ciencia para su desarrollo (4).

Respecto a las proposiciones C2, C3 y C5, las cuales hacían referencia a las relaciones tecnología-sociedad, conviene llamar la atención sobre los siguientes aspectos:

En el análisis de los comentarios a la proposición C3 destaca, sobre todo, que ningún profesor se ha referido a la importancia de las acciones educativas para hacer frente a los problemas que afectan hoy en día a la humanidad. También destaca que tan solo un docente (5,9%) se ha referido, - aunque muy indirectamente- a la importancia del compromiso individual. Un dato que también llama la atención es que ningún docente ha mencionado conjuntamente los tres tipos de medidas necesarias (tecnológicas, educativas y políticas) para hacer frente a los problemas que afectan hoy en día a la humanidad.

Respecto a la proposición C2, la cual plantea, como recordaremos, que “las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas”, destaca el porcentaje de profesores que no define su respuesta o deja en blanco la justificación (35,3%).

Por otra parte, menos de un tercio de los docentes en formación encuestados (29,4%), se refiere a la responsabilidad que tienen los tecnólogos en el desarrollo de su labor (proposición C5).

Una vez analizas las respuestas de los docentes de tecnología en activo a cada una de las proposiciones del **Cuestionario 1** pasamos, en el apartado siguiente, al análisis de los resultados obtenidos por los docentes en formación.

#### **4.4.2. Resultados obtenidos mediante la utilización del Cuestionario 1 con profesores en formación**

Se ha pasado el cuestionario a 72 alumnos del CAP de Tecnología, realizado en la Universidad Politécnica de Valencia durante el curso 2005-2006, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación:

**Cuadro 4.4.8**  
**Promedio de las puntuaciones concedidas por profesores en formación**  
**a cada una de las proposiciones del Cuestionario 1**

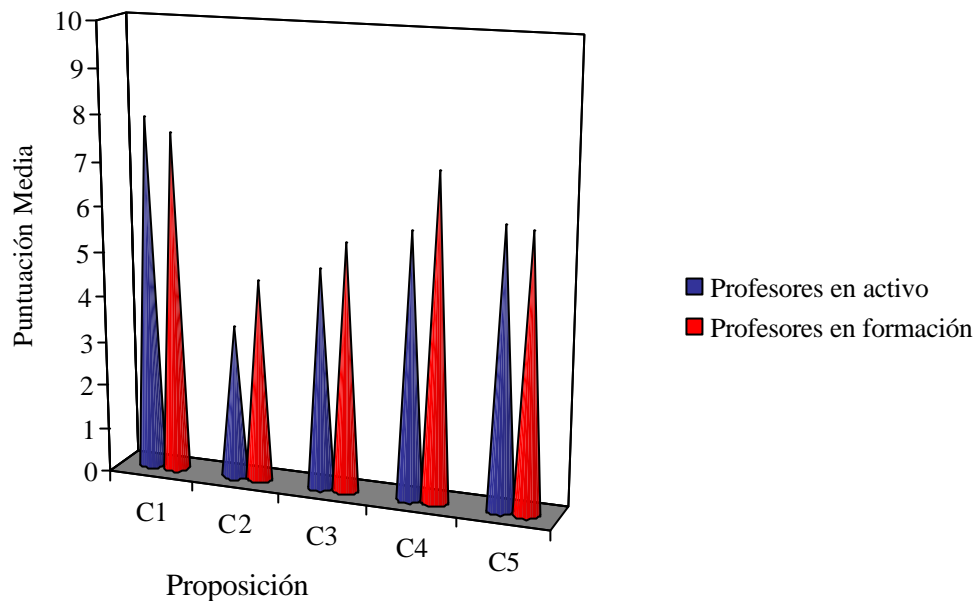
<i>Proposición</i>	<i>Promedio</i> (N = 72)	<i>SD</i>
<b>1.</b> La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.	<b>7,6</b>	<b>1,8</b>
<b>2.</b> La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	<b>4,5</b>	<b>2,4</b>
<b>3.</b> Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	<b>5,5</b>	<b>2,2</b>
<b>4.</b> La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	<b>7,2</b>	<b>1,9</b>
<b>5.</b> No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.	<b>6,1</b>	<b>2,6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6,2</b>	<b>1,1</b>

Como se puede apreciar en el **Cuadro 4.4.3**, los profesores de tecnología en formación también “aprueban” globalmente las proposiciones incluidas en el cuestionario, con una “nota” superior a la de los profesores en activo. En este caso, todas las proposiciones superan el 5 excepto la C2, tal y como ocurría con los profesores que en este momento están impartiendo la asignatura de tecnología. En el cuadro 4.4.3 también se ve directamente la coherencia en las respuestas a C1 y C4 en las se aprecia mucha menos diferencia que en el caso anterior.

Para facilitar la comparación de las puntuaciones otorgadas por los profesores en activo y en formación a cada una de las proposiciones del **Cuestionario 1**, a continuación las mostramos en la **Gráfica 4.4.1**:

Gráfica 4.4.1

Gráfica comparativa de las puntuaciones concedidas por profesores en activo y en formación a cada una de las proposiciones del Cuestionario 1



Como puede apreciarse en la **Gráfica 4.4.1**, en las puntuaciones medias otorgadas por ambos colectivos a las proposiciones C1 y C5 no existen grandes diferencias. En las demás proposiciones (C2, C3 y C4) las puntuaciones otorgadas por los profesores en formación son superiores a las de los profesores en activo. Sin embargo, como puede apreciarse claramente, las tendencias de las gráficas son muy similares.

Para analizar en profundidad la opinión de los profesores en formación acerca de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, seguiremos el mismo esquema que hemos usado para los docentes en activo. En primer lugar, analizaremos los comentarios a las proposiciones C1 y C4, que son las que se refieren a las relaciones ciencia-tecnología. Para ello, buscaremos en sus respuestas referencias a determinados aspectos, tal y como hemos hecho anteriormente. En segundo lugar, analizaremos los comentarios a las proposiciones C3, C2 y C5, que son las que se refieren a las relaciones tecnología-sociedad. Del mismo modo, buscaremos en sus respuestas las referencias a determinados aspectos relativos a dichas relaciones. En el Anexo III se reproduce una amplia muestra de las respuestas dadas por profesores en formación al Cuestionario 1.

Cuadro 4.4.8

Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C1, según la cual “la tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades”, dadas por los profesores en formación (N = 72)

	% (SD)
Los comentarios critican la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	1,4% (1,4)
Los comentarios refuerzan la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	45,8% (5,9)
Puntúan, pero dejan en blanco la justificación	11,1% (3,7)
Otros	41,7% (5,5)

Tal y como se aprecia en el Cuadro 4.4.8 tan sólo un encuestado (1,4%) critica la imagen de la tecnología como “ciencia aplicada” transmitida por la proposición C1:

Proposición	Puntuación
1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.	8
<b>Justificación y comentarios:</b> Consiste en la búsqueda de soluciones a problemas mediante el diseño y construcción de objetos basándose casi siempre en conocimientos científicos, pero en ocasiones ha sido al revés.	

(Consiste en la búsqueda de soluciones a problemas mediante el diseño y construcción de objetos basándose casi siempre en conocimientos científicos, pero en ocasiones ha sido al revés)

Por otra parte, 33 profesores en formación (45,8%) refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como ciencia aplicada, transmitida en la proposición C1:

Proposición	Puntuación
1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.	8
<b>Justificación y comentarios:</b> fundamentalmente así es. Los ingenieros, conociendo los principios científicos, resuelven con aplicaciones y productos las necesidades.	

(Fundamentalmente así es. Los ingenieros, conociendo los principios científicos, resuelven con aplicaciones y productos las necesidades)

Proposición	Puntuación
1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.	8
<i>Justificación y comentarios: La tecnología se basa en la aplicación de la ciencia para resolver los problemas con los que se encuentra la sociedad</i>	

(La tecnología se basa en la aplicación de la ciencia para resolver los problemas con los que se encuentra la sociedad)

Un grupo de 8 profesores en formación (11,1%) deja en blanco la justificación. Este dato es importante tenerlo en cuenta ya que la puntuación media otorgada por estos profesores a la proposición C1 es de 8,8 lo que nos lleva a pensar que están de acuerdo con dicha proposición.

Una vez analizadas las respuestas de los profesores en formación a la proposición C1, a continuación, analizaremos los comentarios añadidos a la proposición C4 relacionada, siguiendo así el mismo proceso que utilizábamos para los profesores en activo.

**Cuadro 4.4.9**  
**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C4, según la cual “la Tecnología es siempre deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede”, dadas por los profesores en formación (N = 72)**

	% (SD)
Señala la existencia de tecnología sin concurso de la ciencia	13,9% (4,1)
Se refiere a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología	15,3% (4,2)
Crítica la imagen de tecnología como mera “ciencia aplicada”	0% (--)
Señala que la tecnología también plantea nuevos retos a la ciencia	2,8% (1,9)
Refuerza la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	50% (5,9)
No contestan, no justifican, no definen	18% (4,5)

Tal y como puede apreciarse en el **Cuadro 4.4.9**, la mitad de los profesores en formación encuestados refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como ciencia aplicada que se transmite en esta proposición. Mostramos, a continuación, algunos ejemplos de sus respuestas:



4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	
<b>Justificación y comentarios:</b> Sí, puesto que la tecnología es la aplicación de esos desarrollos científicos previos.	8

(Sí, puesto que la tecnología es la aplicación de esos desarrollos científicos previos)

4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	40
<b>Justificación y comentarios:</b> La tecnología es la aplicación de la ciencia ¿no?	

(La tecnología es la aplicación de la ciencia, ¿no?)

El 13,9% de los profesores en formación encuestados se refiere a la existencia de avances tecnológicos sin el concurso de la ciencia (uno de ellos incluso de forma irónica):

4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	4
<b>Justificación y comentarios:</b> Sí, los hombres de las cavernas hicieron exhaustivos estudios físicos hasta deducir que golpeando la carne con una piedra afilada, la podían cortar. :-)	

(Sí, los hombres de las cavernas hicieron exhaustivos estudios físicos hasta deducir que golpeando la carne con una piedra afilada, la podrían cortar)

4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	1
<b>Justificación y comentarios:</b> En la prehistoria, había tecnología sin ciencia	

(En la prehistoria había tecnología sin ciencia)

Algunos encuestados, aunque en un porcentaje bajo (15,3%), también se refieren a la gran imbricación existente entre ciencia y tecnología, como se aprecia en los siguientes ejemplos:

4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	10
<b>Justificación y comentarios:</b> Creo que ciencia y tecnología deben estar ligadas en casi todos los aspectos.	

(Creo que ciencia y tecnología deben estar ligadas en casi todos los aspectos)

4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	9
<b>Justificación y comentarios:</b> Ciencia y tecnología tienen que ir unidas, ya que mucha tecnología necesita buena base de conocimientos científicos.	

(Ciencia y tecnología tienen que ir unidas, ya que mucha tecnología necesita buena base de conocimientos científicos)

Una vez analizadas las respuestas dadas por los docentes en formación a las proposiciones que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” (C1 y C4) pasamos, a continuación, tal y como hemos hecho anteriormente, al análisis de aquellas que hacen referencia a las relaciones tecnología-sociedad.

**Cuadro 4.4.10**

**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C3, según la cual “las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas”, dadas por los profesores en formación (N=72)**

	% (SD)
Se muestran totalmente de acuerdo con la proposición	41,7% (5,8)
Se refiere a la necesidad de cambios políticos y/o sociales	5,6% (2,7)
Se refiere a la necesidad de medidas educativas	16,7% (4,4)
Se refiere a la necesidad de compromiso individual	0% (--)
En blanco	2,8% (1,9)
Otros, sin definir	33,2% (5,5)

Antes de mostrar ejemplos de cada uno de los aspectos analizados, señalaremos que un 41,2% de los encuestados se muestra de acuerdo, de un modo u otro, con la proposición C3, reforzando la idea transmitida en sus comentarios:

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	8
<b>Justificación y comentarios:</b> Basadas en una ciencia más avanzada.	

(Basadas en una ciencia más avanzada)

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	10
<b>Justificación y comentarios:</b> Está claro que los grandes avances de la civilización humana se han desarrollado gracias a los hitos tecnológicos, desde el descubrimiento del fuego, hasta Internet.	

(Está claro que los grandes avances de la civilización humana se han desarrollado gracias a los hitos tecnológicos, desde el descubrimiento del fuego, hasta Internet)

En cuanto a la necesidad de otro tipo de medidas que, junto a las tecnológicas, deben contemplarse para hacer frente a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad, 12 encuestados (16,7%) se refieren a las medidas educativas:

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	7
<b>Justificación y comentarios:</b> Muchos problemas se pueden solucionar mediante la tecnología, pero no todos. También habría que utilizar correctamente la tecnología actual, mediante una educación tecnológica.	

(Muchos problemas se pueden solucionar mediante la tecnología, pero no todos. También habría que utilizar correctamente la tecnología actual, mediante una educación tecnológica)

Tan solo 4 encuestados (5,6%) señalan la necesidad de cambios políticos y/o sociales:

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	2
<b>Justificación y comentarios:</b> Las soluciones pasan por la voluntad política en los países más avanzados.	

(Las soluciones pasan por la voluntad política en los países más avanzados)

El resto de los encuestados (36,5%) puntúan la proposición, pero dejan en blanco la justificación o bien no responden nada concreto:

3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	5
<b>Justificación y comentarios:</b> Algunos sí pero no todos .	

(Algunos sí, pero no todos)

Para finalizar, debemos destacar que, tal y como ocurría con los docentes en activo, ningún encuestado ha señalado la necesidad de acciones individuales para hacer frente a los problemas con que se enfrenta actualmente la humanidad. Del mismo modo, tampoco hemos encontrado comentarios que señalen la necesidad de contemplar, junto a las medidas tecnológicas, cambios en las actitudes y comportamientos (medidas educativas) además de medidas legislativas y políticas.

**Cuadro 4.4.11**

**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C2, “la tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad”, dadas por los profesores en formación (N=72)**

	% (SD)
La principal causante es la sociedad y el mal uso que se hace de la tecnología	43,0% (5,8)
La causa principal son los intereses políticos y económicos	9,7% (3,5)
Refuerza la idea transmitida por la proposición C2	15,3% (4,2)
No define (“hay más factores”, “hay otros responsables”...)	16,7% (4,4)
No justifica, deja en blanco	15,3% (4,2)

Como puede apreciarse en el **Cuadro 4.4.11**, casi un tercio de los encuestados (32%) no precisa su respuesta o la deja en blanco.

La mayor parte de los profesores en formación (43%) opina que la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad es la sociedad, es decir, son las personas y, en concreto, el mal uso que hacen de la tecnología:

2. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	2
<b>Justificación y comentarios:</b> - La responsable es la mala utilización o la utilización abusiva de la tecnología.	

(La responsable es la mala utilización o la utilización abusiva de la tecnología)

2. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	2
<b>Justificación y comentarios:</b> no estoy de acuerdo, la tecnología no es mala, otra cosa es que se de un mal uso de ésta, con lo q creo q los causantes somos las personas.	

(No estoy de acuerdo. La tecnología no es mala, otra cosa es que se de un mal uso de ésta, con lo que creo que los causantes somos las personas)

Por otra parte, 7 encuestados (9,7%) se refieren como causa principal de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad a los intereses políticos y/o económicos:

2. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	3
<b>Justificación y comentarios:</b> Los problemas medioambientales son <sup>en parte</sup> el resultado de una mala aplicación de los avances tecnológicos por una cuestión económica	

(Los problemas medioambientales son, en parte, el resultado de una mala aplicación de los avances tecnológicos por una cuestión económica)

Por último, para finalizar el análisis de las respuestas dadas por los profesores en formación a las proposiciones que componen el **Cuestionario 1**, mostraremos los comentarios añadidos por éstos a la proposición C5:

**Cuadro 4.4.12**

Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C5, según la cual “no se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización”, dadas por los profesores en formación (N=72)

	% (SD)
Está de acuerdo con la afirmación	31,9% (5,5)
La responsabilidad es de todos	9,7% (3,5)
El tecnólogo también tiene responsabilidad	36,1% (5,7)
Necesidad de comisiones científico-técnicas-éticas para tomar decisiones	0% (--)
No contesta, no justifica	22,2% (4,9)

Tal y como se muestra en el **Cuadro 4.4.12**, casi un tercio de los encuestados (31,9%) se muestra de acuerdo con la afirmación presentada en la proposición C5:

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	10
<p><b>Justificación y comentarios:</b>                  Totalmente de acuerdo. Son los políticos los máximos responsables de su ejecución. La tecnología sólo plantea soluciones a problemas</p>	

(Totalmente de acuerdo. Son los políticos los máximos responsables de su ejecución. La tecnología sólo plantea soluciones a problemas)

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	10
<p><b>Justificación y comentarios:</b>                  ESTOY TOTALMENTE DE ACUERDO CON LA FRASE, NO TENGO NADA QUE MATIZAR.</p>	

(Estoy totalmente de acuerdo con la frase, no tengo nada que matizar)

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	10
<p><b>Justificación y comentarios:</b>                  La tecnología no es responsable de nada</p>	

(La tecnología no es responsable de nada)

Por otra parte, el 36,1% de los profesores en formación que han participado en este diseño opinan que los tecnólogos son, en parte, responsables de las consecuencias negativas de los progresos tecnológicos que desarrollan:

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	3
<p><b>Justificación y comentarios:</b>                  Creo que si el tecnólogo crea, debería también tener en cuenta las consecuencias negativas que de ello puedan derivarse.</p>	

(Creo que si el tecnólogo crea, debería también tener en cuenta las consecuencias negativas que de ello puedan derivarse)

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	4
<p><b>Justificación y comentarios:</b> Los tecnólogos no pueden quedarse al margen, tienen tb. una función importantísima, principalmente de información y difusión del uso de sus logros.</p>	

(Los tecnólogos no pueden quedarse al margen, tienen también una función importantísima, principalmente de información y difusión del uso de sus logros)

Un porcentaje elevado de participantes (22,2%) deja en blanco su respuesta o en sus comentarios no encontramos nada concreto para incluirlas en alguno de los aspectos que estamos analizando:

<p>5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.</p>	8
<p><b>Justificación y comentarios:</b>                  Bueno, en cierto grado algunas tecnologías de forma innata ya tienen consecuencias negativas.</p>	

(Bueno, en cierto grado algunas tecnologías de forma innata ya tienen consecuencias negativas)

Antes de pasar a analizar las respuestas dadas al **Cuestionario 1** por personas pertenecientes a cualquier ámbito laboral, conviene detenerse y realizar una breve síntesis:

Como hemos visto en este apartado, sólo un encuestado (1,4%) ha criticado la imagen de la tecnología como “ciencia aplicada” transmitida por la proposición C1, mientras que casi la mitad de los profesores en formación (45,8%) refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como “ciencia aplicada”, transmitida por dicha proposición. Este resultado se ve apoyado por los obtenidos en la proposición C4, en la que la mitad de los profesores en formación refuerzan con sus comentarios la imagen de la tecnología como “ciencia aplicada”, a la vez que ningún profesor en formación ha criticado dicha imagen. Estos resultados apoyan la primera parte de nuestra hipótesis, según la cual la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta, en particular, como mera “ciencia aplicada”.

Respecto a las relaciones tecnología-sociedad, destaca el alto porcentaje de docentes en formación (41,2%) que se muestra de acuerdo, de un modo u otro, con que *las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas*. También llama la atención es que ningún encuestado ha señalado la necesidad de acciones individuales para hacer frente a los problemas con que se enfrenta actualmente la humanidad. Del mismo modo, tampoco hemos encontrado comentarios que señalen la necesidad de contemplar, junto a las medidas tecnológicas, cambios en las actitudes y comportamientos (medidas educativas) además de medidas legislativas y políticas.

Al preguntar sobre la responsabilidad que tienen los tecnólogos sobre las consecuencias negativas que puedan derivarse de la aplicación de la tecnología, poco más de un tercio opina que los tecnólogos son, en parte, responsables de las consecuencias negativas de los progresos tecnológicos que desarrollan. En contraposición, un 31,9% piensa que el papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.

Una vez analizas las respuestas de los docentes de tecnología en formación a cada una de las proposiciones del **Cuestionario 1** pasamos, en el apartado siguiente, al análisis de los respuestas dadas por personas pertenecientes a cualquier ámbito laboral.



#### 4.4.3. Resultados obtenidos mediante la utilización del Cuestionario 1 con personas de diferentes ámbitos laborales

Una forma de enriquecer el **Diseño 4** es pedir a personas que nada tienen que ver con la enseñanza de la tecnología que respondan al **Cuestionario 1**. No pretendemos realizar el mismo análisis exhaustivo que se ha hecho con los docentes en activo y en formación, sino más bien disponer de las opiniones de un grupo de personas que no son docentes de tecnología, para poder comparar sus respuestas con las de los profesores en activo y formación.

Para ello, en primer lugar mostraremos en el **Cuadro 4.4.13** las puntuaciones dadas por este grupo a cada una de las proposiciones del **Cuestionario 1**. En segundo lugar, para facilitar la comparación, mostraremos en el **Gráfico 4.4.2** las puntuaciones de los tres grupos a cada una de las proposiciones del cuestionario. Por último, se ha elaborado un cuadro (**Cuadro 4.4.14**) y un gráfico (**Gráfico 4.4.3**) en el que se muestran los porcentajes de referencias a cada uno de los aspectos analizados, dadas por cada uno de los grupos.

Se ha pasado el cuestionario a 96 personas, de diferentes ámbitos laborales, durante el curso 2005-2006. En la muestra obtenida existe una gran variedad de ocupaciones: estudiantes de carreras tanto científicas y técnicas como de humanidades; ingenieros, economistas, amas de casa, abogados, etc. A la hora de trabajar con los cuestionarios no se ha hecho ninguna clasificación ni se ha impuesto restricción alguna. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

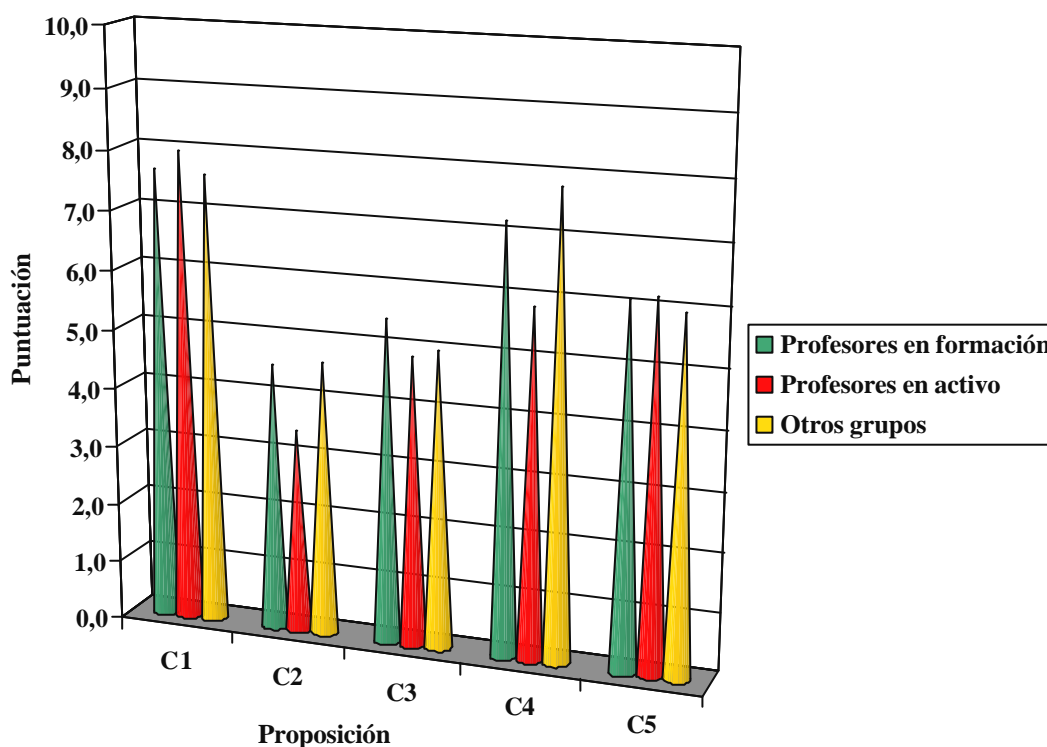
**Cuadro 4.4.13**  
Promedio de las puntuaciones concedidas por personas con diferentes ocupaciones a cada una de las proposiciones del Cuestionario 1 (N = 96)

<i>Proposición</i>	<i>Promedio</i>	<i>SD</i>
1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades.	7,6	1,9
2. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	4,6	2,9
3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	5,0	2,7
4. La tecnología es deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede.	7,8	2,1
5. No se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.	6,0	3,2
<b>TOTAL</b>	<b>6,2</b>	<b>1,4</b>

Como se puede apreciar en el **Cuadro 4.4.13**, el grupo formado por personas de diferentes ámbitos laborales también “aprueba” globalmente las proposiciones incluidas en el cuestionario, con una “nota” igual a la de los profesores en formación. En este caso, todas las proposiciones superan el 5 excepto la C2, tal y como ocurría con los profesores en activo y con los profesores en formación.

El siguiente gráfico muestra, como habíamos señalado, las puntuaciones medias dadas a cada una de las proposiciones del **Cuestionario 1**, dadas por cada grupo:

**Gráfico 4.4.2**  
Comparación de la puntuación media otorgada por cada grupo a cada una de las proposiciones del Cuestionario 1



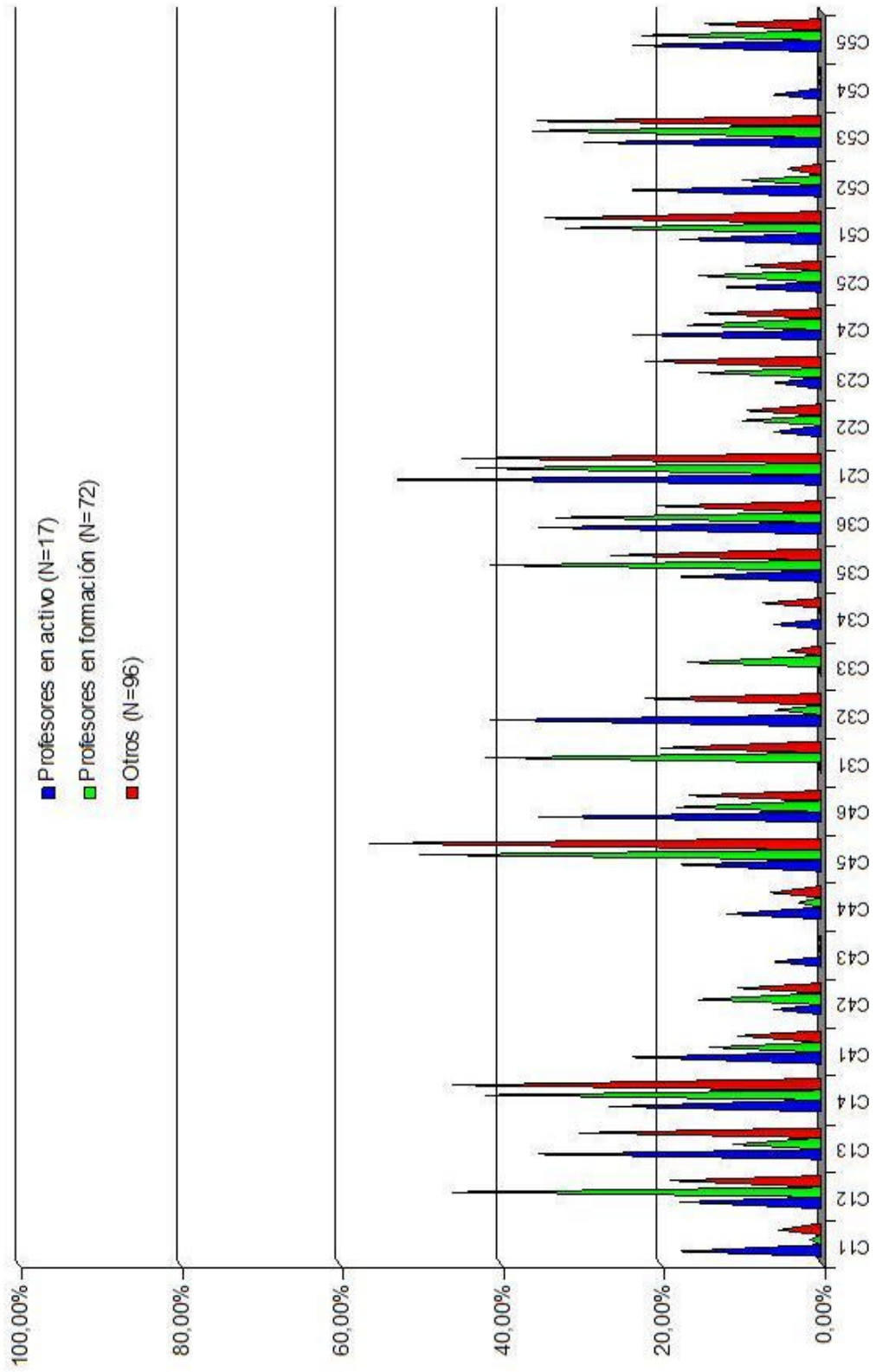
Para facilitar la lectura conjunta de los resultados obtenidos en los tres grupos, se muestra, a continuación una tabla (**Cuadro 4.4.14**) y una gráfica (**Gráfica 4.4.3**) en las que se recogen todos ellos conjuntamente. Por otra parte, en el Anexo III se incluye una amplia muestra de las respuestas de este grupo.

El Cuadro 4.4.14 muestra los resultados obtenidos para cada grupo en el análisis de cada uno de los aspectos estudiados en las proposiciones del Cuestionario 1. Estos resultados se muestran, a continuación en el Gráfico 4.4.3.

Cuadro 4.4.14  
Cuadro de los porcentajes de las respuestas referidas a cada aspecto del Cuestionario 1, dadas por los profesores en activo, en formación y por personas de diferentes ámbitos laborales

	Profesores en activo (N = 17)	Profesores en formación (N = 72)	Otros (N = 96)
<b>RELACIONES CIENCIA- TECNOLOGÍA</b>			
<b>Proposición C1</b>			
(C11) Critica la imagen de la tecnología como mera "ciencia aplicada"	17,6%	1,4%	5,2%
(C12) Refuerza la imagen de la tecnología como mera "ciencia aplicada"	17,6%	45,8%	18,8%
(C13) Dejan en blanco, no justifican	35,3%	11,1%	30,1%
(C14) Otros	26,5%	41,7%	45,9%
<b>Proposición C4</b>			
(C41) Señala la existencia de tecnología sin concurso de la ciencia	23,5%	13,9%	10,4%
(C42) Se refiere a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología	5,9%	15,3%	10,4%
(C43) Critica la imagen de tecnología como mera "ciencia aplicada"	5,9%	0%	0%
(C44) Señala que la tecnología también plantea nuevos retos a la ciencia	11,8%	2,8%	6,3%
(C45) Refuerza la imagen de la tecnología como mera "ciencia aplicada"	17,6%	50,0%	56,3%
(C46) No contestan, no justifican, no definen	35,3%	18,0%	16,6%
<b>RELACIONES TENOLOGIA-SOCIEDAD</b>			
<b>Proposición C3</b>			
(C31) Se muestra de acuerdo con la proposición	0%	41,7%	20%
(C32) Se refiere a la necesidad de cambios políticos y/o sociales	41,2%	5,6%	21,9%
(C33) Se refiere a la necesidad de medidas educativas	0%	16,7%	4,2%
(C34) Se refiere a la necesidad de compromiso individual	5,9%	0%	7,3%
(C35) No contesta	17,6%	2,8%	26,1%
(C36) Otros, sin definir	35,3%	33,2%	20,5%
<b>Proposición C2</b>			
(C21) La principal causante es la sociedad y el mal uso que se hace de la tecnología	52,9%	43,0%	44,8%
(C22) La causa principal son los intereses políticos y económicos	5,9%	9,7%	9,4%
(C23) Refuerza la idea transmitida por la proposición C2	5,9%	15,3%	21,9%
(C24) No define ("hay más factores", "hay otros responsables" ...)	23,5%	16,7%	14,6%
(C25) No justifica, deja en blanco	11,8%	15,3%	9,4%
<b>Proposición C5</b>			
(C51) Está de acuerdo con la afirmación	17,6%	31,9%	34,4%
(C52) La responsabilidad es de todos	23,5%	9,7%	4,2%
(C53) El tecnólogo también tiene responsabilidad	29,4%	36,1%	35,4%
(C54) Necesidad de comisiones científico-técnicas-éticas para tomar decisiones	5,9%	0%	0%
(C55) No contesta, no justifica	23,5%	22,2%	14,6%

**Gráfico 4.4.3**  
**Gráfica de los porcentajes de las respuestas referidas a cada aspecto del Cuestionario 1, dadas por los profesores en activo, profesores en formación y por personas de diferentes ámbitos laborales**



#### **4.4.4. Resumen del análisis de las respuestas dadas por los docentes en activo y en formación y por personas de diferentes ámbitos laborales al Cuestionario 1**

En este apartado recogemos, a modo de síntesis, los resultados obtenidos del análisis de las respuestas de los docentes en activo y en formación al **Cuestionario 1**, así como la comparación de estos resultados con los obtenidos con el grupo de personas de otros ámbitos laborales.

Para presentar con mayor claridad nuestras conclusiones, dividiremos este apartado en dos partes.

##### **a) Relaciones ciencia-tecnología**

Como recordaremos, el **Cuestionario 1** se componía de 5 proposiciones, dos de las cuales (C1 y C4), transmitían una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”.

La puntuación media otorgada por los docentes en activo a la proposición C1 es 7,9, mientras que la otorgada a la C4 es 5,9. Estas puntuaciones ya nos indican que los profesores de tecnología están, en buena medida, de acuerdo con las afirmaciones que presentan la tecnología como ciencia aplicada.

Por otra parte, si analizamos los comentarios añadidos por los docentes, encontramos pocas críticas a la imagen de tecnología como mera “ciencia aplicada”.

Los porcentajes de profesores que se refieren a aspectos importantes de las relaciones ciencia-tecnología son, igualmente, muy bajos. El más mencionado es el que hace referencia a la existencia de desarrollos tecnológicos sin concurso de la ciencia. Tan solo un profesor ha mencionado la creciente imbricación existente en la actualidad entre ciencia y tecnología.

Las respuestas de los profesores en formación, refuerzan más aún nuestra hipótesis. La puntuación media otorgada por los docentes en formación a la proposición C1 es de 7,6 y de 7,2 a la C4 lo cual nos indica que los profesores en formación también están de acuerdo, en general, con las afirmaciones presentadas.

En cuanto a las críticas de los profesores en formación hacia la imagen transmitida por las proposiciones C1 y C4, observamos que solo 1 de los 72 participantes está en desacuerdo con la afirmación que muestra la tecnología como aplicación de conocimientos científicos.

Los porcentajes de profesores en formación que se refieren a aspectos importantes de las relaciones ciencia-tecnología son, tal y como ocurre con los docentes en activo, muy bajos. El aspecto más mencionado (15,3%) es el que hace referencia a la creciente imbricación existente en la actualidad entre ciencia y tecnología. En este grupo, la mitad de los participantes refuerzan en sus comentarios la idea de tecnología como mera “ciencia aplicada”.

En cuanto al grupo de personas pertenecientes a otros ámbitos laborales, no hemos encontrado prácticamente diferencias con los otros dos grupos. Las puntuaciones medias otorgadas por este grupo a las proposiciones C1 y C4 son muy similares a las otorgadas por los profesores en formación (7,6 y 7,8 respectivamente). Por otra parte, más de la mitad de los encuestados refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como “ciencia aplicada” que se transmite en la proposición C4.

Por tanto, a la vista de los resultados obtenidos mediante este diseño, podemos concluir que los profesores de tecnología consultados, poseen, en su mayoría, una imagen incompleta y, por tanto, empobrecida de las relaciones ciencia-tecnología.

Por otra parte, la imagen de los profesores en formación es similar a la de los profesores en activo, aunque en este caso la falta de comprensión de las relaciones ciencia-tecnología es, incluso, más acentuada.

Una vez resumidos los resultados del análisis de las proposiciones que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” pasamos, a continuación, a sintetizar los resultados del análisis de las proposiciones que muestran diferentes aspectos de las relaciones tecnología-sociedad-medio ambiente.

## b) Relaciones tecnología-sociedad-medio ambiente

El **Cuestionario 1** contenía tres proposiciones (C2, C3 y C5) concebidas para analizar las concepciones de los participantes acerca de las relaciones tecnología-sociedad-medioambiente.

La proposición C3 afirmaba que *las soluciones a los problemas con que se enfrenta actualmente la sociedad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.*

Como ya hemos visto, ningún profesor en activo se ha referido en sus comentarios a la importancia de las acciones educativas para hacer frente a los problemas que afectan hoy en día a la humanidad. En este sentido es llamativo que, a pesar de dedicar su trabajo a la enseñanza de la tecnología, no se refieran a la necesidad de medidas educativas. En cuanto a los profesores en formación, solo un 16,7% se ha referido a la necesidad de contemplar este tipo de medidas.

También destaca que tan solo un docente en activo se ha referido - aunque muy indirectamente- a la importancia del compromiso individual. En las respuestas de los docentes en formación no hemos encontrado ninguna referencia a la necesidad de las acciones individuales.

Para finalizar el análisis de la proposición C3, debemos destacar que, tanto en el colectivo de profesores en activo como en el de profesores en formación, ningún encuestado ha mencionado conjuntamente los tres tipos de medidas necesarias para hacer frente a los problemas con que se enfrenta actualmente la sociedad (tecnológicas, educativas y políticas).

**Los resultados obtenidos con los profesores en formación refuerzan más aún nuestra hipótesis** ya que un 41,2% está de acuerdo con que las soluciones a los problemas con se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas. El grupo de personas de cualquier ámbito laboral “no confía” tanto en la tecnología ya que poco más de la cuarta parte (26,1%) está de acuerdo con esta afirmación.

En cuanto a la principal causa de los graves problemas medioambientales a los que se enfrenta la humanidad (proposición C2) más de la mitad de los docentes en activo señalan como principal responsable a la sociedad y al mal uso que hace de la tecnología. Sin embargo, más de un tercio de los encuestados no justifica su respuesta o no contesta nada concreto.

En el caso de los profesores en formación el 43% opina que la principal responsable es la sociedad y el mal uso que hace de la tecnología. Un porcentaje similar al de profesores en activo (32%) no justifica su respuesta o no contesta nada concreto. El porcentaje de profesores en formación que refuerzan en sus comentarios la idea que señala a la tecnología como principal causante de los problemas medioambientales aumenta respecto al de profesores en activo (15,3% frente a 5,9%).

Es interesante observar que, conforme disminuye el porcentaje de respuestas en las que no se justifica o no se concreta ninguna causa, aumenta el de respuestas que señalan a la tecnología como principal causante de los problemas medioambientales. El mayor porcentaje de respuestas que refuerzan esta afirmación es el de personas de cualquier ámbito laboral (21,9%), que son a su vez, los que menos respuestas sin justificar o sin definir dan (24%).

En cuanto a la responsabilidad de la aplicación de los desarrollos tecnológicos, planteada en la proposición C5, menos de un tercio de los profesores en activo encuestados (29,4%) opinan que los tecnólogos son responsables de las consecuencias negativas de la tecnología. Por su parte, menos de la cuarta parte de los docentes no contesta o no responde nada concreto (23,5%).

Los profesores en formación y las personas de cualquier ámbito laboral opinan, en mayor medida que los docentes en activo, que los tecnólogos tienen responsabilidad sobre las consecuencias negativas de la aplicación de la tecnología (36,1% y 35,4% respectivamente). Sin embargo, no debemos olvidar que estamos hablando de porcentajes que se encuentran en torno “al tercio” de los encuestados.



Como hemos podido observar, los resultados mostrados apoyan nuestra primera hipótesis según la cual, **la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo, en general, una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**

Los resultados hasta aquí mostrados se completan con los que se presentan a continuación, correspondientes a las entrevistas realizadas a profesores de tecnología en activo y al análisis de las críticas que los docentes hacen a un examen de tecnología preparado por nuestro equipo.

#### **4.5. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE ENTREVISTAS A PROFESORES EN ACTIVO ACERCA DE LAS RELACIONES CTSA**

Con la finalidad de contrastar la validez de la hipótesis formulada, se ha entrevistado a 6 profesores de tecnología en activo para sacar a la luz sus concepciones acerca de la tecnología y su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Para ello, tal y como planteábamos en el capítulo anterior, se ha elaborado un guión que nos ha servido de hilo conductor para realizar las entrevistas.

Para facilitar el análisis de las entrevistas hemos elaborado una red de análisis, similar a la que se ha utilizado para los libros de texto (Diseño 1). En ella hemos incluido los aspectos más importantes acerca de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, que a lo largo de este trabajo venimos estudiando. Lo que se pretende con ello es realizar un análisis detallado y exhaustivo de cada entrevista, ya que la red se ha aplicado a cada una de ellas.

Para realizar las entrevistas se ha contactado, como ya hemos dicho, con 6 profesores de tecnología en activo que no han participado en el diseño 2 (cuestión abierta: “¿Qué es la Tecnología?”) ni en el diseño 4 (Cuestionario 1). Con ello pretendemos evitar cualquier interferencia entre los diferentes diseños, ya que existe la posibilidad de que un profesor relacione las preguntas del cuestionario con las que se le plantean en la entrevista.

Cada entrevista se ha grabado en formato digital y, a continuación, ha sido transcrita con el fin de facilitar su posterior análisis. En el Anexo V se encuentran tanto las transcripciones de todas las entrevistas como el análisis realizado a cada una de ellas. Presentamos, a continuación, la red de análisis en la que, junto a las preguntas que componen la entrevista, reproducimos los aspectos que se pretenden analizar.

### **RED PARA EL ANÁLISIS DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS A LOS PROFESORES**

#### ***Cuestión 1. ¿Qué objetivos básicos deberíamos perseguir en nuestra área?***

##### **Aspectos analizados**

- 1.1. Comprender la relación entre ciencia y tecnología.
- 1.2. Comprender la influencia de las formas de organización social en la actividad tecnológica.
- 1.3. Comprender las repercusiones desarrollo tecnológico sobre las formas y condiciones de vida de los seres humanos.
- 1.4. Familiarizarse con las estrategias del trabajo tecnológico
- 1.5. Otras (reproducirlas)

#### ***Cuestión 2. En cualquier materia es importante salir al paso de posibles concepciones erróneas que generan actitudes negativas y perjudican el aprendizaje. ¿Consideras que existen concepciones de ese tipo acerca de la tecnología? ¿Has detectado o conoces alguna que merezca ser tomada en cuenta?***

##### **Aspectos analizados**

- 2.1. Tecnología es Ciencia aplicada
- 2.2. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.
- 2.3. Los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad han sido causados fundamentalmente por la tecnología.
- 2.4.- Otros (reproducirlos)

#### ***Cuestión 3. Para la presentación de una determinada tecnología se puede seguir, señalan algunos documentos, un esquema como el siguiente:***

- *Explicar el fundamento científico de la tecnología propuesta*
- *Describir en qué consiste dicha tecnología (con el detalle que convenga al nivel de los estudiantes)*
- *Favorecer, si posible, su puesta en práctica por los estudiantes o, si ello no es posible, una aproximación a dicha puesta en práctica (mediante visitas, videos...).*
- *Contemplar sus aplicaciones*

#### ***¿Qué te parece dicho esquema? ¿Añadirías o corregirías algo?...***

##### **Aspectos analizados**

- 3.1. ¿Está de acuerdo con explicar el fundamento científico para, a continuación, describir en qué consiste la tecnología y sus aplicaciones?

- 3.2. ¿Hace alguna referencia al estudio de los posibles impactos sociales y medioambientales de dicha tecnología?
- 3.3. Otras modificaciones (reproducirlas)

***Cuestión 4. ¿Qué ideas conviene que los estudiantes adquieran acerca de las relaciones ciencia- tecnología?***

#### **Aspectos analizados**

- 4.1. Intenta salir al paso de que la Tecnología es Ciencia aplicada
- 4.2. Intenta hacerles comprender que ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos.
- 4.3. Intenta hacerles comprender que la construcción del conocimiento precisa de la tecnología. Es decir, no hay avance científico sin apoyo de la tecnología.
- 4.4. Intenta hacerles comprender que el surgimiento de la ciencia moderna ha contribuido a un notable desarrollo de los avances tecnológicos.
- 4.5. Intenta hacerles comprender que la tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y hemos de hablar de tecnociencia.

***Cuestión 5. A veces se olvidan prácticamente las relaciones tecnología sociedad o se abordan de forma simplista. ¿Cómo consideras que habría que abordar dichas relaciones? Es decir, ¿qué aspectos habría que contemplar?, ¿en qué habría que insistir?...***

#### **Aspectos analizados**

- 5.1. La actividad tecnológica ha sido históricamente, y continúa siendo en la actualidad, un factor que repercute positiva y negativamente sobre las formas de organización social y sobre las condiciones de vida de las personas.
- 5.2. Es preciso contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc.
- 5.3. La tecnología **no** puede resolver, por sí sola, los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad.
- 5.4. La tecnología **no** es la causante principal de los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad.
- 5.5. Es necesario tener en cuenta el principio de precaución o cautela antes de generalizar el uso de una determinada tecnología.

Una vez presentada la red de análisis para las entrevistas pasamos a indicar los resultados obtenidos. Para ello, mostraremos a modo de ejemplo, el análisis de una entrevista y posteriormente los resultados globales de las 6 entrevistas realizadas. Como ya hemos señalado, el análisis completo de todas las entrevistas se adjunta en el Anexo V de este trabajo.

#### 4.5.1. Ejemplo de análisis de la entrevista realizada a un profesor

En este apartado transcribimos y analizamos, a modo de ejemplo, una de las entrevistas realizadas a profesores de tecnología en activo. En el siguiente apartado mostraremos los resultados generales del análisis de las 6 entrevistas.

Hemos optado por analizar la respuesta dada por el entrevistado a cada una de las preguntas y, además, realizar una valoración global al final de la entrevista. Para facilitar su lectura, utilizaremos letra de menor tamaño cuando se trata de la transcripción de la entrevista, utilizando el tamaño de letra que venimos usando a lo largo de este trabajo para nuestros comentarios.

##### 4.5.1.1. Transcripción y análisis de la entrevista realizada al profesor 5

Uno de los aspectos más novedosos e importantes de la LOGSE fue la incorporación al currículum en la Enseñanza Secundaria Obligatoria de la Tecnología como área común para todos los alumnos hasta tercer curso (y opcional en cuarto curso). Una vez transcurridos algunos años desde su implantación, pretendemos analizar en qué medida su enseñanza está contribuyendo, en general, a una correcta comprensión de su naturaleza. Pensamos que estos temas pueden ser interesantes por sus repercusiones en su enseñanza, por lo cual pedimos tu colaboración para tratar de establecer un consenso entorno a ellos.

#### 1. En primer lugar, ¿qué objetivos básicos deberíamos perseguir en nuestra área?

*Yo creo que facilitar a los alumnos la transición entre los conocimientos teóricos y la práctica. Porque veo que, a menudo, estudian muchas cosas, las aprenden más o menos, pero luego no saben aplicarlas a problemas reales.*

*¿Sería como decir que la escuela, hasta la aparición de la tecnología, ha sido siempre muy teórica?*

*En muchos aspectos sí. Y lo sigue siendo. Y yo creo que el objetivo de la tecnología debería ser ése: contribuir, en la medida limitada de sus posibilidades, a que los alumnos desarrollen esa capacidad.  
(Silencio)*

*¿Más objetivos? No te quiero presionar; cuando digas “ya, yo creo que es eso básicamente”, yo paso a la siguiente pregunta...*

*Yo creo que es eso. Ahora, eso supone desde ser capaces de analizar la realidad, teniendo un marco teórico, a ser capaz de resolver problemas reales a partir del marco teórico que tienes.*

Como puede apreciarse, el entrevistado no hace referencia a ninguno de los siguientes aspectos:

- 1) A la importancia de que los alumnos comprendan la relación entre ciencia y tecnología. Sin embargo el entrevistado hace una distinción entre conocimiento práctico y conocimiento teórico: *“Yo creo que facilitar a los alumnos la transición entre los conocimientos teóricos y la práctica. Porque veo que, a menudo estudian muchas cosas, las aprenden más o menos, pero luego no saben aplicarlas a problemas reales.”* En cierto modo podríamos pensar que el entrevistado está relacionando los conocimientos teóricos con la ciencia y el conocimiento práctico con la tecnología: *“...eso supone desde ser capaces de analizar la realidad, teniendo un marco teórico, a ser capaz de resolver problemas reales a partir del marco teórico que tienes.”* De todos modos, para poder afirmar que el entrevistado asocia tecnología y ciencia aplicada, debemos analizar las respuestas a todas las preguntas de la entrevista.
- 2) A la importancia de comprender las repercusiones del desarrollo tecnológico sobre las formas y condiciones de vida de los seres humanos.
- 3) A la necesidad de comprender la influencia de las formas de organización social en la actividad tecnológica.

Por otra parte, podemos considerar que el entrevistado se refiere a la familiarización, por parte de los alumnos, con el trabajo tecnológico ya que menciona como objetivo *ser capaz de resolver problemas reales*, una de las características principales de éste (Hill, 1998; Cajas, 1999).

<p><b>2.</b> En cualquier materia es importante salir al paso de posibles concepciones erróneas que generan actitudes negativas y perjudican el aprendizaje. ¿Consideras que existen concepciones de ese tipo acerca de la tecnología? ¿Has detectado o conoces alguna que merezca ser tenida en cuenta?</p>
--

*Sí, yo creo que los alumnos confunden la tecnología... Claro, yo no los cojo en primero, con lo cual vienen con un prejuicio; conciben la tecnología como “hacer cosas”, construir cosas. Entonces es una actividad muy práctica, que exige poca reflexión intelectual. Eso es un problema porque yo la planteo al revés. Yo exijo reflexión intelectual primero teórica y luego relacionando teoría y práctica, y exijo análisis de la realidad en la medida que puedo, y entonces ahí hay un choque. Claro, el trabajo intelectual supone un esfuerzo. Eso por un lado. Y yo creo que puede venir del profesor que la da y de entender la tecnología como una asignatura de las que nosotros denominábamos “marías”. Que no digo yo que deba ser la nuclear de un curso, pero de ahí a ponérselo fácil al alumno, con la idea de ponérselo fácil pierde valor educativo porque no requiere esfuerzo por su parte. Y esta idea la he percibido también de otros compañeros del claustro de profesores... Sin embargo, te encuentras con temas que a lo mejor han perdido otras asignaturas y los han metido en tecnología y tienes que trabajarlos... Electricidad, yo creo que en física, no lo sé seguro, pero creo que se dan menos horas que se daban antes, en Ciencias Naturales.*

*Entonces, si dejan electricidad en tecnología, tienes que trabajarla teóricamente y prácticamente.*

*Sería parecido a lo que pasa con la ingeniería. Yo soy ingeniero pero los demás profesores son de ciencias: físicos, químicos, matemáticos... los de siempre en los institutos. Y hay un desconocimiento de lo que es un estudio de ingeniería. Eso, bajado a la ESO sería la tecnología.*

El entrevistado considera que existen concepciones erróneas acerca de la tecnología y cita la siguiente: *“los alumnos conciben la tecnología como hacer cosas”*.

Sin embargo no hace referencia a las concepciones erróneas que planteamos en nuestra hipótesis:

- 1) No menciona como concepción errónea la asociación de tecnología y “ciencia aplicada”.
- 2) No hace referencia a la concepción que responsabiliza a la Tecnología como principal causante de los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad.
- 3) No menciona como concepción errónea aquella que deja en manos de la tecnología las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad.

**3.** Para la presentación de una determinada tecnología se puede seguir, señalan algunos documentos, un esquema como el siguiente: (se le entrega en hoja aparte)

- Explicar el fundamento científico de la tecnología propuesta
- Describir en qué consiste dicha tecnología (con el detalle que convenga al nivel de los estudiantes)
- Favorecer, si posible, su puesta en práctica por los estudiantes o, si ello no es posible, una aproximación a dicha puesta en práctica (mediante visitas, vídeos...).
- Contemplar sus aplicaciones

*¿Qué te parece dicho esquema? ¿Añadirías o corregirías algo?*

*A ver, yo creo que sería mejor, lo cual no quiere decir que lo haga, al menos siempre, poner delante la parte de contemplar aplicaciones y, si es posible, puesta en práctica. Puesta en práctica en cuanto a análisis no en cuanto a diseño, es decir, lo que significa mirar, medir, ver qué pasa... Yo creo que eso puede ayudar a los alumnos a entrar en el tema. Y aparte de contemplar aplicaciones, en la medida que ven algo real que no saben (se supone), que no saben aún explicar...*

***Sería entonces: presentar algo real, una determinada tecnología real, acercársela, es decir que ellos pudieran tocar, estudiar, analizar... ¿eso sería el principio? ¿Y luego pasar a explicar el fundamento?***

*Incluso a raíz de lo que ellos puedan explicar, lo que ellos han visto, darles una estructura sobre la que construir esos... sobre la que ubicar esos elementos. Y luego sí que podría haber una fase de, lo que se llama el proyecto, de transformación. Es decir, ahora que ya lo conozco voy a ver cómo lo puedo utilizar, para qué lo puedo utilizar, entonces ya no es...*

***Sí. Esa sería a lo mejor la fase de favorecer, si posible, su puesta en práctica por los estudiantes...***

*Sí, exacto. Pero sí que creo que al principio les viene bien un contacto con la realidad, sea viendo, sea tocando... Claro, eso exige más tiempo y entonces hay que elegir entre cubrir todo el temario, que yo no lo he hecho nunca, o trabajar dos temas este curso, porque en primero y segundo de la ESO con dos horas a la semana no llegas. Si pasas por encima de los temas yo me quedo con la sensación de que al alumno no le sirve para nada y si no pasas por encima y te detienes, entonces haces tres o cuatro temas, que es lo que me pasa a mí, en todo el curso.*

*Al esquema yo le pondría algo delante...*

***¿Añadirías algo más?***

*No. Contemplar y analizar. Luego explicar; en la explicación se trataría de meterles a ellos, que participaran. Luego entiendo que la descripción concreta y detallada sí que te corresponde a ti, porque ellos eso no lo dominan. Luego la puesta en práctica.*

El entrevistado tan solo realiza una modificación al esquema que le hemos presentado: comenzar con el análisis de una determinada tecnología, facilitando al alumno un “*contacto con la realidad, sea viendo, sea tocando...*” La finalidad de esta primera fase es hacer que el alumno entre en contacto con algo “real”: “*Pero sí que creo que al principio les viene bien un contacto con la realidad, sea viendo, sea tocando...*”

Sin embargo, no hace ninguna referencia a incluir el estudio de los posibles impactos sociales y medioambientales de la tecnología, hecho que está de acuerdo, en principio, con parte de nuestra hipótesis.

**4. ¿Qué ideas conviene que los estudiantes adquieran acerca de las relaciones ciencia-tecnología?**

*Yo creo que hace falta que entiendan que para que haya tecnología tiene que haber ciencia. Un desarrollo tecnológico no es posible si no hay una ciencia sobre la que se apoya. Un poco ahí es entrar a distinguir entre, aunque no sea explícitamente pero, lo que es una técnica, una manera mecánica de hacer algo (tampoco es aprenderla sin saber por qué) y lo que es tecnología, que es ser capaz de diseñar, solventar un problema utilizando entre otras cosas las ciencias.*

***Entonces, ¿tú distingues entre dos niveles de tecnología: las que se aplican por experiencia sin saber...?***

*Eso es lo que yo llamo técnica.*

***Todo el conocimiento lo da la experiencia, sin comprender, por decirlo de algún modo. Y la tecnología se construye a partir de unos conocimientos que ya se tienen. ¿Sería algo así?***

*Sí. A ver, para mí... Por ejemplo, en un proyecto tienen que construir una grúa. Entonces les damos el enunciado “necesito una máquina que suba un objeto a esta altura en tanto tiempo y tanto peso”. La tecnología yo entiendo que consiste en: utilizar lo que tú sabes de cinemática, lo que sabes de resistencia de materiales, de suma de fuerzas, de momentos (aunque ellos no saben de momentos, pero tú les explicas equilibrios, que no haya giros,*

*deformaciones y demás), que sería la ciencia. Y luego están las técnicas que serían el dibujo técnico, cómo se sierra, cómo se clava un clavo, etc. A esto me refiero, el serrar, el clavar un clavo, eso es técnica; entonces, la aprendes y ya sabes hacerlo. Pero con eso en sí mismo no resuelves ningún problema. Tienes que ser capaz de utilizar eso y la ciencia para resolver la situación que te están planteando.*

*Luego también, tienden a valorar (ya los mayores, los de bachillerato), los estudios tecnológicos los tiene, en su escala de valores, por las nubes, y los científicos, sobre todo los de ciencias sociales, muy por debajo. Yo creo que eso es porque enseguida están buscando consecuencias prácticas. Al final es lo mismo: que vean que para hacer un buen trabajo práctico, tiene que haber detrás una base teórica, que es la ciencia.*

Como hemos visto, el entrevistado no sólo no intenta salir al paso de la visión que asocia tecnología y ciencia aplicada, sino que incurre reiteradamente en ella tal y como puede leerse en los siguientes fragmentos extraídos de la entrevista: *“Yo creo que hace falta que entiendan que para que haya tecnología tiene que haber ciencia. Un desarrollo tecnológico no es posible si no hay una ciencia sobre la que se apoya”* o también *“...que vean que para hacer un buen trabajo práctico, tiene que haber detrás una base teórica, que es la ciencia.”*

Además, el entrevistado no hace referencia a ninguno de los siguientes aspectos básicos de las relaciones ciencia/tecnología:

- 1) No hace referencia a la importancia de hacerles comprender que ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del término, es decir, mucho antes que se pudiera pensar en la existencia de cuerpos coherentes de conocimientos.
- 2) No menciona que la construcción del conocimiento precisa de la tecnología. Es decir, no hay avance científico sin apoyo de la tecnología.
- 3) No hace referencia a la importancia de hacerles comprender que la tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y hemos de hablar de tecnociencia.

En el primer capítulo de su obra “Tecnología y futuro humano”, Sanmartín (1990) enumera una serie de tópicos que aparecen en las relaciones ciencia/tecnología/sociedad. El primero de ellos establece una diferencia entre técnica y tecnología, siendo la ciencia *“el mojón que las deslinda”*. Esta diferencia consistiría, según el autor, en que la



tecnología “*incide sobre causas científicamente probadas*” y la técnica actuaría “*a ciegas*”, sin una base científica.

Hemos podido comprobar que el entrevistado incurre en esta visión, como puede verse en el siguiente fragmento extraído de la entrevista: “*Un poco ahí es entrar a distinguir entre, aunque no sea explícitamente pero, lo que es una técnica, una manera mecánica de hacer algo (tampoco es aprenderla sin saber por qué) y lo que es tecnología, que es ser capaz de diseñar, solventar un problema utilizando entre otras cosas las ciencias.*”

5. A veces se olvidan prácticamente las relaciones tecnología sociedad o se abordan de forma simplista. ¿Cómo consideras que habría que abordar dichas relaciones? Es decir, ¿qué aspectos habría que contemplar?, ¿en qué habría que insistir?...

*A ver, esa relación yo la tengo muy poco trabajada, personalmente.*

***¿Poco trabajada en clase quieres decir?***

*No, quiero decir que yo me la he estudiado poco, no he leído mucho sobre este tema. Lo que sí que veo es que en este proceso que hablábamos antes de resolución de problemas o de situaciones complicadas, en las que utilizas unos recursos materiales y de conocimientos y demás, que vean que esto se hace porque hay personas que tienen esa necesidad y que lo que se haga va a tener consecuencias sobre esas personas. Eso por un lado. Y por otro lado, todo lo que se refiere a costes económicos, porque los medioambientales, bueno, más o menos en los libros salen y ese aspecto se puede cubrir con más o menos relativa facilidad. Pero hay otros que no. Para construir la grúa te ponen un trozo de madera de este grosor y 90 centímetros de alto. Y le dices “¿tú sabes la cantidad de dinero que estás tirando?”. Esa dimensión, que en el fondo es que la solución se ajuste a lo que la persona necesita, que no sea más porque va a suponer un coste, que en principio es de dinero, es de trabajo, es de materiales... Pues esa relación no la ven. Y luego lo que es impacto social es otro nivel, porque lo que ellos hacen son proyectos simulados... pero lo que pueden ser las consecuencias sociales de un desarrollo tecnológico, cómo afecta a las personas que están alrededor, eso sí que no... ni se ha trabajado, ni sabría cómo trabajarlo más allá de ver a lo largo de la historia los desarrollos que han sido muy significativos, que han cambiado la manera de vivir de la gente. Realmente es un tema que yo no sé muchas veces cómo plantear. La parte económica es muy fácil, porque al final te puedes ir a buscar precios y decir” esto es mejor y esto es peor” porque solucionando lo mismo es más caro o más barato. La parte medioambiental en los libros de texto está bastante cubierta, pero lo demás...*

***De todos modos, los adultos sí que tenemos una opinión más o menos formada de la relación que hay entre la tecnología y la sociedad. Nosotros, a través de la escuela y de nuestro trabajo con ellos pretendemos educar y llegar a que ellos comprendan esas cosas. Entre la tecnología y la sociedad hay una relación, a pesar de no aparecer en los libros, y tú sí que tienes una opinión formada sobre esta relación. En este sentido, ¿qué piensas que es importante que los alumnos aprendan a través del área de tecnología?***

*Al final, se resume en una frase y es que la tecnología debe estar al servicio de la persona. Para mí esa sería la idea fundamental que transmitirles. Que no es hacer una súper construcción... esa súper construcción es válida si a mí me sirve, si no supone un problema mayor que el que yo ya tenía.*

Como hemos visto, el entrevistado comienza comentando que este aspecto de la tecnología prácticamente nunca lo ha trabajado: *“A ver, esa relación yo la tengo muy poco trabajada, personalmente.”*

Esta afirmación sería suficiente para afirmar que se verifica uno de los puntos de nuestra hipótesis: la enseñanza de la tecnología no presta suficiente atención a las relaciones tecnología/sociedad.

De los cinco aspectos que, acerca de las relaciones tecnología/sociedad/medio ambiente, estamos analizando, a lo largo de la entrevista hemos encontrado las siguientes referencias:

- 1) El entrevistado menciona que la actividad tecnológica es un factor que repercute positiva y negativamente sobre las formas de organización social y sobre las condiciones de vida de las personas: *“...que vean que esto se hace porque hay personas que tienen esa necesidad y que lo que se haga va a tener consecuencias sobre esas personas.”* A continuación añade: *“Y por otro lado, todo lo que se refiere a costes económicos, porque los medioambientales, bueno, más o menos en los libros salen y ese aspecto se puede cubrir con más o menos relativa facilidad.”* Destacar que esta afirmación es contraria a la defendida en nuestra investigación y avalada por los resultados obtenidos en el análisis libros de texto realizado y presentado al principio de este capítulo.

Sin embargo, no debemos olvidar que la relación entre tecnología y sociedad tiene dos perspectivas: por una parte, cómo repercute el desarrollo tecnológico sobre las formas y condiciones de vida de los seres humanos y, por otra parte cómo influye las formas de organización social en la actividad tecnológica. El entrevistado, entendemos, sólo hace referencia a la primera de ellas. Por tanto:

- 2) El entrevistado no se refiere a la necesidad de contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc.

Además, el entrevistado olvida mencionar también otros aspectos fundamentales de las relaciones tecnología/sociedad:

- 3) La tecnología no puede resolver, por sí sola, los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad.
- 4) La tecnología no es la causante principal de los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad.
- 5) Es necesario tener en cuenta el principio de precaución o cautela antes de generalizar el uso de una determinada tecnología.

Cabe señalar que el entrevistado hace una breve referencia al impacto social del desarrollo tecnológico afirmando que “...*ni se ha trabajado, ni sabría cómo trabajarlo más allá de ver a lo largo de la historia los desarrollos que han sido muy significativos, que han cambiado la manera de vivir de la gente.*” Como ya hemos comentado en otra ocasión, esta afirmación sería suficiente para considerar que se verifica uno de los puntos de nuestra hipótesis: la enseñanza de la tecnología no presta suficiente atención a las relaciones tecnología/sociedad.

#### **4.5.1.2. Comentario global del análisis de la entrevista realizada al profesor 5**

##### **A) Relaciones ciencia-tecnología**

El entrevistado concibe la tecnología como ciencia aplicada, tal y como ha podido observarse a lo largo de la entrevista: “...*Yo creo que hace falta que entiendan que para que haya tecnología tiene que haber ciencia.*” Y en otra ocasión, se puede leer: “*Al final es lo mismo: que vean que para hacer un buen trabajo práctico, tiene que haber detrás una base teórica, que es la ciencia.*”

Olvida, además, que la tecnología precede históricamente a la ciencia en el sentido moderno del término y que el surgimiento de la ciencia moderna ha contribuido a un notable desarrollo de los avances tecnológicos.

No hace referencia a que la tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y hemos de hablar de tecnociencia.

Consideramos, por tanto, que el entrevistado no tiene una visión adecuada de la relación entre ciencia y tecnología.

#### B) Relaciones tecnología-sociedad-medio ambiente

En cuanto a las relaciones tecnología/sociedad, el entrevistado muestra una visión “parcial”. Por una parte hace referencia a que la tecnología tiene consecuencias para las personas, y menciona en concreto las consecuencias medioambientales. Comenta que la tecnología es una “*actividad al servicio de la persona*” por lo que consideramos tiene una visión positiva de ésta. Por otra parte, reconoce no trabajar las consecuencias sociales del desarrollo tecnológico “*más allá de ver a lo largo de la historia los desarrollos que han sido muy significativos, que han cambiado la manera de vivir de la gente.*”

No menciona el papel que la sociedad juega en el desarrollo tecnológico ni que la tecnología no puede resolver, por sí sola, los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad. A lo largo de la entrevista no ha hecho ninguna referencia a que la tecnología no es la causante principal de los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad ni a la necesidad de tener en cuenta el principio de precaución o cautela antes de generalizar el uso de una determinada tecnología.

Consideramos, por tanto, que el entrevistado no tiene una visión adecuada de la relación entre la tecnología y la sociedad.

#### **4.5.2. Algunas conclusiones generales de las entrevistas realizadas a profesores**

En este apartado se muestra, a modo de síntesis, las conclusiones que obtenemos del análisis global de las entrevistas realizadas a 6 profesores de tecnología en activo. Como ya hemos señalado, la transcripción y análisis de cada una de las entrevistas se encuentran en el Anexo V:

A. Al preguntar a los docentes sobre los objetivos básicos que deberíamos perseguir en el área de tecnología, ninguno de los 6 entrevistados se refiere a la importancia de comprender la relación entre ciencia y tecnología. En cuanto a las relaciones entre

tecnología y sociedad, tan solo dos profesores se refieren a ellas, aunque uno de ellos menciona exclusivamente las repercusiones negativas sobre el medio ambiente y “solo se trabaja si da tiempo al final”. Por otra parte, ninguno de los entrevistados habla de la importancia de comprender la influencia de las formas de organización social en la actividad tecnológica.

**B.** Al plantear la posible existencia de concepciones erróneas en torno a la tecnología, ninguno de los entrevistados menciona la idea de tecnología como mera ciencia aplicada. En este sentido, merece la pena destacar que, en sus respuestas a esta pregunta, dos de los profesores incurren explícitamente en esta concepción, tal y como hemos reproducido anteriormente en este mismo capítulo. Sin embargo, a lo largo de la entrevista, 4 de los 6 profesores se refieren explícitamente a la tecnología como aplicación de conocimientos científicos:

*Si le preguntas a un chaval: “dime un proceso tecnológico” pues seguramente te dirá “fabricar un ordenador” o algo por el estilo, cuando la tecnología es toda aplicación de la ciencia a lo práctico.*

En cuanto a las posibles concepciones erróneas en las relaciones tecnología-sociedad, tan solo un profesor ha mencionado la importancia de analizar de manera crítica las repercusiones del desarrollo tecnológico en la sociedad:

*Ellos no piensan que la tecnología nace de un razonamiento del hombre, de una necesidad surgida que plantea la sociedad y a raíz de esto hay un razonamiento, un trabajo en equipo, un esfuerzo por conseguir lo mejor*

**C.** No hemos encontrado críticas significativas al esquema propuesto para presentar una determinada tecnología. Uno de los profesores entrevistados se ha referido a la posibilidad de estudiar, al final, las repercusiones positivas de la tecnología presentada. Otro profesor menciona que añadiría una reflexión sobre las consecuencias medioambientales:

*Luego, quizá, yo añadiría al final una especie de reflexión sobre dicha tecnología, sobre la utilidad al mundo real, o si, por ejemplo... consecuencias sobre el medio ambiente...*

**D.** Cuando a los docentes se les plantea abiertamente que comenten las ideas que conviene que los estudiantes adquieran acerca de las relaciones ciencia-tecnología, 4 de los 6 profesores entrevistados se refieren explícitamente a la tecnología como ciencia aplicada, como mostramos en el siguiente fragmento extraído de la entrevista realizada al *profesor 4*:

*La relación yo la veo clara y básica. Las ciencias en sí buscan conocer la realidad y la tecnología busca, aprovechando los conocimientos de la ciencia, aplicar y resolver situaciones de compromiso que hay*

**E.** Por último, al plantear a los docentes cómo consideran que habría que abordar las relaciones tecnología-sociedad:

Uno de ellos se refiere a que es preciso contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico:

*Lo que pasa es que yo les digo que hay tecnologías para que los coches vayan sin gasolina, claro que sí, pero bueno, detrás de eso hay una serie de miles de millones en juego, ¿vale?, y entonces, pues no se soluciona ese problema así como así, porque exista el invento, es decir, no es todo puro, ni nada de eso sino que la tecnología también está impregnada de la sociedad*

También habla de abordar las repercusiones positivas del desarrollo tecnológico y de que la tecnología no puede resolver por sí sola todos los problemas:

*Me gustaría que no adquirieran la mentalidad, como hay hoy en día, que la técnica lo puede todo, que la ciencia lo puede todo, que cualquier problema nos lo va a arreglar la ciencia y la tecnología, como se piensa hoy en día en la sociedad*

Tres de ellos se refieren únicamente al análisis de las repercusiones positivas y negativas de la tecnología, sin mencionar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico. Uno de los docentes tan solo contempla el estudio de las repercusiones negativas, sin comentar la importancia que determinados desarrollos tecnológicos ha tenido a lo largo de la historia para el avance de las sociedades.

Como vemos, los resultados aquí presentados refuerzan nuestra primera hipótesis según la cual la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo, en general, una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).

#### **4.6. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL ESTUDIO DEL ANÁLISIS CRÍTICO REALIZADO POR PROFESORES EN ACTIVO DE UN EXAMEN PREPARADO POR NUESTRO EQUIPO**

Como recordaremos, el **Diseño 6** consistió en elaborar por parte de nuestro equipo un examen de Tecnología para un determinado curso de E.S.O. (en adelante *Examen Estándar*) para pedir, posteriormente, a profesores de Tecnología en activo que lo valoren y critiquen. Las respuestas dadas por los docentes se encuentran en el Anexo VI de este trabajo.

Como ya señalábamos en el **Capítulo 3**, hemos tomado como referencia las actividades propuestas en la mayoría de libros de texto y en las pruebas de evaluación facilitadas por los docentes, para la elaboración del *Examen Estándar* concebido para alumnado de 3º E.S.O. Este examen contiene una actividad de cada bloque o unidad didáctica del currículo y se ha concebido de modo que, como hemos visto en la mayoría de exámenes analizados, no aparezca ninguno de los aspectos sobre las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente citados a lo largo de este capítulo. Lo que se pretende con ello, tal y como ya expusimos, es sacar a la luz en qué medida los profesores de tecnología conceden importancia a dichas relaciones, analizando para ello las puntuaciones y comentarios que realizan a las preguntas del *Examen Estándar*.

Para ello, se ha pedido a 12 profesores de Tecnología en activo que analicen críticamente este examen, indicándoles que deben evaluar, con una nota entre 0 y 10, la pertinencia de las cuestiones planteadas, justificando a ser posible su respuesta. También se les ha dado la opción de eliminar o replantear, si lo consideran oportuno, alguna de las actividades propuestas, así como, de añadir alguna cuestión.

En el **Cuadro 4.6.1**, se muestran las puntuaciones medias otorgadas por los profesores al *Examen Estándar*. Como puede apreciarse, todos los profesores que han participado

en este diseño “aprueban” el examen preparado por nuestro equipo, obteniéndose una puntuación media de 7,6:

**Cuadro 4.6.1**  
Puntuación media otorgada por cada profesor  
al *Examen Estándar*

	Puntuación media
Profesor 1	5,1
Profesor 2	9,5
Profesor 3	7,6
Profesor 4	7,0
Profesor 5	7,1
Profesor 6	8,2
Profesor 7	8,0
Profesor 8	8,3
Profesor 9	5,7
Profesor 10	8,1
Profesor 11	8,4
Profesor 12	8,4
MEDIA	7,6

En el **Cuadro 4.6.2** se muestran las puntuaciones medias otorgadas por los profesores a cada una de las preguntas del *Examen Estándar*. Como podemos ver, todas las preguntas han sido valoradas positivamente:

**Cuadro 4.6.2**  
Puntuación media otorgada por los profesores  
a cada una de las preguntas del *Examen Estándar*

	Puntuación media	SD
Pregunta 1	8,0	1,5
Pregunta 2	7,2	2,1
Pregunta 3	8,0	1,1
Pregunta 4	7,4	2,0
Pregunta 5	6,5	2,4
Pregunta 6	8,0	2,0
Pregunta 7	7,3	2,1
Pregunta 8	8,0	1,7
Pregunta 9	8,3	2,2

De un primer análisis de los resultados obtenidos, podemos concluir que el *Examen Estándar* es valorado positivamente por los profesores de tecnología ya que, como se ha



podido apreciar, la puntuación media obtenida es de 7,6. Sin embargo, conviene profundizar más, analizando para ello la justificación y comentarios que los propios docentes han adjuntado a las preguntas que lo componen.

En primer lugar, cabe destacar que, a pesar de haberlo sugerido, ningún profesor ha añadido ni eliminado ninguna pregunta. Todos los docentes han puntuado cada una de las preguntas añadiendo, posteriormente, la justificación y comentarios que han considerado oportunos. Es importante señalar que la justificación y comentarios que los docentes han escrito se relacionan, en general, con el grado de dificultad, el nivel de profundización o la pertinencia de la pregunta planteada.

En segundo lugar, señalar que de un total de 108 preguntas analizadas tan solo hemos encontrado 6 referencias a los aspectos objeto de nuestra investigación. Este dato ya nos da una idea de la poca importancia que los docentes conceden a las relaciones CTSA puesto que sólo representa un 5,6% de las preguntas. Veamos a continuación algunos ejemplos de los comentarios añadidos por los docentes a cada una de las preguntas del *Examen Estándar*:

El *profesor 10* ha valorado con un 10 la **primera pregunta** del *Examen Estándar* y justifica su puntuación del siguiente modo:

<p><b>1.- ELECTRICIDAD.</b> En una casa hay tres aparatos electrodomésticos: la televisión (500W), la lavadora (3000W) y el frigorífico (800W). Si el frigorífico está siempre en marcha, la lavadora se utiliza 2 horas al día y la televisión 5 horas al día, calcula cuánto se paga diariamente de consumo eléctrico. Dato: el KWh cuesta 1,5 €.</p> <p>Valoración: <u>10</u></p> <p>Justificación y comentarios: <u>Se trabajan muchos aspectos y aplicados a la vida real. Cambio de unidades, relacionar magnitudes. Consumo del alumno en su casa.</u></p>
---

*(Se trabajan muchos aspectos y aplicados a la vida real. Cambio de unidades, relacionar magnitudes. Consumo del alumno en su casa)*

El *profesor 2* también ha valorado con una puntuación muy alta (9,5) esta misma pregunta:

1.- **ELECTRICIDAD.** En una casa hay tres aparatos electrodomésticos: la televisión (500W), la lavadora (3000W) y el frigorífico (800W). Si el frigorífico está siempre en marcha, la lavadora se utiliza 2 horas al día y la televisión 5 horas al día, calcula cuánto se paga diariamente de consumo eléctrico. Dato: el KWh cuesta 1,5 €.

Valoración: 9,5

Justificación y comentarios:  
ESTA PREGUNTA ES COMPATIBLE PLENAMENTE CON LA VA. DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA

(Esta pregunta es compatible plenamente con la ? de la instalación de una vivienda)

Los *profesores 3 y 4* han sido los que han otorgado la puntuación más baja a esta pregunta (un 5 en ambos casos) pero no relacionada con la ausencia de los aspectos objeto de esta investigación. Sus comentarios han sido los siguientes:

*Profesor 3*

1.- **ELECTRICIDAD.** En una casa hay tres aparatos electrodomésticos: la televisión (500W), la lavadora (3000W) y el frigorífico (800W). Si el frigorífico está siempre en marcha, la lavadora se utiliza 2 horas al día y la televisión 5 horas al día, calcula cuánto se paga diariamente de consumo eléctrico. Dato: el KWh cuesta 1,5 €.

Valoración: 5

Justificación y comentarios:  
Faltaría preguntar por los esquemas eléctricos (simbología)

(Faltaría preguntar por los esquemas eléctricos (simbología))

*Profesor 4*

1.- **ELECTRICIDAD.** En una casa hay tres aparatos electrodomésticos: la televisión (500W), la lavadora (3000W) y el frigorífico (800W). Si el frigorífico está siempre en marcha, la lavadora se utiliza 2 horas al día y la televisión 5 horas al día, calcula cuánto se paga diariamente de consumo eléctrico. Dato: el KWh cuesta 1,5 €.

Valoración: 5

Justificación y comentarios:  
Falta un esquema eléctrico para facilitarles el trabajo

(Falta un esquema eléctrico para facilitarles el trabajo)

El *profesor 11* valora muy positivamente esta pregunta, haciendo referencia en sus comentarios a la importancia de que los alumnos se den cuenta “de lo que cuestan las cosas”:

1.- **ELECTRICIDAD.** En una casa hay tres aparatos electrodomésticos: la televisión (500W), la lavadora (3000W) y el frigorífico (800W). Si el frigorífico está siempre en marcha, la lavadora se utiliza 2 horas al día y la televisión 5 horas al día, calcula cuánto se paga diariamente de consumo eléctrico. Dato: el KWh cuesta 1,5 €.

Valoración: 9

Justificación y comentarios:  
Es una aplicación práctica de lo que los  
alumnos pueden encontrar en su casa y pueden  
darse cuenta de lo que "cuestan" las cosas

(Es una aplicación práctica de lo que los alumnos pueden encontrar en su casa y pueden darse cuenta de lo que “cuestan” las cosas)

Para finalizar el análisis de la primera pregunta, señalar que tan solo 2 de los 12 profesores que han participado en este diseño, han hecho alguna referencia en sus comentarios a la necesidad de plantear a los alumnos alguna cuestión sobre la importancia del ahorro energético o contaminación ambiental. Ningún otro profesor ha replanteado esta pregunta pidiendo a los alumnos, por ejemplo, que hagan una valoración del consumo energético que se realiza al día en una vivienda y que propongan acciones para su reducción.

Mostramos, a continuación, la respuesta dada por el *profesor 7* a la primera pregunta del *Examen Estándar*:

*Profesor 7*

1.- **ELECTRICIDAD.** En una casa hay tres aparatos electrodomésticos: la televisión (500W), la lavadora (3000W) y el frigorífico (800W). Si el frigorífico está siempre en marcha, la lavadora se utiliza 2 horas al día y la televisión 5 horas al día, calcula cuánto se paga diariamente de consumo eléctrico. Dato: el KWh cuesta 1,5 €.

Valoración: 8

Justificación y comentarios:  
- Concienciar al alumnado del ahorro energético. ← IMPORTANTE  
- No 10 por su sencillez.

(Concienciar al alumnado del ahorro energético: IMPORTANTE. No 10 por su sencillez)

Respecto a la **pregunta 2**, incluida en el mismo bloque temático que la pregunta 1, tan sólo un profesor la valora con una nota inferior a 7. En concreto, el *profesor 1* ha puntuado con un 1 esta pregunta argumentando que “*es más apropiada para un examen de física; en tecnología busco que todo tenga una aplicación práctica*”. En este sentido, cabe destacar que todas las críticas realizadas a esta cuestión se relacionan, como hemos visto en este ejemplo, con la adecuación de la pregunta a la asignatura o al curso.

Mostramos a continuación otro ejemplo en el que el *profesor 2* pone de manifiesto lo que acabamos de comentar:

2.- **ELECTRICIDAD.** Dado el siguiente circuito, calcula la resistencia equivalente y las intensidades que circulan por él.

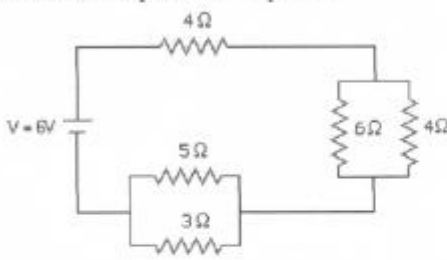
Valoración: 8

Justificación y comentarios:  
 EN CUANTO A LA RESISTENCIA EQUIVALENTE SERÍA BASTANTE PERTINENTE POR LO QUE RESPECTA AL CÁLCULO DE I DEPENDE DEL NIVEL DE LA CLASE

(En cuanto a la resistencia equivalente sería bastante pertinente. Por lo que respecta al cálculo de  $I$  depende del nivel de la clase)

El *profesor 8* ha valorado con un 7 esta pregunta, añadiendo el comentario que puede verse a continuación:

2.- **ELECTRICIDAD.** Dado el siguiente circuito, calcula la resistencia equivalente y las intensidades que circulan por él.



Valoración: 8

Justificación y comentarios:  
Pueden hacer todo tipo de cálculos

(Pueden hacer todo tipo de cálculos)

La **pregunta 3**, relacionada con las características de los plásticos, es una buena ocasión para plantear a los alumnos cuestiones sobre la incidencia de este material sobre el medio ambiente, tanto en el proceso de su fabricación como en el de reciclaje, reutilización y degradación. Sin embargo, 10 de los 12 profesores que han participado en este diseño, añaden comentarios relacionados con otras cuestiones, como por ejemplo la pertinencia de la pregunta o su adecuación al curso. Mostramos a continuación, a modo de ejemplo, la respuesta dada por el *profesor 11* a esta pregunta:

3.- **MATERIALES.** Indica si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas, justificando las respuestas:

- En general, los plásticos son buenos aislantes térmicos, eléctricos y acústicos.
- La dureza y la elasticidad de los materiales plásticos varían un poco de unos a otros.
- Los plásticos presentan una elevada densidad.
- Los materiales plásticos son inoxidable, lo que supone una gran ventaja frente a otros materiales.
- Los plásticos termoestables se utilizan en la fabricación de objetos que van a estar en contacto con el calor.

Valoración: 8

Justificación y comentarios:  
Permite fijar conceptos de manera razonada

(Permite fijar conceptos de manera razonada)

Tan solo dos profesores se han referido mínimamente a ello. El profesor 6 ha valorado esta pregunta con un 8 añadiendo el siguiente comentario:

3.- **MATERIALES.** Indica si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas, justificando las respuestas:

- En general, los plásticos son buenos aislantes térmicos, eléctricos y acústicos.
- La dureza y la elasticidad de los materiales plásticos varían un poco de unos a otros.
- Los plásticos presentan una elevada densidad.
- Los materiales plásticos son inoxidable, lo que supone una gran ventaja frente a otros materiales.
- Los plásticos termoestables se utilizan en la fabricación de objetos que van a estar en contacto con el calor.

Valoración: 8

Justificación y comentarios:  
Se trata de desarrollar un sentido crítico de la naturaleza de los materiales que nos rodean a diario.

(Se trata de desarrollar un sentido crítico de la naturaleza de los materiales que nos rodean a diario)

Y el profesor 7, que puntúa con un 8 esta pregunta, añade el siguiente comentario:

3.- **MATERIALES.** Indica si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas, justificando las respuestas:

- En general, los plásticos son buenos aislantes térmicos, eléctricos y acústicos.
- La dureza y la elasticidad de los materiales plásticos varían un poco de unos a otros.
- Los plásticos presentan una elevada densidad.
- Los materiales plásticos son inoxidable, lo que supone una gran ventaja frente a otros materiales.
- Los plásticos termoestables se utilizan en la fabricación de objetos que van a estar en contacto con el calor.

Valoración: 8

Justificación y comentarios:  
Atendería o haría mayor hincapié en:  
- Propiedades mecánicas de los plásticos, atendiendo a su clasificación,  
(~~cl~~ - Reciclabilidad).

(Atendería o haría mayor hincapié en: Propiedades de los plásticos, atendiendo a su clasificación. Reciclabilidad)

Las preguntas 8 y 9, relacionadas con el transporte y distribución de la energía eléctrica y con los recursos energéticos, también pensamos que son una buena ocasión para plantear a los alumnos cuestiones sobre contaminación o agotamiento de recursos energéticos. Sin embargo, sólo dos profesores se han referido al impacto medioambiental, tal y como se muestra:

El *profesor 12* valora con un 10 la última pregunta del *Examen Estándar*, añadiendo la siguiente sugerencia:

**PREGUNTA 9: (VALORACIÓN 10)**

Se podría haber incluido alguna pregunta sobre la explotación de recursos energéticos, el agotamiento de dichos recursos y las consecuencias que en la vida cotidiana acarrearía dicho agotamiento. También se podría incluir alguna pregunta sobre la contaminación debida a la producción de energía en ciertas centrales y su relación con el cambio climático.

El *profesor 7* ha puntuado esta misma pregunta con un 9 y, a continuación realiza el siguiente comentario:

9.- **ENERGÍA.** Enumera los recursos energéticos que conozcas, indicando cuáles son renovables y cuáles no.

Valoración: 9.

Justificación y comentarios:

- Bien nuevamente por la importancia de dar a conocer las energías renovables.
- Mejoraría si se ordenasen según su impacto medioambiental.

*(Bien nuevamente por la importancia de dar a conocer las energías renovables. Mejoraría si se ordenasen según su impacto medioambiental)*

En síntesis: se han analizado un total de 108 preguntas y tan solo hemos encontrado 6 referencias a los aspectos de la tecnología y las relaciones CTSA objeto de nuestra investigación.

Las concepciones hasta aquí detectadas se alejan de las tesis aceptadas por la comunidad científica, tal y como ya hemos mostrado en otras ocasiones en este trabajo y que a continuación recordamos.

En primer lugar, como ya hemos visto, la enseñanza habitual de la tecnología apenas tiene en cuenta las relaciones ciencia-tecnología. Al mismo tiempo, tal y como defienden numerosos autores, existen concepciones erróneas acerca de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia (Hewson y Hewson, 1987; Mitchener y Anderson, 1989; Duschl y Wright, 1989; Pacey, 1990; Briscoe, 1991 y 1993; Cronin-Jones, 1991; Gil et

al., 1991; Hodson, 1992a y 1993; Désautels et al., 1993; Gardner, 1994; Tobin, Tippins y Hook, 1994; Praia y Cachapuz, 1994; Hewson, Kerby y Cook, 1995; Maor y Taylor, 1995; Price y Cross, 1995; Appleton y Asoko, 1996; Thomaz et al., 1996; Acevedo, 1996 y 1998; González et al., 1996; Briscoe y Peters, 1997; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y 1998; Quintanilla, 1998; Reyes, Salcedo y Preafán, 1999; Bybee, 2000; Fernández, 2000; Maiztegui et al., 2002; Osorio, 2002; Valdés et al., 2002; Fernández et al., 2003; Carrascosa, Gil y Valdés, 2004; Carrascosa 2005a y 2005b; Gil et al., 2005a; Morentin y Guisasola, 2005; García Carmona, 2006; Gallego, 2007; Gil-Pérez, Vilches y Ferreira Gauchía, 2008...).

Price y Cross (1995) reclaman un esfuerzo por clarificar las concepciones erróneas acerca de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, sobre todo, por la posibilidad de que aspectos clave de la actividad científica y tecnológica puedan quedar relegados.

Por otra parte, también han sido numerosos los autores que han llamado la atención sobre la escasa atención que se presta a las relaciones CTSA y la necesidad de poner énfasis en dichas relaciones con vistas a favorecer la participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985; Bybee y De Boer, 1994; Solbes y Vilches, 1997; Bybee, 1997; Marco, 2000).

Las repercusiones sociales y medioambientales de la ciencia y la tecnología son, según numerosos autores, un aspecto fundamental de la educación científica y tecnológica (Gallagher, 1971; Aikenhead, 1985; Layton, Davy y Jenkins, 1986; Jiménez y Otero, 1990; Yager, 1992; Ramsey, 1993; Reid y Hodson, 1993; Solomon y Aikenhead, 1994; Caamaño et al., 1995; González, López Cerezo y Luján, 1996; Sjøberg, 1997; Solbes y Vilches, 1997; Martins et al., 2000 y 2004; Membiela et al., 2001; Acevedo et al., 2003; Marques et al., 2008).

Como hemos podido comprobar en los 6 primeros puntos de este capítulo, los resultados obtenidos mediante la aplicación de los diferentes diseños son convergentes y apoyan nuestra primera hipótesis, **según la cual la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**



En el siguiente apartado pondremos a prueba la segunda parte de nuestra primera hipótesis, en la que analizaremos las concepciones que tienen los alumnos de secundaria sobre la tecnología y su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

Este análisis tiene gran importancia para nuestra investigación ya que, numerosas investigaciones precedentes han mostrado que la existencia de concepciones, creencias, ideas, etc., en el profesorado, repercute directamente en el proceso de enseñanza/aprendizaje (Smith, 1980; Clark y Peterson, 1986; Gallagher y Tobin, 1987; Gené y Gil, 1987; Duschl y Wright, 1989; Hewson y Hewson, 1987; Gallagher, 1989; Mitchener y Anderson, 1989; Brickhouse, 1990 y 1993; Cornett, Yeotis y Terwillinger, 1990; Briscoe, 1991 y 1993; Cronin-Jones, 1991; Pajares, 1992; Gil et al., 1991; Lederman y Gess-Newsome, 1991; Brickhouse y Bodner, 1992; Gil y Carrascosa, 1992; Hodson, 1992a y 1993; Gil, 1993 y 1994; Abell y Smith, 1994; Désautels et al., 1993; Furió, 1994; Huibregtse, Korthagen y Wubbels, 1994; Tobin, Tippins y Hook, 1994; Praia y Cachapuz, 1994; Hewson, Kerby y Cook, 1995; Maor y Taylor, 1995; Appleton y Asoko, 1996; Thomaz et al., 1996; Briscoe y Peters, 1997; Yerrick, Parke y Nugent, 1997; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y 1998; Reyes, Salcedo y Preafán, 1999; Fernández, 2000; Carrascosa, 2005a; Morentin y Guisasola, 2005; Gallego, 2007...). Por tanto, esperamos encontrar en los alumnos concepciones semejantes a las detectadas en profesores.

#### **4.7. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS PARA ALUMNOS ACERCA DE LAS RELACIONES CTSA**

Tal y como planteábamos en el **Capítulo 2**, como consecuencia de la transmisión de una imagen distorsionada y empobrecida de la tecnología y de la falta de atención a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente, cabe esperar que los alumnos al finalizar los estudios obligatorios de tecnología muestren grandes deficiencias en la comprensión de aspectos relevantes de la actividad tecnológica. En concreto:

**Los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tendrán una correcta comprensión de la relación existente entre la ciencia y la tecnología. Más aún, después de varios años de estudiar tecnología, concebirán la tecnología como mera “ciencia aplicada”.**

**Tras varios años de estudiar tecnología, los alumnos no mostrarán una correcta comprensión de las relaciones tecnología, sociedad y medio ambiente.**

En el **Capítulo 3** presentamos los diseños concebidos para someter a prueba esta consecuencia de la primera hipótesis. En este apartado mostraremos los resultados obtenidos mediante la aplicación de estos diseños.

#### **4.7.1. Resultados obtenidos mediante el Cuestionario A1 (Cuestionario semicerrado)**

Para someter a prueba nuestra hipótesis hemos diseñado, en primer lugar, un cuestionario (Cuestionario A1), basado en el utilizado en el diseño 4 al cual hemos realizado pequeñas modificaciones para su adaptación a la muestra, mediante el que pretendemos analizar las visiones de los estudiantes sobre las relaciones CTSA.

Antes de utilizar el cuestionario definitivo se realizó un ensayo piloto con un grupo de 28 alumnos de 3º de ESO durante el curso 2006-2007. La finalidad de este ensayo fue comprobar si la redacción de las proposiciones era adecuada y los alumnos comprendían sin dificultad qué se les estaba pidiendo.

Una vez realizadas las modificaciones oportunas se elaboró la versión definitiva del cuestionario, el cual se pasó a un grupo de 88 alumnos de 3º y 4º de ESO a principios del mes de mayo de 2008. En el Anexo VII incluimos una amplia muestra de las respuestas dadas por los alumnos al Cuestionario A1.

A continuación, mostramos en el **Cuadro 4.7.1** las puntuaciones otorgadas por este grupo de alumnos a cada una de las proposiciones del cuestionario:

**Cuadro 4.7.1**  
**Puntuación media otorgada por los alumnos**  
**a cada una de las proposiciones del Cuestionario A1 (N = 88)**

<i>Proposición</i>	<b>Promedio (sd)</b>
<b>C1.</b> La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos.	<b>7,1 (1,8)</b>
<b>C2.</b> La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	<b>4,6 (2,9)</b>
<b>C3.</b> Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	<b>6,4 (2,6)</b>
<b>C4.</b> La tecnología se basa siempre en los desarrollos científicos, por lo que no existiría tecnología sin la ciencia que le precede.	<b>7,3 (2,7)</b>
<b>C5.</b> El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.	<b>6,1 (2,7)</b>
<b>C6.</b> El progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social.	<b>7,9 (1,9)</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6,6 (1,1)</b>

Como podemos apreciar en el **Cuadro 4.7.1** los alumnos encuestados “aprueban” globalmente las proposiciones incluidas en el cuestionario. En concreto, la puntuación media de grado de acuerdo a las proposiciones planteadas es superior a 5, salvo en una de ellas.

Para un análisis en profundidad de las respuestas de los alumnos al **Cuestionario 1** es conveniente detenerse en los comentarios que, junto a la puntuación otorgada a cada proposición, han añadido. Es por este motivo por el que, a continuación, iremos mostrando el análisis que se ha realizado de la justificación y comentarios añadidos a cada una de las proposiciones del cuestionario.

Para facilitar el análisis, en cada proposición hemos seleccionado una serie de aspectos, que iremos mostrando, y hemos contabilizado el porcentaje de alumnos que se refieren a ellos.

En primer lugar, nos detendremos en las proposiciones C1 y C4 que son aquéllas que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”. En el **Cuadro 4.7.2** se muestran los aspectos analizados en los comentarios de los alumnos a la proposición C1:

Cuadro 4.7.2

Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C1, según la cual “la tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades”, dadas por alumnos de 3º y 4º de ESO (N = 88)

	% (SD)
Los comentarios critican la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	3,4% (1,9)
Los comentarios refuerzan la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	22,7% (4,5)
Puntúan, pero dejan en blanco la justificación	
Otros	

El Cuadro 4.7.2 refleja los porcentajes de alumnos encuestados cuyos comentarios se relacionan con alguno de los dos aspectos analizados. Como puede apreciarse, sólo tres alumnos (3,4%) han criticado la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” que transmite la proposición C1:

- *Estoy de acuerdo, pero si alguien no tiene conocimientos científicos, también podría hacer un diseño y construirlo*
- *En la actualidad puede que sea así, pero cuando no existía la ciencia también había tecnología*

Por otra parte, el 22,7% de los alumnos refuerzan claramente en sus comentarios esta imagen:

- *Porque el hombre con la ciencia creó la tecnología*
- *Y también de las necesidades humanas. La tecnología es, por decirlo de alguna manera, la práctica de la ciencia*

Las respuestas del resto de los alumnos no las hemos incluido en estas dos categorías ya que se refieren a otras cosas, como mostramos en los siguientes ejemplos:

- *Sí, pero tiene otros usos*
- *La tecnología busca maneras de resolver problemas presentes en nuestra vida cotidiana y mejorarla*
- *Sí, gracias a la tecnología pues hemos avanzado en objetos y en todo*

Otra proposición incluida en el cuestionario que transmite una imagen de la tecnología como mera aplicación de conocimientos científicos es la C4. El análisis de los comentarios añadidos, junto a los que acabamos de mostrar, nos permitirá establecer la

imagen que los alumnos tienen de la relación ciencia-tecnología. Pasamos, a continuación, a mostrar las respuestas de los alumnos a la proposición C4.

**Cuadro 4.7.3**  
**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C4, según la cual “la Tecnología es siempre deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede”, dadas por alumnos de 3º y 4º ESO (N = 88)**

	<b>% (SD)</b>
Señala la existencia de tecnología sin concurso de la ciencia	6,8% (2,7)
Se refiere a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología	4,5% (2,2)
Critica la imagen de tecnología como mera “ciencia aplicada”	4,5% (2,2)
Señala que la tecnología también plantea nuevos retos a la ciencia	0% (--)
Refuerza la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	55,7% (5,3)
No contestan, no justifican, no definen	28,5% (4,8)

Como se aprecia en el **Cuadro 4.7.3**, más de la mitad de los alumnos encuestados se muestran de acuerdo con la proposición C4 y refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como aplicación de conocimientos científicos, tal y como mostramos en los siguientes ejemplos:

- *Si no existiera la ciencia, tampoco existiría la tecnología*
- *Sí, porque si no hay desarrollos científicos no puede haber tecnología*
- *Todo logro tecnológico tiene su base en investigaciones científicas*
- *La tecnología es la “hija” de la ciencia. Porque si la gente no hubiera estudiado, nadie sabría qué es un átomo, ni nada y la tecnología requiere conocimiento previo de ésta*

Seis alumnos (6,8%) hacen referencia a la existencia de tecnología sin el necesario concurso de la ciencia:

- *El avance científico ha favorecido el avance tecnológico, pero la tecnología es anterior a la ciencia*
- *A lo mejor hay tecnología sin desarrollos científicos, no sé, digo yo*

Tan sólo cuatro alumnos (4,5%) se refieren a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología:

- *Porque sin tecnología no hay ciencia y viceversa*
- *La tecnología ayuda a la ciencia a mejorar ambas*
- *No, porque se necesitan mutuamente. La tecnología necesita a la ciencia para avanzar y viceversa*
- *No pienso que sea así del todo. Yo creo que es como una evolución ya que aunque sin tecnología no hay ciencia, sin ciencia tampoco hay tecnología*

Por último, señalar que cuatro alumnos han puesto en duda la idea de tecnología como ciencia aplicada, por lo que hemos considerado que la critican:

- *Porque tienen relación entre ellos pero no dependen exclusivamente el uno del otro*
- *Es bastante cierto, pero no creo que sea siempre basado en los desarrollos científicos*

Estos resultados, pensamos, apoyan una de las consecuencias derivada de la primera hipótesis que planteábamos a principio de esta investigación, según la cual los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tendrán, en general, una correcta comprensión de la relación existente entre la ciencia y la tecnología. Más aún, después de varios años de estudiar tecnología, la mayoría concebirán la tecnología simplemente como “ciencia aplicada”.

Para completar el estudio de la imagen que los alumnos tienen acerca de la tecnología, a continuación, analizaremos los comentarios que han añadido a las proposiciones C2, C3, C5 y C6 que muestran diversas visiones de las relaciones tecnología-sociedad-ambiente. Para ello, tal y como venimos haciendo, hemos establecido una serie de aspectos para cada una de las proposiciones y contabilizaremos el porcentaje de alumnos que se refieren a ellos, junto a algunos ejemplos de sus contestaciones.

En primer lugar, analizaremos los comentarios de los alumnos a la proposición C3 que, como recordaremos, plantea que *las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.*

**Cuadro 4.7.4**

**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C3, según la cual “las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas”, dadas por alumnos de 3º y 4º ESO (N = 88)**

	<b>% (SD)</b>
Se muestran totalmente de acuerdo con la proposición	40,9% (5,2)
Se refiere a la necesidad de cambios políticos y/o sociales	0% (--)
Se refiere a la necesidad de medidas educativas	2,3% (1,6)
Se refiere a la necesidad de compromiso individual	1,1% (1,1)
En blanco	10,3% (3,2)
Otros, sin definir	45,4% (5,3)

Como se aprecia en el **Cuadro 4.7.4**, el 40,9% de los alumnos está de acuerdo con esta afirmación, añadiendo comentarios como los siguientes:

- *La tecnología mejora las máquinas para que no contaminen, puede desalarse el agua...*
- *Estoy de acuerdo, porque la humanidad depende del avance que experimenten ciertas tecnologías*
- *Sí porque la tecnología es igual a desarrollo y para enfrentarnos a los problemas necesitamos estar preparados*

La mayor parte de los alumnos (45,4%) han añadido otro tipo de comentarios, como en los ejemplos que mostramos:

- *Tampoco lo creo muy cierto. Es más, creo que las soluciones están más centradas en la ciencia, pues al fin y al cabo esta es la que ha creado la tecnología*
- *Sí, pero no. Sin tecnología avanzada no podríamos haber llegado hasta donde estamos. Pero a veces también causa problemas*

Como vemos, un porcentaje elevado de alumnos (40,9%) confía en que la solución a la mayor parte de los problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad está en manos de tecnologías más avanzadas.

Por otra parte, son muy pocos alumnos (3,4%) los que se refieren a la necesidad de contemplar junto a las tecnologías avanzadas, medidas políticas y/o sociales, medidas educativas y al compromiso individual para afrontar los graves problemas a los que hoy en día nos enfrentamos.

En contraposición a la imagen transmitida por esta proposición, que sostiene que la solución a todos los problemas radica en el avance de la tecnología (imagen positiva), estaría la proposición C2, la cual muestra una imagen de la tecnología como causa principal de los problemas medioambientales (imagen negativa). Como venimos haciendo, para facilitar el análisis de las respuestas de los alumnos, hemos agrupado las respuestas tal y como se muestra en el **Cuadro 4.7.5**:

**Cuadro 4.7.5**  
**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C2,**  
*“la tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad”, dadas por alumnos de 3º y 4º ESO (N = 88)*

	<b>% (SD)</b>
La principal causante es la sociedad y el mal uso que se hace de la tecnología	27,3% (4,7)
La causa principal son los intereses políticos y económicos	1,1% (1,1)
Refuerza la idea transmitida por la proposición C2	15,9% (3,9)
No define (“hay más factores”, “hay otros responsables”...)	36,4% (5,1)
No justifica, deja en blanco	19,3% (3,4)

Como vemos, más de un tercio de los alumnos (36,4%) dan respuestas en las que no se muestran totalmente de acuerdo con la afirmación indicada, pero a la hora de justificar su contestación no definen o no concretan:

- *No solo. Hay más factores*
- *La tecnología es responsable en parte, pero hay otras cosas*
- *No, porque la tecnología no tiene nada que ver con la contaminación*

Después de ésta, la contestación más repetida por los alumnos (27,3%) señala al ser humano en general como principal responsable de los problemas ambientales:

- *No siempre tiene la culpa, el comportamiento del ser humano tiene mucho que ver*

Por otra parte, un 15,9% de los alumnos encuestados se muestran de acuerdo con la afirmación presentada en la proposición C2, como se puede ver en los siguientes ejemplos:



- *La tecnología hace que hayan nuevos aparatos que contaminan*
- *Ya que cuanto más desarrollo más mal se le hace a la naturaleza*
- *Sí, porque a medida que vamos progresando vamos creando objetos que perjudican el medio ambiente*
- *Pienso que sí, porque antes no había tecnología y tampoco contaminación*
- *Si la tecnología no existiera no habríamos contaminado el planeta. Lo ideal sería volver al estilo de vida tradicional pero como ya no se puede, apliquemos la tecnología para solucionarlo*

Para finalizar, señalaremos que sólo 8 alumnos (9%) han destacado que la tecnología contribuye, tanto positiva como negativamente, a los problemas medioambientales:

- *También ayuda a “limpiar” el planeta*
- *No, ya que gracias a la tecnología se han resuelto muchos problemas... Es responsable de algunos problemas ambientales, como por ejemplo el coche que contamina mucho, pero gracias a ella también están reduciendo esa contaminación*

Una vez mostradas las respuestas de los alumnos a las proposiciones que señalan a la tecnología como solución a los graves problemas a los que se enfrenta la humanidad (proposición C3) y como causa principal de estos problemas (proposición C2), a continuación, analizaremos los comentarios añadidos a la proposición C5. Esta proposición, como recordaremos, hace referencia a la responsabilidad por las consecuencias negativas que puedan derivarse de la aplicación de los avances tecnológicos. Las respuestas las hemos agrupado tal y como se muestra en el **Cuadro 4.7.6**, en los siguientes aspectos:

**Cuadro 4.7.6**

**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C5, según la cual “no se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización”, dadas por alumnos de 3º y 4º ESO (N = 88)**

	<b>% (SD)</b>
Está de acuerdo con la afirmación	35,2% (5,1)
La responsabilidad es de todos	3,4% (1,9)
El tecnólogo también tiene responsabilidad	22,7% (4,5)
Necesidad de comisiones científico-técnicas-éticas para tomar decisiones	0% (--)
No contesta, no justifica	39,3% (5,2)

Como puede observarse en el cuadro 4.7.6., por una parte, más de un tercio de los alumnos (35,2%) piensan que los tecnólogos deben limitarse a favorecer el desarrollo tecnológico, sin responsabilidades: deben ser “otros” los que juzguen si debe o no aplicarse su trabajo, como se muestra en los siguientes ejemplos:

- *Sí, los tecnólogos se dedican a su especialidad; dejemos trabajar a cada uno en su especialidad*
- *Uno crea una cosa con múltiples utilidades, buenas y malas, eso lo tienen que restringir otros*
- *Un hombre vende su proyecto si éste es aprobado antes. Y la gente que lo aprueba, tiene una categoría para hacerlo. Por lo que si permiten venderlo, es porque se puede*
- *Estoy de acuerdo porque lo único que intentan es experimentar o intentar crear cosas nuevas*

En contraposición, menos de la cuarta parte de los alumnos (22,7%) creen que el tecnólogo es responsable de las consecuencias negativas que se deriven de su trabajo:

- *Siempre que inventas algo eres responsable de las repercusiones que puede tener en el mundo*
- *Creo que el tecnólogo debe pensar antes de hacer algo si va a ser útil o no y si va a ser perjudicial*
- *No lo creo, muchas veces el que inventa algo es el que sabe de lo que es capaz y no otro, que no la conoce*
- *Quien lo crea será el que mejor sabrá utilizar y las consecuencias que puede tener*

Para finalizar, hemos incluido en el **Cuestionario A1** la proposición C6, la cual plantea que el progreso social es la consecuencia final de un proceso lineal que comenzaría en el progreso tecnocientífico.

Hemos establecido dos aspectos básicos a analizar: “*está de acuerdo con la afirmación*” y “*critica que la consecuencia final sea el progreso social*”, como se muestra en el **cuadro 4.7.7.**

Cuadro 4.7.7

Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C6, según la cual “el progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social”, dadas por alumnos de 3º y 4º ESO (N = 88)

	% (SD)
Está de acuerdo con la afirmación	48,9% (5,3)
Critica que la consecuencia final sea el progreso social	11,4% (3,4)
No contesta, en blanco	23,9% (4,5)
Otras	15,9% (3,9)

Como podemos apreciar, casi la mitad de los alumnos (48,9%) están de acuerdo con la relación lineal, directa, entre desarrollo tecnocientífico y progreso social, como en los ejemplos que a continuación reproducimos:

- *Es una cadena que va aumentando*
- *La tecnología hace que muchas de las dificultades de hoy en día se puedan solucionar (enfermedades) para así, mejorar todos*

Tan solo 10 alumnos (11,4%) se muestran críticos con la afirmación transmitida en la proposición C6, como mostramos en los siguientes ejemplos:

- *El problema es que actualmente anteponen el progreso económico a los demás y se quedan ahí por lo que lo demás no se desarrolla como debería*
- *Sí hay un enlace entre todo ello pero el desarrollo tecnológico no tiene por qué llevar al progreso social y económico. Varía según el uso que se dé a la tecnología (bombas nucleares o aparatos para detectar cáncer)*
- *Creo que puede ayudar, pero la ciencia y la tecnología han ido avanzando constantemente y la gente se sigue muriendo de hambre*

Una vez analizados los comentarios de los alumnos a las diferentes proposiciones que componen el Cuestionario A1, en el siguiente apartado recogemos, a modo de síntesis, las conclusiones que hemos podido extraer de dicho análisis.

#### 4.7.2 Conclusiones de los resultados obtenidos mediante el Cuestionario A1

En el apartado anterior hemos mostrado, en primer lugar, las puntuaciones dadas por los alumnos a cada una de las proposiciones que componen el **Cuestionario A1** para, a continuación, analizar detenidamente y con ejemplos, los comentarios y justificación añadidos a cada una de ellas.

Antes de pasar a mostrar los resultados obtenidos mediante la utilización del **Cuestionario A2** conviene resumir brevemente los resultados obtenidos con el **Cuestionario A1** tal y como hemos venido haciendo hasta ahora.

**a) Imagen de la relación ciencia-tecnología que muestran los alumnos a través de los comentarios añadidos al Cuestionario A1**

Los alumnos, en general, tienen una imagen de la tecnología como mera aplicación de conocimientos científicos, ya que como hemos podido apreciar en el análisis realizado en el apartado anterior:

- La puntuación media otorgada por los alumnos a la proposición C1 es de 7,1 y a la proposición C4 es de 7,3.
- Sólo tres alumnos (3,4%) han criticado la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” que transmite la proposición C1.
- El 22,7% de los alumnos refuerzan claramente, en sus comentarios a la proposición C1, esta imagen.
- Más de la mitad de los alumnos encuestados (55,7%) se muestran de acuerdo con la proposición C4 y refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como simple aplicación de conocimientos científicos.
- Tan solo seis alumnos (6,8%) hacen referencia a la existencia de tecnología sin el necesario concurso de la ciencia y sólo cuatro (4,5%) se refieren a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología.

**b) Imagen de la relación tecnología-sociedad-ambiente que muestran los alumnos a través de los comentarios añadidos al Cuestionario A1**

A la vista de los resultados obtenidos mediante el Cuestionario A1, pensamos que los alumnos de secundaria encuestados muestran, en general, una imagen empobrecida de la actividad tecnológica y de su relación con la sociedad y el medio ambiente, ya que:

- Un elevado porcentaje de alumnos (40,9%) confía en que las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.
- Son muy pocos alumnos (3,4%) los que se refieren a la necesidad de contemplar junto a las tecnologías avanzadas, medidas políticas y/o sociales, medidas educativas y al compromiso individual para afrontar los graves problemas a los que hoy en día nos enfrentamos.
- El 15,9% de los alumnos encuestados piensa que la tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad y tan solo 8 (9%) han destacado que la tecnología contribuye, tanto positiva como negativamente, a los problemas medioambientales.
- Sólo el 22,7% creen que el tecnólogo es responsable de las consecuencias negativas que se deriven de su trabajo y más de un tercio (35,2%) opinan que los tecnólogos deben limitarse a favorecer el desarrollo tecnológico, sin responsabilidades: deben ser “otros” los que juzguen si debe o no aplicarse su trabajo.
- Casi la mitad de los alumnos (48,9%) relacionan directamente el progreso social y el desarrollo tecnocientífico.

Como puede apreciarse, los alumnos de secundaria tienen una visión, en general, muy positiva de la tecnología, a la que muchos de ellos ven como única solución a los graves problemas que afectan a la humanidad y cuyo desarrollo es imprescindible para el progreso social, sin necesidad de otras medidas.

En síntesis, estos resultados, pensamos, apoyan las consecuencias derivadas de la primera hipótesis que planteábamos a principio de esta investigación, según la cual los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología, en general, no tendrán una correcta comprensión de la relación existente entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente. Más aún, después de varios años de estudiar tecnología, la mayoría concebirán la tecnología como mera “ciencia aplicada”.

Los resultados mostrados hasta aquí se completan con los obtenidos mediante un segundo diseño, el **Cuestionario A2**, en el que se plantea a los alumnos tres preguntas

abiertas relacionadas con los graves problemas que afectan hoy en día a la humanidad, sus causas y las posibles soluciones. Estos resultados los mostramos en el apartado siguiente.

#### 4.7.3 Resultados obtenidos mediante el Cuestionario A2 (Cuestionario abierto)

Presentamos aquí los resultados obtenidos al aplicar el **Cuestionario A2**, que ha sido contestado por 47 alumnos de 3º de ESO y 41 alumnos de 4º ESO durante el mes de junio de 2008. Esta muestra es la misma que se utilizó para el Cuestionario A1. Para aplicar a los alumnos el Cuestionario A2 se dejó pasar un mes desde que contestaron el Cuestionario A1, realizándose, además, por distintos profesores.

El diseño empleado consistió en proponer a los alumnos la actividad que mostraremos a continuación. Con este diseño, lo que pretendemos es ver en qué medida los alumnos conocen la actual situación de emergencia planetaria, sus causas y posibles soluciones, así como el papel que en todo ello juega el desarrollo tecnológico.

Según nuestra hipótesis de trabajo los resultados serán bastante pobres, haciendo mención únicamente a los tres o cuatro aspectos que en mayor medida se suelen incluir. Por ejemplo, esperamos que, al preguntar a los alumnos sobre los problemas más graves a los que se enfrenta la humanidad, éstos hagan referencia a la pobreza, las guerras o la contaminación.

La actividad propuesta es la que se muestra a continuación:

#### Cuestionario A2

Toda educación y, claro está, también la educación tecnológica, ha de contribuir a la comprensión de los problemas a los que se enfrenta la humanidad e impulsar las posibles soluciones. Para que nos ayudes a planificar esta tarea, te agradeceríamos que contestases lo más completa y sinceramente posible las siguientes cuestiones:

- 1) Enumera problemas importantes a los que, en tu opinión, se enfrenta hoy día la humanidad.
- 2) ¿Cuáles pueden ser las causas principales de dichos problemas?
- 3) ¿Cuáles son las medidas que piensas se deberían adoptar?

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_  
Curso y grupo: \_\_\_\_\_

Para analizar las respuestas dadas por los alumnos, utilizaremos una red de análisis que nuestro equipo ha utilizado y validado en estudios precedentes sobre las concepciones de los docentes acerca de los problemas y desafíos que tiene planteados la humanidad (Edwards, 2000; Gil-Pérez et al., 2000; Praia, Gil y Edwards, 2000; Vilches et al., 2001; Edwards, 2003; Gil-Pérez et al., 2003; Edwards et al., 2004; López Alcantud, 2007; Calero, 2007), los contenidos de los libros de texto (Edwards, 2000 y 2003) o de los museos de Ciencias en torno a dicha problemática (González, 2001; González, Gil-Pérez y Vilches, 2002):

#### Red de Análisis

ASPECTOS DE LA SITUACIÓN DEL MUNDO	% (SD)
0. Desarrollo sostenible	
1. La necesidad de acabar con un crecimiento agresivo para el medio ambiente	
1.1. Problema de la urbanización creciente	
1.2. Contaminación ambiental	
1.3. Agotamiento de los recursos naturales	
1.4. Degradación de ecosistemas	
1.5. Destrucción de la diversidad cultural	
2. Causas del crecimiento no sostenible	
2.1. Hiperconsumo de las sociedades desarrolladas	
2.2. Explosión demográfica	
2.3. Desequilibrios entre grupos humanos	
2.4. Conflictos y violencias asociados a los desequilibrios	
3. Acciones positivas:	
3.1. Instituciones y acciones para crear un nuevo orden mundial	
3.2. Educación para la sostenibilidad	
3.3. Impulso de tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible	
4. Necesidad de universalizar los derechos humanos	
4.1. Derechos de opinión y asociación	
4.2. Derechos económicos, sociales y culturales	
4.3. Derechos de solidaridad	

Los criterios generales adoptados a la hora de hacer el análisis de los diferentes diseños, empleando la red indicada, han sido los siguientes:

- En primer lugar, utilizaremos el criterio más amplio para considerar que un cierto aspecto ha sido mencionado. La más mínima referencia será considerada positivamente, adoptando así el criterio más desfavorable para la hipótesis.
- Haremos el análisis de los aspectos que puedan aparecer tomando como medida una oración gramatical. Un aspecto sólo puede ser contabilizado una vez en cada oración, pero en una misma pueden aparecer diferentes aspectos.

- El análisis no se limita a señalar la existencia o ausencia de aspectos, sino que veremos en cuántas ocasiones aparece cada uno de ellos (utilizando siempre, como ya hemos señalado, el criterio más amplio y desfavorable para la hipótesis).
- A pesar de que en el Cuestionario A2 se distingue entre los problemas a los que se enfrenta hoy en día la humanidad y sus posibles causas, a la hora de contabilizar las menciones de los alumnos no haremos distinción entre ambos. En realidad, tanto los problemas como sus posibles causas están estrechamente relacionados y, en numerosas ocasiones, determinados problemas son causas de otros. Por tanto, lo que realmente nos interesa es analizar si los alumnos hacen mención a ellos, sin importarnos qué pregunta están respondiendo.

A continuación, como ejemplo del procedimiento seguido, mostraremos algunos fragmentos de las respuestas de los alumnos, en las que hemos subrayado las referencias a los aspectos de la red de análisis y añadido entre paréntesis qué aspecto se menciona.

**Cuestionario A2**

Toda educación y, claro está, también la educación tecnológica, ha de contribuir a la comprensión de los problemas a los que se enfrenta la humanidad e impulsar las posibles soluciones. Para que nos ayudes a planificar esta tarea, te agradeceríamos que contestases lo más completa y sinceramente posible las siguientes cuestiones:

- 1) Enumera problemas importantes a los que, en tu opinión, se enfrenta hoy día la humanidad.
- 2) ¿Cuáles pueden ser las causas principales de dichos problemas?
- 3) ¿Cuáles son las medidas que piensas se deberían adoptar?

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Curso y grupo: 4º E.S.O. B

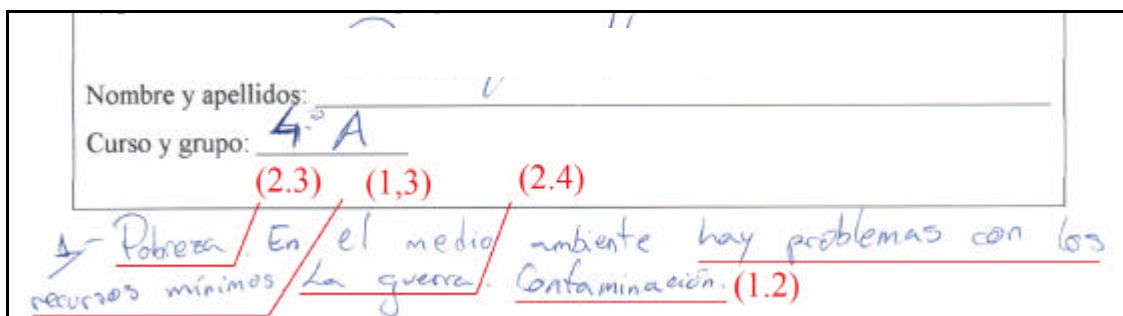
① La contaminación (1.2)  
- El deshielo de los polos (1.4)  
- ~~EI~~  
- La destrucción de la capa de Ozono (1.4)  
- La pobreza de los países subdesarrollados (2.3)



La contaminación (1.2), el deshielo de los Polos (1.4), la destrucción de la capa de ozono (1.4), la pobreza de los países subdesarrollados (2.3).

En este primer ejemplo, vemos que el alumno en su respuesta a la primera pregunta, menciona 3 de los aspectos de la red de análisis. La contaminación (1.2) y la pobreza (2.3), como mostraremos más adelante, son dos de los aspectos más mencionados por los alumnos, tal y como cabía esperar. Otro aspecto mencionado por este alumno es el referido a la degradación de ecosistemas (1.4) ya que ha señalado la destrucción de la capa de ozono y el deshielo de los polos.

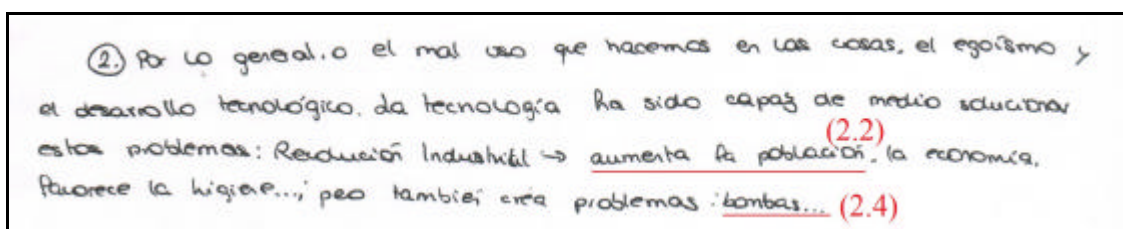
Mostramos, a continuación, la respuesta de otro alumno a la primera pregunta del cuestionario:



Pobreza (2.3). En el medio ambiente, hay problemas con los recursos mínimos (1.3). La guerra (2.4). Contaminación (1.2).

Como vemos, este alumno además de referirse a la contaminación y a la pobreza, menciona la guerra (2.4) y el problema del agotamiento de los recursos naturales (1.3), que son los 4 aspectos más mencionados por los alumnos.

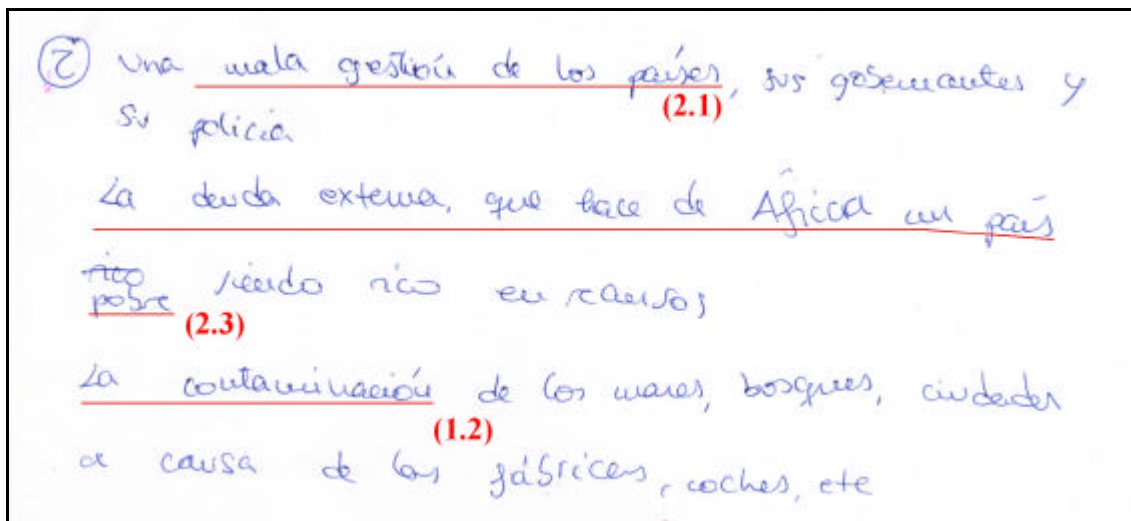
Veamos ahora dos ejemplos de respuestas dadas por alumnos a la segunda pregunta del cuestionario:



(Por lo general, el mal uso que hacemos en las cosas, el egoísmo y el desarrollo tecnológico. La tecnología ha sido medio capaz de solucionar estos problemas: Revolución Industrial ? aumenta la población (2.2), la economía, favorece la higiene...; pero también crea problemas: bombas (2.4)...)

Esta alumna trata de explicar con un ejemplo cómo el desarrollo tecnológico contribuye tanto a la solución de problemas como a su creación. Señala que durante la Revolución Industrial se mejoró la calidad de vida (economía, higiene) y hubo un aumento de la población. No sabemos si menciona el aumento de población como problema pero, tal y como venimos haciendo, nos hemos puesto en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis y la hemos incluido en el recuento de menciones. Por otra parte, esta alumna se refiere a que el avance de la tecnología ha favorecido la creación de bombas, por lo que hemos considerado que hace referencia a los conflictos y violencias asociados a los desequilibrios.

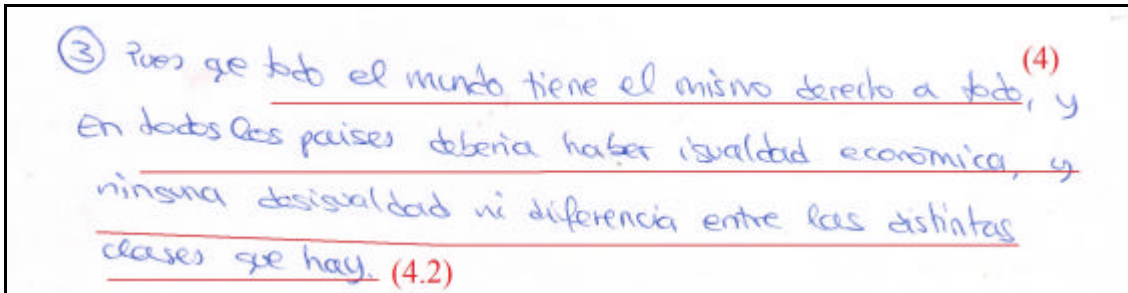
Otro ejemplo de respuesta de un alumno a la segunda pregunta es el siguiente:



(Una mala gestión de los países (2.1), sus gobernantes y su policía. La deuda externa, que hace de África un país pobre (2.3) siendo rico en recursos. La contaminación (1.2) de los mares, bosques, ciudades a causa de las fábricas, coches, etc.)

Hemos considerado que al hablar de una mala gestión de los países y sus gobernantes, se está refiriendo al derroche e hiperconsumo de las sociedades desarrolladas (2.1). Como se puede observar, hemos sido muy benévolo a la hora de realizar el recuento de menciones, siempre poniéndonos en la situación más desfavorable para nuestra hipótesis.

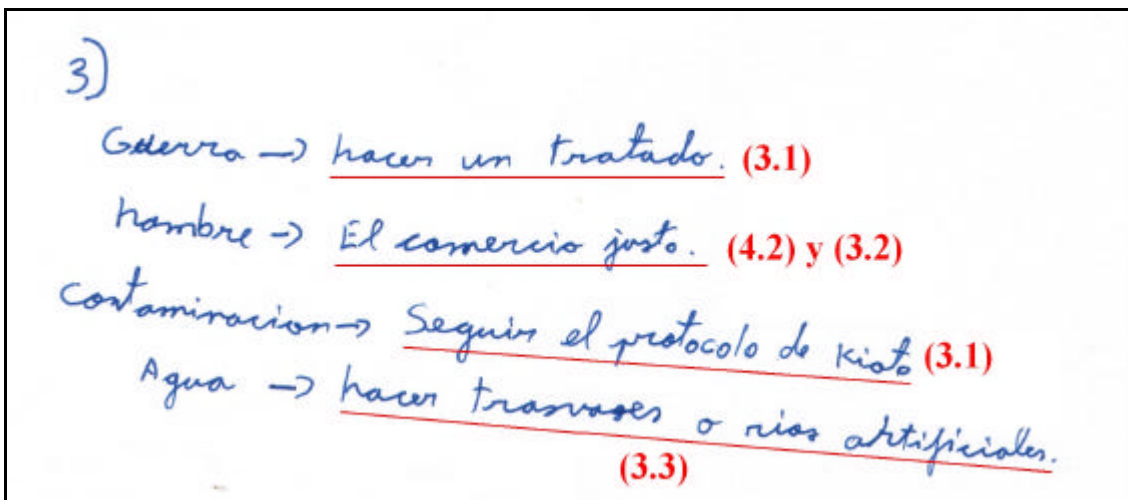
Veamos, a continuación, dos ejemplos de respuestas dadas por alumnos a la tercera pregunta del cuestionario:



③ Pues que todo el mundo tiene el mismo derecho a todo, y <sup>(4)</sup>  
En todos los países debería haber igualdad económica, y  
ninguna desigualdad ni diferencia entre las distintas  
clases que hay. (4.2)

(Pues que todo el mundo tiene el mismo derecho a todo (4), y en todos los países debería haber igualdad económica, y ninguna desigualdad ni diferencia entre las distintas clases que hay (4.2)).

Hemos considerado que, aunque este alumno no habla explícitamente de derechos humanos, hace referencia a ellos al señalar que “todo el mundo tiene el mismo derecho a todo”. Como podemos apreciar, es una de las pocas respuestas que menciona la necesidad de la igualdad económica y social (4.2).



3)  
Guerra → hacer un tratado. (3.1)  
Hambre → El comercio justo. (4.2) y (3.2)  
Contaminación → Seguir el protocolo de Kioto (3.1)  
Agua → hacer trasvases o ríos artificiales.  
(3.3)

(Guerra: hacer un tratado (3.1). Hambre: comercio justo (4.2) y (3.2). Contaminación: Seguir el protocolo de Kyoto (3.1). Agua: Hacer trasvases o ríos artificiales (3.3)).

Consideramos como mención al aspecto 3.1 el hecho de sugerir que para afrontar el problema de la creciente contaminación ambiental es necesario cumplir el Protocolo de Kyoto. Este alumno también menciona el Comercio Justo, por lo que consideramos que hace referencia a la necesidad de universalizar los derechos económicos y a la necesidad

de medidas educativas. La referencia a hacer trasvases o ríos artificiales pensamos que está relacionado con medidas tecnológicas.

Para finalizar, mostraremos un ejemplo respuesta global que un alumno ha dado a las tres preguntas del cuestionario:

**Cuestionario A2**

Toda educación y, claro está, también la educación tecnológica, ha de contribuir a la comprensión de los problemas a los que se enfrenta la humanidad e impulsar las posibles soluciones. Para que nos ayudes a planificar esta tarea, te agradeceríamos que contestases lo más completa y sinceramente posible las siguientes cuestiones:

- 1) Enumera problemas importantes a los que, en tu opinión, se enfrenta hoy día la humanidad.
- 2) ¿Cuáles pueden ser las causas principales de dichos problemas?
- 3) ¿Cuáles son las medidas que piensas se deberían adoptar?

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Curso y grupo: 1.A ✓

---

La humanidad se enfrenta a dos grandes problemas la degradación del medio ambiente <sup>(1)</sup> y las desigualdades sociales <sup>(2.3)</sup>, problemas que se dan por culpa de la avaricia de los seres humanos y sus ansias por enriquecerse a costa de lo que sea. <sup>(2.1) y (1)</sup>

Las soluciones para ambos problemas pasan por ser de carácter global y ~~ser~~ tener como primer pilar la concienciación y educación <sup>(3.2)</sup> para un comportamiento cívico y respetuoso y lo segundo sería algo más técnico, cuando lo mínimo que hayan sido educados así lleguen al poder tratan que todos los países involucren en energías limpias <sup>(3.1)</sup> y cedan un poco para dejar de contaminar <sup>(3.3)</sup>

*(La humanidad se enfrenta a dos grandes problemas: la degradación del medio ambiente (1) y las desigualdades sociales (2.3), problemas que se dan por culpa de la avaricia de los seres humanos y sus ansias de enriquecerse (2.1) y (1) a costa de lo que sea. Las soluciones para ambos problemas pasan por ser de carácter global y tener como primer peldaño la concienciación y la educación (3.2) para un comportamiento cívico y respetuoso y lo segundo sería algo más utópico, cuando los niños que hayan sido educados así lleguen al poder (3.1), tratar que todos los países inviertan en energías limpias (3.3) y cedan un poco para dejar de contaminar).*

Como vemos, este alumno hace referencia a 6 de los 18 aspectos de la red. En el análisis puede apreciarse de nuevo la benevolencia en el recuento de menciones ya que hemos considerado que se refiere a la necesidad de instituciones y acciones para crear un nuevo orden mundial (3.1) por el simple hecho de hablar de “educar a los niños para que cuando lleguen al poder...”.

Una vez aclarados los criterios que se han utilizado para analizar las respuestas de los alumnos al Cuestionario A2 y tras haber visto algunos ejemplos, pasamos a continuación a mostrar los resultados globales obtenidos (**Cuadro 4.7.8**). En el Anexo VII mostramos algunas de las respuestas de los alumnos al Cuestionario A2.

**Cuadro 4.7.8 Porcentaje de alumnos que hace referencia a cada aspecto (N = 88)**

ASPECTOS DE LA SITUACIÓN DEL MUNDO	% (SD)
0. Desarrollo sostenible	2,3 (1,6)
1. La necesidad de acabar con un crecimiento agresivo para el medio ambiente	1,1 (1,1)
1.1. Problema de la urbanización creciente	0 (--)
1.2. Contaminación ambiental	64,8 (5,1)
1.3. Agotamiento de los recursos naturales	37,5 (5,2)
1.4. Degradación de ecosistemas	18,2 (4,1)
1.5. Destrucción de la diversidad cultural	0 (--)
2. Causas del crecimiento no sostenible	9,1 (3,1)
2.1. Hiperconsumo de las sociedades desarrolladas	
2.2. Explosión demográfica	1,1 (1,1)
2.3. Desequilibrios entre grupos humanos	55,7 (5,3)
2.4. Conflictos y violencias asociados a los desequilibrios	45,5 (5,3)
3. Acciones positivas:	11,4 (3,4)
3.1. Instituciones y acciones para crear un nuevo orden mundial	
3.2. Educación para la sostenibilidad	10,2 (3,2)
3.3. Impulso de tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible	15,9 (3,9)
4. Necesidad de universalizar los derechos humanos	2,3 (1,6)
4.1. Derechos de opinión y asociación	0 (--)
4.2. Derechos económicos, sociales y culturales	5,7 (2,5)
4.3. Derechos de solidaridad	0 (--)

En un primer análisis sin profundizar de los resultados mostrados en el cuadro anterior, puede observarse que de los 18 aspectos analizados, aparecen mencionados 14 de ellos (72,2%). Sin embargo, si somos un poco más exigentes y contabilizamos aquellos aspectos que son mencionados, por ejemplo, por más de 10 estudiantes (del total de 88, lo que sigue representando un porcentaje muy bajo), el número disminuye a 6.

Como cabía esperar, los aspectos más mencionados por los alumnos son la *contaminación ambiental*, el *agotamiento de recursos* (sobre todo, el agua y el petróleo), los *desequilibrios entre grupos humanos* (hambre) y los *conflictos asociados a los desequilibrios* (guerras).

Otros aspectos que consideramos muy importantes no han sido mencionados por ningún alumno o aparecen de manera anecdótica. Pensamos que algunos de los aspectos de la red de análisis (por ejemplo, los incluidos en el apartado 4) tal vez pueda parecer complicado tratarlos desde la educación tecnológica (aunque un reciente trabajo de nuestro equipo ya ha puesto de manifiesto que es posible sin demasiada dificultad: López Alcantud, 2007). Sin embargo, nos llama especialmente la atención que tan solo 14 alumnos (15,9%) se hayan referido a la necesidad de impulsar tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible, lo que nos lleva a pensar que desde la educación tecnológica no se está prestando suficiente atención a este aspecto. También resulta llamativo las pocas menciones que los alumnos hacen a la necesidad de apostar por el desarrollo sostenible (2,3%), la necesidad de acabar con un crecimiento agresivo con el medio ambiente (1,1%) o el problema de la urbanización creciente (0%).

Como ya señalábamos anteriormente, también los últimos aspectos que acabamos de mencionar podrían tratarse de manera sencilla desde cualquier unidad didáctica del temario de la asignatura de tecnología (López Alcantud, 2007).

En síntesis, como hemos podido comprobar, la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo, en general, una imagen distorsionada y empobrecida de ésta, ignorando o abordando muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), por lo que los alumnos no muestran una correcta comprensión de las relaciones tecnología, sociedad y medio ambiente.

#### **4.8. RECAPITULACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA PUESTA A PRUEBA DE LA PRIMERA HIPÓTESIS**

Dado la extensión de este capítulo, es conveniente realizar una breve recapitulación de los resultados obtenidos a través de todos los diseños antes de pasar en el próximo capítulo a fundamentar la segunda hipótesis de esta investigación.

Para mayor claridad, mostraremos los resultados del análisis de las concepciones de los docentes y de los alumnos acerca de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, en diferentes subapartados.

##### **4.8.1 Recapitulación de los resultados del análisis de la imagen transmitida por la enseñanza habitual de la tecnología acerca de su naturaleza y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente**

Como recordaremos, para sacar a la luz las concepciones de los docentes acerca de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, se han utilizado 6 diseños diferentes. En este apartado trataremos de dar una visión global de los resultados obtenidos a través de todos ellos, que como ya hemos podido comprobar apoyan la primera hipótesis de esta investigación.

Para facilitar la lectura de estas conclusiones, como hemos venido haciendo en el desarrollo del capítulo, las presentaremos en dos partes, mostrando en primer lugar las concepciones de los docentes acerca de las relaciones ciencia-tecnología y, posteriormente, sus concepciones acerca de las relaciones tecnología-sociedad-medio ambiente.

##### **A) Concepciones acerca de las relaciones Ciencia-Tecnología**

Como hemos podido ver en el primer diseño, la mayoría de los libros de texto no tratan de sacar a la luz las ideas previas de los alumnos sobre la tecnología. Tampoco hacen referencia, en general, a las posibles visiones deformadas que se pueden tener de ésta y, por lo tanto, no tratarán de modificarlas.

En cuanto a la visión que asocia tecnología a “ciencia aplicada”, en general, en los libros analizados no hemos encontrado apenas referencias explícitas. Tampoco muestran, en la mayor parte de los casos, las contribuciones de la tecnología al desarrollo científico a lo largo de la historia. Tan solo un capítulo, de los 248 analizados, trata con “cierta profundidad” este aspecto (contiene una referencia y una actividad). Este resultado está relacionado con la conclusión anterior: los libros analizados no hacen referencias explícitas a la visión que asocia tecnología y “ciencia aplicada”, pero tampoco contribuyen a combatirla mostrando las contribuciones de la tecnología al desarrollo científico.

Por otra parte, la mayor parte de los textos analizados no muestran la relación actual existente entre la ciencia y la tecnología ya que el 100% de los capítulos analizados no profundizan en este aspecto.

En un segundo diseño se preguntaba a 60 estudiantes del curso de Didáctica de las Ciencias Físico-Químicas, que forma parte de la Licenciatura de Física en la Universitat de València, “¿Qué es la tecnología?” y hemos comprobado que el 100% de ellos se muestra de acuerdo con que es la mera “aplicación de la ciencia”.

Para profundizar más en el estudio de las concepciones de los docentes también se analizaron 180 exámenes de tecnología (que contienen en total 1491 preguntas) utilizados por profesores de tecnología para evaluar a sus alumnos. En este análisis encontramos que tan solo el 1,2% de las preguntas que los docentes plantean en sus exámenes se refieren a la naturaleza de la tecnología y a las relaciones ciencia-tecnología. Pero si analizamos detenidamente, como hemos hecho, cada una de las preguntas encontramos que realmente ninguna de ellas plantea de una forma clara y explícita una discusión acerca de las relaciones ciencia-tecnología.

En otro diseño mostrábamos a los docentes 5 proposiciones, dos de las cuales (C1 y C4) transmitían una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”. En el análisis de los comentarios añadidos por los docentes, encontramos pocas críticas (17,6% a la C1 y 5,9% a la C4) a la imagen de tecnología como mera “ciencia aplicada”.



Los porcentajes de profesores en activo que mencionan aspectos importantes de las relaciones ciencia-tecnología son, igualmente, muy bajos. Menos de la cuarta parte de los encuestados se refiere a la existencia de desarrollos tecnológicos sin concurso de la ciencia y tan sólo un profesor se ha referido a la creciente imbricación existente en la actualidad entre ciencia y tecnología.

Las respuestas de los profesores en formación refuerzan más aún nuestra hipótesis. La puntuación media otorgada por los docentes en formación a la proposición C1 es de 7,6 y, en coherencia con lo anterior, de 7,2 a la C4 lo cual nos indica que los profesores en formación también están de acuerdo con las afirmaciones presentadas.

En cuanto a las críticas de los profesores en formación hacia la imagen transmitida por las proposiciones C1 y C4, observamos que tan sólo 1 de los 72 participantes (1,4%) está en desacuerdo con la afirmación que muestra la tecnología como aplicación de conocimientos científicos.

Los porcentajes de profesores en formación que se refieren a aspectos importantes de las relaciones ciencia-tecnología son, tal y como ocurre con los docentes en activo, muy bajos. El aspecto más mencionado, y lo es en un porcentaje bajo, (15,3%) es el que hace referencia a la creciente imbricación existente en la actualidad entre ciencia y tecnología. En este grupo, la mitad de los participantes refuerzan en sus comentarios la idea de tecnología como mera “ciencia aplicada”.

Los resultados obtenidos a través de las entrevistas a profesores de tecnología no difieren de los mostrados hasta ahora. Al preguntar a los docentes sobre los objetivos básicos que deberíamos perseguir en el área de tecnología, ninguno de los 6 entrevistados se refiere a la importancia de comprender la relación entre ciencia y tecnología.

Cuando les planteamos la posible existencia de concepciones erróneas en torno a la tecnología, ninguno de los entrevistados menciona la idea de tecnología como mera ciencia aplicada incluso dos de ellos incurren explícitamente en esta concepción. Es más, cuando se les plantea abiertamente que comenten las ideas que conviene que los

estudiantes adquieran acerca de las relaciones ciencia-tecnología, 4 de los 6 profesores entrevistados hablan explícitamente de tecnología como ciencia aplicada.

Por último, se ha pedido a 12 profesores de Tecnología en activo que analicen críticamente un examen preparado por nuestro equipo, el cual se ha concebido de modo que no aparezca ninguno de los aspectos sobre las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente citados a lo largo de este trabajo.

**Como hemos podido observar, los resultados mostrados apoyan nuestra primera hipótesis según la cual, la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta, en particular, como mera “ciencia aplicada”.**

#### **B) Concepciones acerca de las relaciones tecnología-sociedad-medio ambiente**

El primer diseño nos ha mostrado que los libros de texto no profundizan, en general, en las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad, ya que tan sólo un 9,7% de los capítulos analizados prestan cierta atención a este aspecto.

Debemos aclarar que, de este bajo porcentaje, en su mayoría, las repercusiones que se tratan en los libros de texto son repercusiones medioambientales negativas.

Tampoco abordan habitualmente la influencia que tiene la sociedad sobre el desarrollo tecnológico, ya que tan sólo el 0,8% de los capítulos analizados tiene en cuenta este aspecto mediante referencias y actividades, contribuyendo de este modo a mostrar una imagen socialmente neutra de la tecnología.

En los exámenes utilizados por los docentes tan sólo el 3,0% de las preguntas analizadas plantean las relaciones tecnología-sociedad. También hemos visto que la mayor parte de las preguntas (2,4%) se centran exclusivamente en las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) del desarrollo tecnológico.

En otro diseño mostrábamos a los docentes 5 proposiciones, en tres de las cuales (C2, C3 y C5) se indicaban diferentes aspectos de las relaciones tecnología-sociedad-medio ambiente. En el análisis de los comentarios añadidos destaca que, al plantear que las soluciones a los problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas ningún docente ha señalado que, junto a las medidas tecnológicas es necesario contemplar cambios en las actitudes y comportamientos (medidas educativas) así como medidas legislativas y políticas. Es decir, ningún docente ha citado todas las medidas necesarias en conjunto. En este sentido es llamativo que, a pesar de dedicar su trabajo a la enseñanza de la tecnología, solo dos profesores (11,8%) se refieren a la necesidad de medidas educativas.

Los resultados obtenidos con los profesores en formación refuerzan más aún nuestra hipótesis ya que un 41,2% está de acuerdo con que las soluciones a los problemas con se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.

En cuanto a la responsabilidad de la aplicación de los desarrollos tecnológicos, no llega a un tercio de los profesores en activo encuestados (29,4%) los que opinan que los tecnólogos son corresponsables de las consecuencias negativas de la tecnología.

Al preguntar a los docentes sobre los objetivos básicos que deberíamos perseguir en el área de tecnología, sólo dos profesores se refieren a las relaciones entre tecnología y sociedad. Por otra parte, ninguno de los entrevistados habla de la importancia de comprender la influencia de las formas de organización social en la actividad tecnológica y tan solo un profesor ha mencionado la importancia de analizar de manera crítica las repercusiones del desarrollo tecnológico en la sociedad.

Por último, al plantear a los docentes cómo consideran que habría que abordar las relaciones tecnología-sociedad, encontramos respuestas en las que se olvidan aspectos fundamentales de dichas relaciones. Por ejemplo, tan solo uno de los docentes se refiere a la necesidad de contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico.

A pesar de las (pocas) referencias que los profesores hacen en las entrevistas a algunos aspectos de las relaciones tecnología-sociedad-medio ambiente, cuando mostramos a un

grupo de 12 profesores un examen en el que éstas no aparecen, hemos encontrado muy pocas referencias a la necesidad de tener en cuenta los aspectos de la tecnología y las relaciones CTSA, objeto de nuestra investigación.

Como vemos, los resultados aquí presentados refuerzan nuestra primera hipótesis según la cual la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).

#### **4.8.2 Recapitulación de los resultados del análisis de las concepciones de los alumnos acerca de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente**

Como recordaremos, para obtener información acerca de las concepciones de los alumnos acerca de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, se han utilizado dos cuestionarios.

El primer cuestionario (Cuestionario A1) constaba de 6 proposiciones que los alumnos debían puntuar según su grado de acuerdo y justificar su puntuación o añadir comentarios. Dos de estas proposiciones transmitían explícitamente una visión de la tecnología como mera “ciencia aplicada”, mientras que las otras cuatro transmitían diferentes visiones de la tecnología y su relación con la sociedad y el medio ambiente. Del análisis de las respuestas de los alumnos a estas proposiciones hemos podido extraer las siguientes conclusiones generales:

Más de la mitad de los alumnos encuestados (55,7%) se muestran de acuerdo con la proposición “La tecnología se basa siempre en los desarrollos científicos, por lo que no existiría tecnología sin la ciencia que le precede” a la que otorgan una puntuación media de 7,3 y refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como aplicación de conocimientos científicos. Tan solo seis alumnos (6,8%) hacen referencia a la existencia de tecnología sin el necesario concurso de la ciencia y sólo cuatro (4,5%) se refieren a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología.

Estos resultados apoyan nuestra primera hipótesis ya que, en general, los alumnos tienen una visión de la tecnología como mera “ciencia aplicada”.

Por otra parte, un elevado porcentaje de alumnos (40,9%) confía en que las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas. Son muy pocos alumnos (3,4%) los que se refieren a la necesidad de contemplar, junto a las tecnologías avanzadas, medidas políticas y/o sociales, medidas educativas y al compromiso individual para afrontar los graves problemas a los que hoy en día nos enfrentamos.

El 15,9% de los alumnos encuestados piensan que la tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad y tan solo 8 (9%) han destacado que la tecnología contribuye, tanto positiva como negativamente, a los problemas medioambientales. Casi la mitad de los alumnos (48,9%) relacionan directamente el progreso social y el desarrollo tecnocientífico.

Sólo el 22,7% creen que el tecnólogo es responsable de las consecuencias negativas que se deriven de su trabajo y más de un tercio (35,2%) opinan que los tecnólogos deben limitarse a favorecer el desarrollo tecnológico, sin responsabilidades: deben ser “otros” los que juzguen si debe o no aplicarse su trabajo.

Estos resultados nos llevan a pensar que los alumnos encuestados poseen una imagen exclusivamente positiva de la tecnología, a la que ven como solución a los problemas a los que hoy en día se enfrenta la humanidad y relacionándola directamente con el progreso social.

Estos resultados se completan con los obtenidos mediante un segundo cuestionario (Cuestionario A2), en el que se planteaban tres preguntas abiertas sobre los graves problemas que hoy en día afectan a la humanidad, sus causas y las posibles acciones para su solución.

Del análisis de las respuestas de los alumnos hemos podido extraer varias conclusiones. En primer lugar debemos destacar que tan solo 6 aspectos analizados han sido mencionados por más de 10 alumnos. En segundo lugar, es significativo las pocas

menciones de los alumnos a aspectos tan importantes como la necesidad de apostar por el desarrollo sostenible (2,3%), la necesidad de acabar con un crecimiento agresivo con el medio ambiente (1,1%) o el problema de la urbanización creciente (0%). Por otra parte, nos ha llamado especialmente la atención que tan solo 14 alumnos (15,9%) se hayan referido a la necesidad de impulsar tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible.

En síntesis, como hemos podido comprobar a lo largo de este capítulo, los resultados obtenidos mediante la aplicación de los diferentes diseños son coherentes y apoyan nuestra primera hipótesis, según la cual **la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo, en general, una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**

Como consecuencia de la transmisión de una imagen distorsionada y empobrecida de la tecnología y de la falta de atención a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente, **los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tienen, en general, una correcta comprensión de la relación existente entre la ciencia y la tecnología. Más aún, después de varios años de estudiar tecnología, la mayoría conciben la tecnología como mera “ciencia aplicada” y no muestran una correcta comprensión de las relaciones tecnología, sociedad y medio ambiente.**

Sin embargo, como ya comentamos en capítulos precedentes, en esta investigación pretendemos ir más allá de un análisis descriptivo de las concepciones que acerca de la tecnología y su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente poseen tanto profesores como alumnos.

Pretendemos diseñar y poner en práctica una propuesta alternativa de enseñanza, basada en un modelo de orientación constructivista de enseñanza/aprendizaje y concretada en la elaboración y utilización de un programa de actividades, que nos permita la transformación de la imagen actual que, como hemos mostrado en este capítulo, olvida o deforma, en general, aspectos fundamentales de la tecnología y de las relaciones CTSA.

En el siguiente capítulo presentaremos la segunda hipótesis de este trabajo, la cual fundamentaremos en las numerosas investigaciones que, desde hace años, se han venido haciendo en diferentes campos y que convergen en propuestas centradas en una orientación constructivista de enseñanza/aprendizaje de las ciencias.

#### Referencias bibliográficas en el capítulo 4

- ABELL, S. K. y SMITH, D. C. (1994). What is science?: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16 (4), 475-487.
- ACEVEDO, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.
- ACEVEDO, J.A. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las ciencias*, 16(3), 409-420.
- ACEVEDO DÍAZ, J. A., VÁZQUEZ ALONSO, Á. y MANASSERO MAS, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2 N° 2*.
- AIKENHEAD, G.S. (1985). Science curricula and social responsibility. En R.W. Bybee (Ed.): *Science-Technology-Society*, 128-143. Washington DC: NSTA.
- APPLETON, K. y ASOKO, H. (1996). A cas Study of a teacher's progress toward using a construtivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Teacher Education*, 80 (2), 165-180.
- BRICKHOUSE, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 53-62.
- BRICKHOUSE, N. W. (1993). What count as successful instruction? An account of a teacher's self-assessment. *Science Education*, 77 (2), 115-129.
- BRICKHOUSE, N. W. y BODNER, G. M. (1992). The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (5), 471-485.
- BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199.
- BRISCOE, C. (1993). Using cognitive referents in making sense of teaching. A chemistry teacher's struggle to change assesment practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 971-987.
- BRISCOE, C. y PETERS, J. (1997). Teacher collaboration across and within schools: Supporting individual change in elementary science teaching. *Science Education*, 81 (1), 51-65.
- BYBEE, R. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. En Gräber, W. y Bolte, C. (Eds). *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- BYBEE, R. y DE BOER, G.B. (1994). "Research on goals for the science curriculum" en Gabel, D.L. *Handbook of Research en Science Teaching and Learning*. New York. MacMillan P.C.

CAAMAÑO, A., FERNÁNDEZ, L., MARCO, B., MEDIR, M., MEMBIELA, P., OBACH, D., PAREJO, C., SOLBES, J. y VILCHES, A. SOLOMON, J. (1995). *Monografía: La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad. Alambique*, 3.

CALERO, M. (2007). La atención de la prensa a la situación de emergencia planetaria. *Tesis doctoral*. Universitat de València.

CARRASCOSA, J. (2005a). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), pp. 183-208.  
En línea en: [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_2/Vol\\_2\\_Num\\_2.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_2/Vol_2_Num_2.htm).

CARRASCOSA, J. (2005b). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), pp. 388-402.  
En línea en: [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_3/Vol\\_2\\_Num\\_3.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_3/Vol_2_Num_3.htm)

CARRASCOSA, J., GIL, D. y VALDÉS, P. (2004). El problema de las concepciones alternativas, hoy. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 18, 41-63.

CLARK, C. y PETERSON, P. (1986). *Teacher' thought processes*. In M. Wittrock (Ed). *Handbook of research on Teaching*. New York: McMillan.

CORNETT, J. W., YEOTIS, C. y TERWILLINGER, L. (1990). Teacher personal practice theories and their influences upon teacher curricular and instructional actions: A case study of a secondary science teacher. *Science Education*, 74(5), 517-530.

CRONIN-JONES, L.L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 235-250.

DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNE, B. y RUEL, F. (1993). La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67.

DUSCHL, R. A. y WRIGHT, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 467-501.

EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación científica. Tesis de Tercer Ciclo. Universitat de València, España.

EDWARDS, M. (2003). *La atención a la situación del mundo en la educación científica*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València.

EDWARDS, M., GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A. y PRAIA, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), 47-63.

FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universidad de Valencia.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., VILCHES, A., VALDÉS, P., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y SALINAS, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Monográfico: Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias.

FURIÓ, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199.

GALLAGHER, J.J. (1971). A broader base for science education. *Science Education*, 55, 329-338.



GALLAGHER, J.J. (1989). *Research on secondary school science teachers' practices, knowledge and beliefs: A basis for restructuring*. In M. Matyas, K. Tobin and B. Fraser (Eds.). *Looking into windows: Qualitative research in science education* (pp. 43-57). (American Association for the Advancement of Science. Washington, DC).

GALLAGHER, J.J. y TOBIN, K. (1987). Teacher management and student engagement in high school science. *Science Education*, 71(4), 535-555.

GALLEGO A. P. (2007). Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 4(1), 141-151.

GARCÍA CARMONA, A. (2006). Concepciones del alumnado de secundaria sobre las Finalidades de la física y su papel en la tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 188-197.

GARDNER, P.L. (1994). Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.

GENÉ, A. y GIL, D. (1987). Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado. *Andecho Pedagógico*, 18, 28-30.

GIL, D. (1993). Contribución de la historia y 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). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 154-164.

GIL, D y CARRASCOSA, J. (1992). Approaching pupils' learning to scientific construction of knowledge: some implications of the History and Philosophy of Science in science teaching. *Proceedings of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in science teaching*. Pp. 375-389. Kingston, Ontario. Canadá.

GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MTNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/Universidad de Barcelona. Barcelona: Ed. Horsori.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., ASTABURUAGA, R. y EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003). A Proposal to Enrich Teachers' Perception of the State of the World: first results. *Environmental Education Research*, Vol. 9 (1), 67-90.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, Vol. 14, Nos. 3-5 July, 309-320.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. & FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2008). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education, <http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>).

GONZÁLEZ, M. (2001). *La atención a los problemas del planeta en los museos de ciencias*. Trabajo de investigación Tercer Ciclo. Universitat de Valencia. España.

GONZÁLEZ, M., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2002). Los Museos de Ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. *Tecne, Epistme y Didaxis*, 12, 98-112.

GONZÁLEZ, M., LÓPEZ CERREZO, J. A., y LUJÁN, J. L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.

HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: implications for teachers education. *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440.

HEWSON, P.W., KERBY, H.W. y COOK, P.A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 503-520.

HODSON, D. (1992a). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *Internacional Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.

HODSON, D. (1993). Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24 (1&2) 41-52.

HUIBREGTSE, I., KORTHAGEN, F. y WUBBELS, T. (1994). Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development. *International Journal of Science Education*, 16(5), 539-561.

JIMÉNEZ, M.P. y OTERO, L. (1990). La ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía* 180, 20-22.

LAYTON, D., DAVEY, A. y JENKINS, E.W. (1986). Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy. *Studies in Science Education*, 13, 27-52.

LEDERMAN, N. G. y GESS-NEWSOME, J. (1991). Metamorphosis, adaptation or evolution?: Preservice Science Teachers Concerns and Perceptions of Teaching and Planning. *Science Education*, 75(4), 443-456.

LÓPEZ ALCANTUD, J. (2007). La atención a la situación del mundo en el tratamiento de la energía realizado por la educación Tecnológica. *Tesis doctoral*. Universitat de València.

MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL, D., GONZÁLEZ, E., GRASMARTÍ, A., GUIASOLA, J, LÓPEZ-CEREZO, J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J, MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación Científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 28. Enero-Abril 2002.

MARQUES, R., PEDROSA, A., PAIXAO, F., MARTINS, I., CAAMAÑO, A., VILCHES A., y MARTÍN DÍAZ, M. J. (Coord.) (2008). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Enseñanza de las Ciencias. Educación Científica y desarrollo Sostenible*. V Seminario Ibérico/ I Iberoamericano de CTS no Ensino das Ciências. Aveiro: Universidade de Aveiro. (Actas accesibles en: <http://www.ua.pt/cidttf/leduc/PageText.aspx?id=8703>).

MAOR, D. y TAYLOR, P. C. (1995). Teacher epistemology and scientific inquiry in computerized classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(8), 839-854.

MARCO, B. (2000). La alfabetización científica, en Perales, F. y Cañal, P. (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoi: Marfil.

MARTINS, I. P. (Coord.) (2000). *O movimento CTS na Península Ibérica*. Actas del Seminario Ibérico CTS. Aveiro, 6-8 julio 2000. Aveiro: Universidade de Aveiro.

MARTINS, I. (Coord.) (2004). *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

MEMBIELA, P. (coord.) (2001). *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.

MITCHENER, C. P. y ANDERSON, R. D. (1989). Teachers' perspective: Developing and implementing an STS curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 351-369.

MORENTIN, M. y GUIASOLA, J. (2005). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en los futuros maestros y maestras de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso.

OSORIO, C. (2002). Enfoques sobre la tecnología. En línea en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <<http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/osorio.htm>>.

PACEY, A. (1990). *La cultura de la tecnología*. México: Fondo de Cultura Económica.

PAJARES, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: clearing up a muddled construct. *Review of Educational Research*, 62, 307-322.

PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-167.

PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.

PRAIA, J. y CACHAPUZ, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 350-354.

PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D. y EDWARDS, M. (2000). Percepções de professores de ciências portuguesas e espanholas da situação do mundo. *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro: Universidade de Aveiro. 147-160.

PRICE, R. F. y CROSS, R. T. (1995). Conceptions of science and technology clarified: improving the teaching of science. *International Journal of Science Education*, 17(3), pp. 285-293.

QUINTANILLA, M. A. (1998). Técnica y Cultura. *Teorema. Revista internacional de filosofía*, Vol. XVII/3. Pp 49-69.

RAMSEY, J. (1993). The Science Education Reform Movement: implications for social responsibility. *Science Education*, 77, 2, 235-258.

REID, D.J. y HODSON, D. (1989): *Science for all*. Londres: Casell. Traducción de M.J. Martín-Díaz y L.A. García-Lucía (1993): *Ciencia para todos en Secundaria*. Madrid: Narcea.

REYES, L., SALCEDO, L. E. y PREAFAN, G. A. (1999). *Acciones y creencias: Tesoro oculto del educador. Tomo I*. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Facultad de Educación Santa Fe de Bogotá, D.C.

SANMARTÍN, J. (1990). *Tecnología y futuro humano*. Barcelona: Ed. Anthropos.

SJØBERG, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. En S. Sjøberg y E. Kallerud (Eds.): *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy*, pp. 9-28. Oslo: NIFU. [Versión electrónica] en <http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>

SMITH, H. A. (1980). *What are the needs in pre-college science, mathematics and social science education? A view from the field*. In NSF: A report on the implications to the science community of three NSF sponsored studies of the state of pre-college science education. Pp. 55-78. Washington, D.C.: NSF.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.

SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G. (eds.) (1994). *STS Education: international perspectives on reform*. Nueva York: Teachers College Press.

THOMAZ, M.F., CRUZ, M.N., MARTINS, I.P. y CACHAPUZ, A.F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 315-322.

TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y HOOK, K. (1994). Referents for changing a science curriculum: A case study of one teacher's change in beliefs. *Science Education*, 3, 245-264.

VALDÉS, P., VALDÉS, R., GUIASOLA, J. y SANTOS, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 28. Enero-Abril, 2002, 101-128.

VILCHES, A., GIL-PÉREZ, D., EDWARDS, M. y PRAIA, J. (2001). Science teachers' perceptions of the current situation of planetary emergency. In Psillos, D. et al. (Eds.). *Science Education Research in the Knowledge Based Society*. Proceedings of the Third International Conference of ESERA. Thessaloniki. Pages 683-685.

WILSON, M. et al. (1981). *Research Methods in Education and the Social Sciences*. Keynes, Great Britain: The Open University Press.

YAGER, R.E. (1992). Constructivist Learning Model: A Must for STS Classrooms. En R.E. Yager (Ed). *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*. ICASE Yearbook. Peterfield: ICASE.

YERRICK, R., PARKE, H. y NUGENT, J. (1997). Struggling to promote deeply rooted change: the filtering effect of teachers' beliefs on understanding transformational views of teaching science. *Science Education*, 81(2), 137-159.

## **5. FORMULACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS**

Hemos dedicado la primera parte de esta investigación al análisis de la imagen que la enseñanza habitual de la tecnología transmite acerca de la naturaleza de ésta y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

En esta segunda parte pretendemos ir más allá del análisis descriptivo: nuestro objetivo es el diseño y puesta en práctica de una propuesta alternativa de enseñanza, basada en un modelo de orientación constructivista de enseñanza/aprendizaje y concretada en la elaboración y utilización de un programa de actividades, que nos permita la transformación de la imagen actual que, como hemos mostrado en la primera parte de este trabajo, olvida o deforma, en general, aspectos fundamentales de la tecnología y de las relaciones CTSA.

Comenzaremos, en primer lugar, presentando la segunda hipótesis de trabajo, la cual fundamentaremos en las numerosas investigaciones que, desde hace años, se han venido haciendo en diferentes campos y que convergen en propuestas centradas en una orientación constructivista de enseñanza/aprendizaje de las ciencias.

Una vez presentada y fundamentada dicha hipótesis, señalaremos los aspectos fundamentales en los que hemos basado la propuesta concreta y los criterios que hemos utilizado para su elaboración. Dedicaremos el capítulo 6 a la presentación del programa de actividades que hemos elaborado como propuesta alternativa para la profundización del estudio de la naturaleza de la actividad tecnológica y el tratamiento de las relaciones CTSA en la enseñanza de la Tecnología.

## **5.1. PLANTEAMIENTO DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS**

Desde hace algunos años, en muchos países se han comenzado a realizar intentos para lograr que en las escuelas se difundan conocimientos sobre tecnología. En España, con la implantación de la LOGSE (Ley de Ordenación General del Sistema Educativo) hace más de una década, se incorporó al currículum en la Enseñanza Secundaria Obligatoria (E.S.O.) la Tecnología como área común para todos los alumnos hasta tercer curso y opcional en cuarto.

Por lo tanto, la tecnología, que tradicionalmente y casi de forma exclusiva ha pertenecido a la formación profesional, en la educación secundaria, y a las ingenierías, en los niveles universitarios, tiene hoy un horizonte más amplio. Por una parte, siguen existiendo los estudios profesionales, encaminados a preparar futuros técnicos. Por otra, desde la investigación en didáctica de las ciencias, continúa reclamándose la necesidad de prestar atención a la tecnología en las áreas de ciencias, ya que su olvido, como ya vimos al fundamentar y poner a prueba la primera hipótesis, contribuye a reforzar las visiones deformadas de la ciencia. Y por último, tenemos la Tecnología como área independiente, de reciente incorporación en los currículos de educación secundaria obligatoria.

La finalidad de esos estudios tecnocientíficos, como afirma Buch (2003), es la de que los ciudadanos puedan desenvolverse mejor en una sociedad altamente tecnificada, a la vez que entiendan sus limitaciones y sus peligros. Esto incluye la capacitación para poder participar en la toma de decisiones en lo que respecta a los temas tecnológicos polémicos con un conocimiento de causa suficiente, lo que no siempre es fácil, dada la complejidad de los factores que inciden sobre tales decisiones. En el mismo sentido, López Cerezo y Valenti (1999) afirman que la educación tecnológica hoy debe responder a la realidad de la tecnología en el mundo actual, añadiendo posteriormente que el objetivo es estimular en el educando un sentido crítico que, sobre la base de un conocimiento sólido, le motive y le capacite para implicarse activamente como ciudadano y como profesional en los asuntos públicos relacionados con la tecnología.

Esta finalidad de la educación tecnológica, compartida por otros autores (Acevedo, 1994; Martín Gordillo y González Galbarte, 2002), confluye con los continuos llamamientos que se vienen realizando desde diversas instituciones para que la

educación preste la debida atención a la actual situación del mundo (Gil-Pérez y Vilches, 2004), calificada de auténtica emergencia planetaria (Bybee, 1991).

Esta dimensión de la tecnología queda también recogida en los currículos oficiales. Así, en el propio texto de la LOGSE se señalaba que “el sentido y valor educativo de esta área deriva de los diferentes componentes que la definen e integran, y que son comunes a cualquier ámbito tecnológico específico”. Por el interés que tienen para esta investigación, reproducimos a continuación dos de los cinco componentes que se citan (las *negritas* son nuestras).

- Un componente científico, asociado al conocimiento y la investigación. La actividad técnica utiliza el conocimiento de la ciencia y los resultados de la investigación añadiendo nuevas metas, direcciones y dimensiones en la consecución del conocimiento. No obstante, el objetivo del técnico –el de resolver problemas para satisfacer necesidades humanas, inventando y construyendo los objetos necesarios para ello– es distinto del objetivo del científico, consistente en ampliar el conocimiento de la realidad. Pero **ciencia y tecnología se potencian recíprocamente**: el conocimiento científico proporciona nuevas posibilidades de eficacia a la actividad técnica, mientras ésta plantea interrogantes a la ciencia y, en muchas ocasiones, genera líneas de solución a cuestiones científicas. **Comprender la relación entre ciencia y tecnología constituye un objetivo educativo de esta etapa.**

- Un componente social y cultural, a la vez que histórico, por el que los objetos inventados por el ser humano se relacionan con los cambios producidos en sus condiciones de vida. **La actividad tecnológica ha sido históricamente, y continúa siendo en la actualidad, un factor que influye decisivamente sobre las formas de organización social y sobre las condiciones de vida de las personas. Por otro lado, y en dirección opuesta, aunque complementaria, los valores, creencias y normas de un grupo social han condicionado siempre la actividad y el progreso tecnológico de ese grupo en un momento histórico determinado.** A este propósito y en el momento actual, es de la mayor relevancia el hecho de que la capacidad tecnológica hoy alcanzada, permite responder a muchos de los graves problemas que la humanidad tiene planteados, mientras, por otro lado, la falta de control sobre esa capacidad comporta enormes riesgos (LOGSE. Introducción al área de Tecnología, 2002).



Las expresiones que hemos remarcado en *negrita* ponen de manifiesto la necesidad de abordar las relaciones CTSA desde la educación tecnológica.

Actualmente nos encontramos en nuestro país en proceso de implantación de una nueva reforma educativa. Con la entrada en vigor de la LOE (Ley Orgánica de Educación) en el curso escolar 2007-2008, se introducen cambios en la materia objeto de nuestro estudio, pero las orientaciones generales, por lo que respecta a la educación tecnológica, son semejantes a las introducidas por la LOGSE. En primer lugar, en los nuevos currículos oficiales se establece la implantación de la Tecnología como materia obligatoria para todos los alumnos en primer y tercer curso de ESO, dejándola en cuarto curso como materia opcional.

También en los nuevos currículos encontramos referencias a la importancia de la dimensión social de la tecnología, tal y como mostraremos a continuación. Así, en la introducción que se hace para justificar la importancia de la tecnología se puede leer:

La formación de los ciudadanos requiere actualmente una atención específica a la **adquisición de los conocimientos necesarios para tomar decisiones sobre el uso de objetos y procesos tecnológicos**, resolver problemas relacionados con ellos y, en definitiva, para utilizar los distintos materiales, procesos y objetos tecnológicos para aumentar la capacidad de actuar sobre el entorno y para mejorar la calidad de vida (LOE. BOE 5 de Enero de 2007, página 766).

La organización de la materia se presenta estructurada en diferentes bloques, en los cuales se encuentran integrados los contenidos mínimos. Cabe destacar, dada la importancia que tiene para esta investigación, el bloque de contenidos denominado *Tecnología y Sociedad*:

Con el bloque de contenidos de Tecnología y sociedad **los alumnos reflexionan sobre los distintos avances a lo largo de la historia, sobre sus consecuencias sociales, económicas y medioambientales**. A partir de dispositivos actuales, analizando sus cambios, se obtiene información e ideas que se pueden plasmar en el diseño y fabricación de prototipos propios, **en la comprensión del papel de la tecnología y en el análisis crítico del uso de la tecnología**.

**Los contenidos seleccionados y su organización deben promover la adquisición y aplicación de conceptos y procedimientos para conseguir actitudes y valores que sitúen en buena posición ante la toma de decisiones.** El contexto sociocultural y económico puede ser fuente de información para la selección y elaboración de propuestas de trabajo. **Se incide aquí en la importancia de orientar los comportamientos y las propuestas de forma que faciliten la adquisición de hábitos de reutilización de materiales y ahorro energético** (LOE. BOE 5 de Enero de 2007, página 767).

Por otra parte, una de las novedades más relevantes de la LOE es la incorporación, por primera vez a las enseñanzas mínimas, de las competencias básicas. Éstas, *‘permiten identificar aquellos aprendizajes que se consideran imprescindibles desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes adquiridos. Su logro deberá capacitar a los alumnos y alumnas para su realización personal, el ejercicio de la ciudadanía activa, la incorporación satisfactoria a la vida adulta y el desarrollo de un aprendizaje permanente a lo largo de la vida.’* (LOE. BOE 5 de Enero de 2007, página 678).

Cada una de las materias que componen el currículo de la ESO debe contribuir a la adquisición de las competencias básicas y, en concreto, para el área de tecnología, se señala:

Es importante, por otra parte, el desarrollo de la capacidad y disposición para lograr un entorno saludable y una mejora de la calidad de vida, **mediante el conocimiento y análisis crítico de la repercusión medioambiental de la actividad tecnológica y el fomento de actitudes responsables de consumo racional** (LOE. BOE 5 de Enero de 2007, página 767).

En cuanto a los objetivos del área, se establece que la enseñanza de la Tecnología en la ESO tendrá como finalidad el desarrollo de diferentes capacidades, entre las que queremos destacar la que se refiere a la importancia de fomentar en los alumnos una actitud crítica hacia el desarrollo tecnológico:

Adoptar actitudes favorables a la resolución de problemas técnicos, desarrollando interés y curiosidad hacia la actividad tecnológica, **analizando y valorando críticamente la investigación y el desarrollo tecnológico y su influencia en la sociedad, en el medio ambiente, en la salud y en el bienestar personal y colectivo** (Objetivo 5. LOE. BOE 5 de Enero de 2007, página 768).

Como podemos ver en los fragmentos de la legislación vigente anteriormente reproducidos, se hace varias veces referencia a la importancia de la adquisición por parte de los alumnos de actitudes críticas y responsables hacia el desarrollo tecnológico, a la vez que se forman como ciudadanos activos preparados para la toma de decisiones. Y, como ya hemos dicho en otras ocasiones, para lograr este objetivo es fundamental abordar en nuestras clases las relaciones CTSA.

Sin embargo, tal y como hemos podido comprobar en los resultados presentados en el capítulo anterior y que apoyan coherentemente nuestra primera hipótesis, **la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**

Esta imagen distorsionada y empobrecida de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente se pone de manifiesto, como ya hemos visto, al analizar tanto los libros de texto de la asignatura, como al sacar a la luz las concepciones de los propios profesores de tecnología (Ferreira Gauchía, Gil Pérez y Vilches, 2006).

Como consecuencia de esta imagen distorsionada y empobrecida que se transmite en la enseñanza habitual de la tecnología tal y como expusimos en el capítulo 2, los alumnos de secundaria muestran en general deficiencias en la comprensión de aspectos relevantes de la actividad tecnológica y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

En concreto los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tienen, en general, una correcta comprensión de las relaciones existentes entre la ciencia y la tecnología, concibiendo la tecnología simplemente como “ciencia aplicada” y del mismo modo muestran visiones empobrecidas de la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la sociedad y el medio ambiente.

Ahora, como decíamos al comienzo de nuestro estudio, se trata de ir más allá del análisis en profundidad ya realizado de la imagen que de la tecnología transmite la enseñanza habitual; pretendemos superar el marco descriptivo de la investigación y enfocarla hacia la transformación de esta imagen distorsionada y empobrecida de la actividad tecnológica. En concreto, en esta segunda parte del trabajo nos proponemos investigar acerca de los procesos que pueden permitir a los alumnos la construcción de concepciones sobre la tecnología más acordes con la epistemología actual. Este propósito constituye la segunda hipótesis de nuestra investigación, que ya se presentó al comienzo de este trabajo y que recordamos a continuación:

**Es posible transformar las visiones deformadas de los estudiantes mediante la elaboración y puesta a prueba de materiales y estrategias adecuadas que contribuyan a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Se contribuiría de este modo a formar ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.**

Como ya comentamos en la fundamentación de la primera hipótesis, la imagen distorsionada y empobrecida que muestra la enseñanza habitual de la tecnología y la que como consecuencia de ello tienen los estudiantes acerca de la actividad tecnológica y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente podría tener su origen, en parte, en las concepciones del profesorado y en el olvido de la educación científica de las relaciones CTSA. Por otra parte, y éste es el fundamento básico de nuestra segunda hipótesis, pensamos que la transformación de estas concepciones es posible mediante la utilización de estrategias de enseñanza que favorezcan la participación de los

estudiantes en un trabajo de reflexión colectiva y de construcción de conocimientos en torno a problemas de interés. Dichas estrategias han mostrado efectividad en la superación de visiones deformadas de la ciencia (Fernández et al., 2002; Gil-Pérez, Vilches y Ferreira Gauchía, 2008) y, más en general, de las concepciones alternativas que obstaculizan la comprensión de los conocimientos científicos (Driver y Oldham, 1986; Carrascosa, Gil Pérez y Valdés, 2005).

Esta hipótesis nos lleva a plantear que, si queremos modificar la imagen de la tecnología, debemos replantearnos previamente el tipo de enseñanza impartida, hecho que ya ha sido ampliamente estudiado por numerosos autores en el campo de la didáctica de las ciencias, obteniéndose resultados muy positivos tal y como mostraremos, y que será la base de nuestra fundamentación.

## **5.2. FUNDAMENTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS**

Como decíamos al finalizar el apartado anterior, si pretendemos cambiar la imagen que los alumnos tienen acerca de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, debemos plantearnos previamente revisar y, en su caso, modificar, el modelo de enseñanza que habitualmente utilizamos.

Numerosas investigaciones han puesto de manifiesto que la tarea de cambiar en las personas unas concepciones por otras no es sencilla ya que intervienen una serie de procesos complejos en los que las ideas previas del que aprende y la metodología empleada son factores esenciales. De este modo, hoy en día se sabe que para conseguir un aprendizaje significativo en los estudiantes, no basta con elaborar estrategias encaminadas a producir un cambio conceptual; es preciso plantear, además, estrategias dirigidas al cambio metodológico y actitudinal.

Basándonos en estas ideas, fundamentaremos nuestra segunda hipótesis en un modelo de enseñanza/aprendizaje de **orientación constructivista** aceptado hoy por la mayoría de investigadores, en el que confluyen gran parte de las investigaciones que desde hace casi tres décadas se vienen haciendo en didáctica de las ciencias. Tal y como señalan Gil Pérez et al. (1999), estas investigaciones han mostrado convergencias y progresos reales en la orientación del proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, y han sido refrendados por un notable volumen de investigaciones e innovaciones que han

aparecido en numerosas revistas especializadas, libros colectivos (Tiberghien, Jossem y Barojas 1998; Valdés et al., 1999; Perales y Cañal, 2000; Gil Pérez et al., 2005a) y en los dos *Handbooks* aparecidos hasta el momento (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998). Por ello, es preciso tener presente que los avances en la transformación efectiva de la enseñanza de las ciencias no es posible reducirlos a simples recetas ya que son el fruto complejo del desarrollo convergente de diversas líneas de investigación (Gil, 1993).

La orientación constructivista del proceso de enseñanza y aprendizaje está jugando hoy ese papel integrador, tanto de las investigaciones en los diferentes aspectos de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias, como de las aportaciones procedentes del campo de la epistemología, psicología del aprendizaje, etc. De este modo, las propuestas constructivistas se han convertido en el eje de una transformación fundamentada de la enseñanza de las ciencias.

En este punto cabe señalar que, a pesar de que nuestra investigación se centra en una materia, la tecnología, que no pertenece a las consideradas tradicionalmente como científicas y contar, por tanto, con menos tradición en la investigación educativa, pensamos que los resultados obtenidos en los trabajos en áreas científicas son perfectamente aplicables a la misma. Ésta no es una suposición “gratuita” ya que, como veremos, existen algunos trabajos realizados en ciclos formativos o en la misma asignatura de tecnología en los que las propuestas constructivistas han obtenido resultados igualmente positivos.

Pasamos ahora a mostrar brevemente algunas de las líneas de investigación que más se han desarrollado en las últimas décadas en el campo de la didáctica de las ciencias, en las que fundamentamos nuestra segunda hipótesis, para presentar a continuación nuestra propuesta de trabajo.

### **5.2.1. Revisión de algunas de las investigaciones que convergen en un modelo de orientación constructivista de enseñanza/aprendizaje de las ciencias**

La investigación en el campo de la didáctica de las ciencias ha mostrado que la enseñanza tradicional, basada generalmente en la transmisión/recepción de conocimientos, encuentra serias dificultades para lograr un aprendizaje significativo de los alumnos en las áreas científicas. Este modelo de enseñanza se caracteriza

normalmente por la transmisión verbal de contenidos conceptuales, considerando la inteligencia susceptible de enriquecerse de conocimientos ya elaborados que el alumno va incorporando, a medida que se le transmiten por diferentes procedimientos (Ausubel, 1978; Novak, 1982; Giordan, 1982; Gil, 1983).

La principal dificultad encontrada en este modelo de enseñanza radica en el hecho de que muchos conceptos no son comprendidos de forma significativa por los alumnos, incluso por aquéllos que obtienen buenas calificaciones (Vilches, 1993). El modelo supone que una explicación clara, ordenada y bien presentada por el profesor debería producir una comprensión significativa por parte del alumno, considerado como un “folio en blanco” donde se pueden escribir los conocimientos ya elaborados. De este modo, el alumno es supuestamente un sujeto pasivo, un simple “receptor” de conocimientos, y si no aprende se debe a que estudia poco, no presta atención o su capacidad no es suficiente.

Los pobres resultados proporcionados por las estrategias de transmisión/recepción de conocimientos llevaron a iniciar numerosas investigaciones en busca de posibles soluciones. De este modo, comienza a investigarse sobre múltiples aspectos de la educación científica: desde el aprendizaje de conceptos, la resolución de problemas o los trabajos prácticos, a la evaluación o las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias... (Viennot, 1976; Driver y Easley, 1978).

Uno de los primeros intentos de renovación de la enseñanza de la ciencia es la llamada “**enseñanza por descubrimiento**”, iniciada con una serie de proyectos en países como Inglaterra y EEUU durante los años sesenta y setenta. Estos proyectos de aprendizaje “por descubrimiento autónomo”, centrados casi exclusivamente en el trabajo experimental, tenían por objetivo prioritario el aprendizaje de la metodología científica y ponían especial énfasis en que los alumnos descubriesen por ellos mismos los conocimientos científicos (Gil, 1994), pasando así a un segundo plano los contenidos conceptuales propiamente dichos (Jennings, 1980; Hodson, 1985). Sin embargo, los resultados obtenidos tras varios años de aplicación no eran lo satisfactorios que cabía esperar (Ausubel, 1978; Krasilchik, 1979; Hodson, 1985). Como ejemplos de proyectos basados en estrategias de aprendizaje por “descubrimiento autónomo” podemos citar Physical Science Study Committee (PSSC), Chemical Education Material Study

(CHEM Study) y Biological Sciences Curriculum Study (BSCS), en los Estados Unidos, y los cursos Nuffield de física, química y biología en Inglaterra.

El modelo de aprendizaje por “descubrimiento autónomo”, basado en lo que Piaget denominó “*el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos*” (Piaget, 1970), ha sido criticado por numerosos autores por su “inductivismo extremo” (Ausubel, 1978; Giordan, 1978; Gil, 1983; Millar y Driver, 1987; Salinas y Cudmani, 1992). Así, por ejemplo, Gil et al. (2005a) se refieren al rechazo “*de un empirismo que concibe los conocimientos como resultado de la inferencia inductiva fruto de observaciones y experimentaciones ‘neutrales’ olvidando el rol esencial de las hipótesis teóricamente fundamentadas como guía de la investigación*” y Gil (1983) señala que es muy probable que una búsqueda a tuestas “*dé como resultado el aprendizaje de un conjunto de adquisiciones dispersas*”.

A estos intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias hay que sumar los que se han venido realizando en otros campos. Una línea de investigación que ha sido fructífera en didáctica de las ciencias es la relacionada con la realización de **trabajos prácticos**. Así, el número de trabajos desarrollados en los últimos años centrados en las **prácticas de laboratorio** ha sido muy notable. Como señalan Furió, Payá y Valdés (2005), la idea de buscar en la realización de abundantes trabajos prácticos la superación de una enseñanza puramente libresco y la solución a la falta de interés por el aprendizaje de las ciencias cuenta con una larga tradición (Lazarowitz y Tamir, 1994; Lunetta, 1998). De hecho constituye una intuición básica de la generalidad de los profesores de ciencias y de los propios alumnos, que contemplan el paso a una enseñanza eminentemente experimental como una especie de “revolución pendiente” (Gil et al., 1991), necesaria para lograr la familiarización de los estudiantes con la naturaleza de la actividad científica. Los resultados de las numerosas investigaciones realizadas sobre los trabajos prácticos han mostrado que, generalmente, las prácticas de laboratorio suelen reducirse a simples “recetas”, en las que se enfatiza casi exclusivamente la realización de mediciones y cálculos, olvidando muchos de los aspectos fundamentales para la construcción de conocimientos científicos, tales como la discusión de la relevancia del trabajo a realizar y el esclarecimiento de la problemática en que se inserta, la participación de los estudiantes en el planteamiento de hipótesis y el diseño de los experimentos, el análisis de los resultados obtenidos, etc. (Furió, Payá y Valdés, 2005).



Estas prácticas de laboratorio suelen estar diseñadas previamente por el profesor, el cual ha elaborado cuidadosamente un guión con el objetivo de la práctica, el material a utilizar, el montaje a realizar y las observaciones y mediciones que el alumno debe llevar a cabo. El principal problema de unas prácticas de laboratorio centradas en la mera observación y verificación de lo explicado en clase es la imagen que de la ciencia y de la actividad científica se transmite. Así, como ya se ha comentado, se eliminan de las prácticas aspectos clave del trabajo científico, transmitiendo una imagen empobrecida y distorsionada de la ciencia y de la actividad científica y convirtiendo, de este modo, al alumno en un “ayudante de laboratorio”. Se contribuye, con esta forma de concebir los trabajos prácticos, a la transmisión de una *visión aproblemática* de la ciencia, ya que no se tienen en cuenta las cuestiones a las que se pretende dar respuesta; a una *visión descontextualizada*, porque se omite la discusión de su posible interés y relevancia; y a una *visión rígida y algorítmica*, ya que se elimina la posibilidad de emitir hipótesis, diseñar experiencias y analizar críticamente los resultados obtenidos. Las prácticas de laboratorio se convierten, de esta manera, en actividades cerradas donde no hay lugar a la creatividad y en las que las relaciones CTSA no son apenas tenidas en cuenta.

La situación es similar en lo que se refiere a la **resolución de problemas de lápiz y papel**. Como se ha mostrado repetidamente, los alumnos no aprenden a resolver problemas, sino que, a lo sumo, memorizan soluciones explicadas por el profesor como simples ejercicios de aplicación: los alumnos se limitan a «reconocer» problemas que ya han sido resueltos o a abandonar. La gravedad de la situación ha convertido desde hace años la investigación sobre resolución de problemas, junto a las prácticas de laboratorio, en una de las prioridades en el campo de la didáctica de las ciencias (Yager y Kahle, 1982). Estas investigaciones muestran hasta qué punto la propia didáctica de la resolución utilizada por el profesorado se aleja de las características del trabajo científico, convirtiendo los problemas -es decir, las situaciones para las que no existe de entrada una solución evidente- en ejercicios que el profesor resuelve de forma lineal, sin dudas ni ensayos sobre lo que se busca o el camino a seguir y, a menudo, sin siquiera contrastación e interpretación de resultados (Gil-Pérez et al., 1990; Martínez Torregrosa y Sifredo, 2005).

Otra línea de investigación que se desarrolló notablemente a partir de mediados de los años setenta es la centrada en la detección de **errores conceptuales** (Viennot, 1976; Driver y Easley, 1978; Osborne y Wittrock, 1983; Carrascosa, 1983 y 1985; Hierrezuelo, 1989). Las investigaciones realizadas en este campo mostraban la existencia de abundantes errores conceptuales relevantes en casi todos los campos de la ciencia (Duit, 2004), caracterizados generalmente por su persistencia, a pesar de los años que los alumnos habían estado estudiando áreas científicas (Viennot, 1976).

Gil et al. (1991) señalan que la abundancia y persistencia de estos errores conceptuales se debe principalmente a dos causas relacionadas entre sí. Por una parte, a la existencia de los “**conocimientos previos**” del alumno que pueden ser fruto de la experiencia cotidiana, del lenguaje o de la propia enseñanza y que están fuertemente arraigados. Por otra parte, **el tipo de enseñanza que se imparte**, generalmente basada en la transmisión/recepción de conocimientos ya elaborados, no favorece el aprendizaje significativo y, por tanto, la modificación de dichas ideas. Es más, diversas investigaciones han mostrado que algunos errores conceptuales se presentaban de forma significativa incluso en profesores (Carrascosa y Gil, 1985) y libros de texto (Solbes, 1986; Carrascosa, 1987).

Empezó así a comprenderse la importancia que tienen las ideas previas de los alumnos, considerándose hoy en día como un factor determinante en el proceso de enseñanza/aprendizaje. La mayoría de investigadores coincide en señalar que estos conceptos previos son elaborados por los alumnos a lo largo de su vida, fruto de la experiencia personal y por “impregnación ambiental” y, como ya se ha comentado, están fuertemente arraigados.

En este punto, conviene señalar que los numerosos trabajos sobre las ideas previas de los estudiantes han mostrado que:

- Existe una cierta similitud entre las preconcepciones de los alumnos en algunos campos y determinadas concepciones históricas que fueron desplazadas por los conocimientos hoy aceptados por la comunidad científica (Piaget, 1970; Champagne et al., 1980 y 1985; DiSessa, 1982; Clement, 1983; McDermott, 1984 y 1993a y b; Saltiel y Viennot, 1985; Furió et al., 1987;

Llorens, 1991; Pozo, 1992; De Berg, 1997; Carrascosa, Gil-Pérez y Valdés, 2005).

- A menudo, las ideas alternativas o preconcepciones pueden ser utilizadas de una manera automática cuando se satisfacen determinadas condiciones que refuerzan aparentemente su validez (Hashweh, 1986).
- Puede apreciarse una cierta asociación entre algunas de estas ideas a un lenguaje habitual poco preciso, que no tiene inconveniente en confundir términos diferentes desde un punto de vista científico (Llorens et al., 1987; Solomon, 1987 y 1988; Llorens, 1991; McDermott, 1993 a y b).
- La construcción de ideas alternativas aparece ligada a aquello que se ha denominado “metodología de la superficialidad” (Gil y Carrascosa, 1985b) o del “sentido común” (Hashweh, 1986), es decir, a una forma de actuar cotidiana que tiende a hacer generalizaciones de una manera acrítica (Izquierdo et al., 1999) y en base a observaciones no controladas.
- La aceptación de algunas preconcepciones puede estar basada en criterios cotidianos como la “naturalidad y proximidad al fenómeno” (Hewson, 1990) o por una intención de “validez local” (Hashweh, 1986; Hewson y Hewson, 1988; Driver et al., 1989).

La resistencia a ser modificadas de algunas preconcepciones hizo que se cuestionaran los métodos de enseñanza habituales y se comenzasen a diseñar otros modelos de enseñanza basados en estrategias de **cambio conceptual** (Posner et al., 1982), fundamentadas en el paralelismo existente entre el desarrollo conceptual de los alumnos y la evolución histórica de los conocimientos científicos. Así, el aprendizaje significativo de las ciencias constituye una actividad racional semejante a la investigación científica, y sus resultados, el cambio conceptual, pueden contemplarse como el equivalente a un cambio de paradigma (Kuhn, 1971). A partir de las ideas de Toulmin (1977) sobre filosofía de la ciencia, Posner et al. (1982) identifican cuatro condiciones para que tenga lugar el cambio conceptual:

1. Es preciso que se produzca insatisfacción con los conceptos existentes.
2. Ha de existir una concepción mínimamente inteligible, que
3. debe llegar a ser plausible, aunque inicialmente contradiga las ideas previas del alumno y
4. ha de ser potencialmente fructífera, dando explicación a las anomalías encontradas y abriendo nuevas áreas de investigación.

Estas concepciones sobre el aprendizaje de las ciencias han conducido en las últimas décadas a diversas estrategias de enseñanza/aprendizaje (Nussbaum y Novick, 1982; Osborne y Wittrock, 1983 y 1985; Driver y Oldham, 1986; Hewson y Hewson, 1988; Hodson, 1988; Pozo, 1989; McDermott, 1993a y b; National Academy of Science, 1995; Gil Pérez y Vilches, 2005a; Rocard et al., 2007) que tienen como objetivo explícito provocar en los alumnos cambios conceptuales, y que según Driver (1986) se caracterizarían por:

- la identificación y clarificación de las ideas que ya poseen los alumnos;
- la puesta en cuestión de las ideas de los estudiantes a través del uso de contraejemplos;
- la introducción de nuevos conceptos, bien mediante "torbellino de ideas" de los alumnos, o por presentación explícita del profesor, o a través de los materiales de instrucción;
- proporcionar oportunidades a los estudiantes para usar las nuevas ideas y hacer así que adquieran confianza en las mismas.

Algunos resultados experimentales (Hewson, 1989; Hewson y Torley, 1989) sugieren que las estrategias de enseñanza basadas en el modelo de cambio conceptual producen la adquisición de conocimientos científicos más eficazmente que la estrategia habitual de transmisión/recepción (Joung, 1993; Wandersee, Mintzes y Novak, 1994). La atención a las ideas previas de los alumnos y la orientación de la enseñanza tendente a hacer posible el cambio conceptual aparecen hoy como adquisiciones relevantes de la didáctica de las ciencias, a la vez teóricamente fundamentadas y apoyadas por evidencia experimental. Pese a ello, algunos autores han constatado que ciertas concepciones alternativas son resistentes a la instrucción, incluso cuando ésta está orientada explícitamente a producir el cambio conceptual (Fredette y Lochhead, 1981; Engel y

Driver, 1986; Shuell, 1987; White y Gunstone, 1989). Se ha señalado además que, en ocasiones, el cambio conceptual conseguido es más aparente que real, como lo muestra el hecho de que al poco tiempo vuelvan a reaparecer las concepciones que se creían superadas (Hewson, 1989).

Como señala Gil (1993), las críticas recibidas por las estrategias de enseñanza basadas en el cambio conceptual se fundamentan principalmente en dos aspectos. Por una parte, dichas estrategias parecen poner exclusivamente el acento en la modificación de las ideas, olvidando de este modo aspectos fundamentales de la actividad científica. Según este autor es necesario una mayor insistencia en que el cambio conceptual comporta un cambio metodológico, por lo que las estrategias de enseñanza han de incluir explícitamente actividades que asocien el cambio conceptual con la práctica de aspectos clave de la metodología científica. Por otra parte –señala Gil– aún es posible hacer otra crítica más fundamental si cabe, a esas estrategias de enseñanza: la secuencia que proponen consiste en sacar a la luz las ideas de los alumnos, favoreciendo su formulación y consolidación, para después crear conflictos que las pongan en cuestión e introducir a continuación las concepciones científicas cuya mayor potencia explicativa va a hacer posible el cambio conceptual. Es cierto que dicha estrategia puede, puntualmente, dar resultados muy positivos al llamar la atención sobre el peso de ciertas ideas de sentido común, asumidas acríticamente como evidencias; pero también es cierto que practicada de forma reiterada, produce una inhibición y un rechazo muy comprensibles. En efecto ¿qué sentido tiene hacer que los alumnos expliciten y afiancen sus ideas para seguidamente cuestionarlas sistemáticamente?, ¿cómo no ver en ello un artificio que aleja la situación de lo que constituye la construcción de conocimientos?

Esa construcción nunca se plantea para cuestionar ideas, para provocar cambios conceptuales, sino como resultado de las investigaciones realizadas *para resolver problemas de interés*; problemas que se abordan, como es lógico, a partir de los conocimientos que se poseen y de nuevas ideas que se construyen a título tentativo. En ese proceso, las concepciones iniciales podrán experimentar cambios e incluso, aunque más raramente, ser cuestionadas radicalmente, pero ese no será nunca el objetivo, sino la resolución de los problemas planteados. Por esta razón la estrategia de enseñanza que parece más coherente con la orientación constructivista es la que plantea el aprendizaje como **tratamiento de situaciones problemáticas de interés** (Furió y Gil, 1978; Driver

y Oldham, 1986; Gil y Martínez-Torregrosa, 1987; Burbules y Linn, 1991; Gené, 1991; Gil et al., 1991; Duschl, 1990 y 1995; Wheatley, 1991; Gil, 1993; Gil y Carrascosa, 1994; Pessoa de Carvalho y Gil, 1995; National Research Council, 1996; Guisasola y De la Iglesia, 1997; Furió y Guisasola, 1998; Jiménez, 1998; Valdés y Valdés, 1999; Gil Pérez et al., 2005b). Se plantea así la necesidad de diseñar estrategias de **cambio metodológico**.

En efecto, el aprendizaje basado en el **tratamiento de situaciones problemáticas de interés** exige que el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias deje de estar basado en la mera transmisión por el profesor y libros de texto de conocimientos ya elaborados para su recepción/asimilación por los estudiantes. Es necesario partir de situaciones problemáticas abiertas, discutiendo su posible interés y relevancia, procediendo a aproximaciones cualitativas y a la construcción de soluciones tentativas, hipotéticas, destinadas a ser puestas a prueba y a integrarse, en su caso, en el cuerpo de conocimientos de que se parte, transformándolo, etc., supone *actuar como científicos*. Y ello, a su vez, exige un ambiente adecuado, en el que el profesor impulse y oriente esta actividad de los estudiantes, que de simples receptores pasan a jugar el papel de *investigadores noveles*, que cuentan con el apoyo del profesor como experto (Gil et al., 1991).

Este modelo de aprendizaje que sitúa a los alumnos como *investigadores noveles*, actuando como científicos, supone una **reorientación de las estrategias educativas** empleada en las aulas. En efecto, como señalan Gil et al. (1991), se trata de organizar nuestras clases como una **investigación orientada**, en dominios perfectamente conocidos por el “director de investigaciones” (profesor) y en la que los resultados parciales, embrionarios, obtenidos por los alumnos, pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión, mediante los obtenidos por la “comunidad científica”. Se trata, por tanto, de colocar a los alumnos en una situación por la que los científicos habitualmente pasan durante su formación, y en la que podrán familiarizarse mínimamente con lo que es el trabajo científico y sus resultados, replicando para ello investigaciones ya realizadas por otros, abordando, en definitiva, problemas conocidos por quienes dirigen su trabajo.

Sin embargo, para que se produzca un aprendizaje significativo no basta con un cambio conceptual y metodológico, es necesario un **cambio actitudinal**. Ya en 1978 Ausubel señalaba que para que el aprendizaje significativo sea posible, deben cumplirse ciertas condiciones. Por una parte, en cuanto a la estructura conceptual que se va a aprender, sería necesario que esté compuesta por elementos organizados en una estructura lógica, de tal manera que las partes no se relacionen de modo arbitrario. Pero no siempre esta condición es suficiente para que el aprendizaje significativo se produzca, sino es necesario que determinadas condiciones estén presentes en el sujeto:

1. **Predisposición:** el alumno debe tener algún motivo por el cual esforzarse. Driver y Bell (1986) indican que los estudiantes son los responsables finales de su propio aprendizaje pues ellos dirigen su propia atención a las tareas propuestas y construyen significados por sí mismos.

2. **Ideas Inclusoras:** es necesario que la estructura cognitiva de los alumnos contenga ideas inclusoras con las que pueda ser relacionado el nuevo material. Como señala Pozo (1992), *“siempre que una persona intenta comprender algo, necesita activar una idea o conocimiento previo que le sirva para organizar esa situación y darle sentido”*.

El cambio actitudinal en los estudiantes significa que los alumnos muestren mayor interés por los procesos de aprendizaje y los medios utilizados en ellos, lo que contribuirá a su socialización y educación. Un cambio actitudinal con relación al aprendizaje de la tecnología implica que los alumnos muestren una disposición activa, crítica hacía la actividad tecnológica y que participen y aprendan a tomar decisiones para hacer de ellos ciudadanos más responsables.

¿Y qué estrategias se pueden utilizar para producir este cambio actitudinal? Numerosas investigaciones han mostrado que el tratamiento de las relaciones CTSA en las clases de ciencias contribuye positivamente al cambio actitudinal de los alumnos. Como ponen de manifiesto los trabajos de Solbes y Vilches en los que investigan las aportaciones de las relaciones CTSA en las clases de física y química, tan sólo se necesita un reducido porcentaje de actividades CTSA, entre un 10 y un 15%, para producir grandes cambios en el alumnado (Solbes y Vilches, 1992 y 1997).

Como ya señalábamos en la fundamentación de la primera hipótesis, la inclusión de las relaciones CTSA en los currículos de ciencias no sólo produce cambios positivos en las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, sino que, además, favorece la adquisición de una imagen de la ciencia y los científicos más acorde con la epistemología actual. A su vez, en la actualidad es cada vez mayor el número de llamamientos insistiendo en que la educación en ciencias y tecnología no solo debe promover el aprendizaje de conceptos científicos y tecnológicos, sino que, también, debe contribuir a la formación en actitudes e intereses favorables hacia la ciencia y la tecnología (Rocard et al., 2007) que desarrollen en el alumno habilidades participativas, argumentativas y propositivas; al igual que promueva el desarrollo de capacidades para resolver problemas de su entorno. Difícilmente puede lograrse este objetivo si en nuestras clases nos centramos en la mera transmisión de conocimientos olvidando la importancia de incluir el tratamiento de las relaciones CTSA.

### **5.2.2. La enseñanza de la tecnología y el modelo de enseñanza aprendizaje de las ciencias como tratamiento de situaciones problemáticas de interés**

Debemos recordar en este punto que, aunque la mayor parte de las investigaciones realizadas en este campo se han centrado, como ya hemos señalado, en materias tradicionalmente científicas como la física y química, existen trabajos que abordan directamente las estrategias de enseñanza/aprendizaje para la educación tecnológica (International Technology Education Association, 2000). Un ejemplo de ello es la tesis doctoral de Ríos (2005) centrada en el estudio de las interacciones CTSA en los ciclos formativos utilizando estrategias constructivistas. Los resultados presentados en dicho trabajo 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 (Ríos, 2005; Ríos y Solbes, 2007).



En cuanto a la educación tecnológica, se han empezado a realizar algunos trabajos que muestran la importancia del tratamiento de las relaciones CTSA para la formación de los alumnos como futuros ciudadanos responsables y preparados para la toma de decisiones fundamentadas. Como muestra de ello, recientemente se presentó en la *Universitat de València* la tesis doctoral de López Alcantud (2007), titulada *La atención a la situación del mundo en el tratamiento de la energía realizado por la educación Tecnológica*, en la que se investigaba la posibilidad de utilizar el estudio de la energía para contribuir a una mejor comprensión de la actual situación de emergencia planetaria, estrechamente vinculada a la obtención y uso de recursos energéticos (Bybee, 1991; Vilches y Gil, 2003), así como para generar actitudes y comportamientos adecuados para hacer frente a los problemas que caracterizan dicha situación.

En dicho trabajo se puso de manifiesto que es posible diseñar una unidad didáctica en torno a los recursos energéticos que incorpore funcionalmente, no de manera incidental, el tratamiento global de la situación de emergencia planetaria, sus causas y medidas necesarias para hacerle frente. Esta unidad se concreta en un programa de actividades diseñado para favorecer una auténtica construcción de conocimientos por los propios estudiantes y cuyos resultados, altamente positivos, muestran que:

- Un cuidadoso seguimiento y análisis cualitativo del trabajo llevado a cabo por los estudiantes al realizar en el aula las actividades propuestas, muestra que la utilización del programa de actividades diseñado, mediante un trabajo en equipos y subsiguientes puestas en común, permite, efectivamente, la construcción de los conocimientos buscados.
- Los alumnos que emplearon la unidad para estudiar el tema de la energía hacen referencias a los aspectos que caracterizan la actual situación del planeta en un porcentaje muy superior a aquéllos que realizaron el estudio del mismo de una manera convencional, mostrando que han llegado a formarse una percepción más correcta de esta problemática, fundamental para la formación ciudadana.

Encontramos, por tanto, junto a las numerosas propuestas de orientación constructivista de enseñanza de las ciencias (Martín y Solbes, 1991; Solbes y Vilches, 2007; Fernández, 2000; Tarín, 2000; Furió y Guisasola, 2001; Pérez, 2003; Domínguez, 2004; Doménech, 2005; Calero, 2007...), nuevas propuestas como las señaladas anteriormente (Ríos,

2005; López Alcantud, 2007) que nos llevan a pensar que la enseñanza de la tecnología puede organizarse asumiendo las estrategias enunciadas de cambio conceptual, metodológico y actitudinal mediante la utilización de un **programa de actividades** para ayudar a los alumnos a adquirir los conocimientos y actitudes deseados.

Las aportaciones de los numerosos trabajos diseñados siguiendo las orientaciones constructivistas y que se concretan en diferentes programas de actividades fundamentan la hipótesis que planteábamos al comienzo de este capítulo, según la cual **es posible transformar las visiones deformadas de los estudiantes mediante la elaboración y puesta a prueba de materiales y estrategias adecuadas que contribuyan a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Se contribuiría de este modo a formar ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.**

En el siguiente apartado comentaremos las características que, según las orientaciones de investigaciones precedentes, deben tener los programas de actividades para lograr un aprendizaje significativo en los alumnos. Dejamos para el siguiente capítulo, dedicado a los diseños utilizados para la puesta a prueba de la segunda hipótesis, la presentación de nuestra propuesta concreta para esta investigación, en la que se expondrán detalladamente los criterios que hemos tenido en cuenta para su elaboración.

### **5.2.3. Los programas de actividades**

La enseñanza de la tecnología a través de una orientación constructivista que implique el cambio conceptual, metodológico y actitudinal, supone realizar un programa de actividades con los contenidos del curso en las que se incluyan, entre otras, las de tratamiento de las interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (CTSA). Esas actividades consisten en una serie de tareas presentadas como situaciones problemáticas de interés que siguen un eje vertebrador que da coherencia y unidad al conjunto (Gil, 1993), siempre con el “acompañamiento” y dirección del profesor.

Mediante la realización de las actividades se intenta favorecer la construcción y afianzamiento de conocimientos por parte de los alumnos, al tiempo que se familiarizan

con las características básicas del trabajo de los tecnólogos y adquieren un interés crítico por la tecnología y sus repercusiones. Para ello, la organización de la clase se realiza en pequeños grupos de alumnos, lo que posibilita que dispongan de oportunidades para dialogar entre ellos sobre los problemas planteados, cosa que, como reiteradamente se ha señalado en la investigación educativa, favorecerá el aprendizaje (Colombo et al., 1991; Piburn y Baker, 1993; Roth, 1994 y 1997; Kempa y Ayob, 1995; Alexopoulou y Driver, 1996; Duschl y Hamilton, 1998; Tobin, 1998; Izquierdo et al., 1999; Swain et al., 1999). De esta manera se consigue una forma de trabajo flexible y estructurada en la cual, después de la realización de cada actividad por los diferentes grupos, se realiza una puesta en común que permite confrontar entre si y con el profesor las producciones realizadas por los diferentes grupos de alumnos. En la puesta en común de cada actividad el profesor tiene ocasión de proporcionar la retroalimentación adecuada y de reformular y sintetizar las diferentes aportaciones, de remitir al hilo conductor del tema y de orientar la actividad siguiente (Gil et al., 1991; Doménech, 2000; Gil-Pérez et al., 2005b).

Esta forma de plantear el aprendizaje debe contemplarse, por tanto, como una actividad abierta y creativa, debidamente orientada por el profesor, que se inspira en el trabajo de científicos y tecnólogos. Autores como Gil (1993) o Valdés et al. (1999) han señalado que estas estrategias deberían incluir toda una serie de aspectos que enumeramos a continuación (Gil-Pérez y Vilches, 2004):

- 1) *La discusión del posible interés y relevancia de las situaciones* propuestas que dé sentido a su estudio y evite que los alumnos se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido siquiera formarse una primera idea motivadora o contemplado la necesaria *toma de decisiones*, por parte de científicos y tecnólogos, acerca de la conveniencia o no de dicho trabajo (teniendo en cuenta su posible contribución a la comprensión y *transformación* del mundo, sus repercusiones sociales y medioambientales, etc.).
- 2) *El estudio cualitativo, significativo, de las situaciones problemáticas* abordadas, que ayude a comprender y acotar dichas situaciones a la luz de los conocimientos disponibles, de los objetivos perseguidos... y a formular

preguntas operativas sobre lo que se busca (oportunidad para que los estudiantes comiencen a explicitar *funcionalmente* sus concepciones).

3) *La invención de conceptos y emisión de hipótesis* fundamentadas, susceptibles de focalizar y orientar el tratamiento de las situaciones, al tiempo que permiten a los estudiantes utilizar sus 'concepciones alternativas' para hacer predicciones susceptibles de ser sometidas a prueba.

4) *La elaboración y puesta en práctica de estrategias de resolución*. Este aspecto incluiría el diseño y realización de montajes experimentales para someter a prueba las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone, lo que exige un trabajo de naturaleza tecnológica para la resolución de los problemas prácticos que suelen plantearse.

5) *El análisis y comunicación de los resultados*, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de estudiantes y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en oportunidad de *conflicto cognoscitivo* entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis) y favorecer la 'autorregulación' de los estudiantes, obligando a concebir nuevas conjeturas, o nuevas soluciones técnicas, y a replantear la investigación. Es preciso detenerse aquí en la importancia de la comunicación como substrato de la dimensión colectiva del trabajo científico y tecnológico. Esto supone que los estudiantes se familiaricen con la lectura y *confección* de memorias científicas y trabajos de divulgación.

6) *Las recapitulaciones y consideración de posibles perspectivas*: conexión de los conocimientos construidos con otros ya conocidos, elaboración y perfeccionamiento de los productos tecnológicos que se buscaban o que son concebidos como resultado de las investigaciones realizadas, planteamiento de nuevos problemas... Todo ello se convierte en oportunidad de manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones, contribuyendo a su profundización y resaltando en particular las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente que enmarcan el desarrollo científico, con atención a las repercusiones de toda índole de los conocimientos científicos y tecnológicos, propiciando, a este respecto, la toma de decisiones.

En este punto, creemos preciso llamar la atención sobre algunos aspectos relativos a las orientaciones que se acaban de exponer:

Por una parte, como ya han señalado diversos autores (Gil-Pérez y Vilches, 2004; Gil-Pérez et al., 2005b), es conveniente remarcar que *las orientaciones precedentes no constituyen un algoritmo* que pretenda guiar paso a paso la actividad de los alumnos, sino indicaciones genéricas que llaman la atención sobre aspectos esenciales en la construcción de conocimientos científicos que, a menudo, no son suficientemente tenidos en cuenta en la educación científica. Nos referimos tanto a los aspectos metodológicos como a los axiológicos: relaciones CTSA, toma de decisiones, comunicación de los resultados... El aprendizaje de las ciencias es concebido, así, no como un simple cambio conceptual, sino como un cambio a la vez conceptual, metodológico y axiológico que convierte el aprendizaje en un proceso de *investigación orientada* que permite a los alumnos participar en la (re)construcción de los conocimientos científicos, lo que favorece un aprendizaje más eficiente y significativo.

Por otra parte, estas orientaciones son fruto de un largo proceso de investigación desde diferentes campos de la didáctica de las ciencias. Por este motivo pensamos que podemos hacer uso de ellas para la elaboración de una propuesta alternativa de aprendizaje para áreas como la tecnología, adaptándolas a las necesidades de la asignatura.

Hay otra razón que apoya coherentemente la utilización de un programa de actividades para la enseñanza de la tecnología, utilizando las orientaciones constructivistas y muy concretamente para hacer posible la superación de visiones distorsionadas y empobrecidas acerca de su naturaleza, de acuerdo con la hipótesis que pretendemos someter a prueba. Como acabamos de ver, estas orientaciones pretenden llamar la atención sobre aspectos de la actividad científica que no suelen ser tenidos en cuenta, como las relaciones CTSA o la necesidad de la toma de decisiones. Existe, por tanto, cierto paralelismo entre la educación científica y la tecnológica tal y como hemos podido comprobar en los resultados de la primera hipótesis, en los que se constataba que la enseñanza habitual de la tecnología transmite una imagen distorsionada y empobrecida de ésta, como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).

En síntesis, pensamos que la enseñanza de la tecnología puede organizarse asumiendo las orientaciones enunciadas de cambio conceptual, metodológico y actitudinal mediante un **programa de actividades** diseñado en particular para ayudar a los alumnos a la adquisición de **una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, contribuyendo de este modo a formar ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.**

Dedicaremos el siguiente capítulo a presentar los diseños para la puesta a prueba de la segunda hipótesis, mostrando los aspectos fundamentales en los que hemos basado nuestra propuesta concreta de programa de actividades como propuesta alternativa para la profundización del estudio de la naturaleza de la actividad tecnológica y el tratamiento de las relaciones CTSA en la enseñanza de la Tecnología.

### **Referencias bibliográficas en el capítulo 5**

ALEXOPOULOU, E. y DRIVER, R. (1996). Small-group discussion in physics: peer interaction modes in pairs and fours. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (10), 1099-1114.

AUSUBEL, D.P. (1978). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Mexico: Trillas.

BURBULES, N. y LINN, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.

BYBEE, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.

CARRASCOSA, J. (1983). Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: selección bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), pp. 63-65.

CARRASCOSA, J. (1985). Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: selección bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3), 230-234.

CARRASCOSA, J. (1987). Tratamiento didáctico en la enseñanza de las ciencias de los errores conceptuales. *Tesis doctoral*. Universitat de València.

CARRASCOSA, J., GIL PÉREZ, D. y VALDÉS, P. (2005). *¿Cómo hacer posible el aprendizaje significativo de conceptos y teorías?* En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO.

CHAMPAGNE, A., GUNSTONE, R. Y KLOPFER, L.E. (1985). *Effecting changes in cognitive structures among physics students*. En West L.H.T. and Pines A.L. (eds), *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando: Academic Press.

CHAMPAGNE, A., KLOPFER, L.E. y ANDERSON, J. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics, *American Journal of Physics*, 48, 1074-1079.

CLEMENT, J. (1983). *A conceptual model discussed by Galileo and intuitively used by physics students*. En Genter D. And Stevens A.L. (Eds), *Mental Models*. New York: Erlbaum, Hillsdale.

COLOMBO, L., SALINAS, J. y PESA, M. (1991). La generación autónoma de “conflictos cognoscitivos” para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 237-242.

DE BERG, K.C. (1997). The development of the concept of work: a case where history can inform pedagogy. *Science & Education*, 6, 511-527.

DI SESSA, A.A. (1982). Unlearning aristotelian physics: a study of knowledge-based in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

DOMÉNECH, J.L. (2000). L'ensenyament de l'energia en l'educació secundària. Anàlisi de les dificultats i una proposta de millora. *Tesis Doctoral*. Universitat de València.

DOMÍNGUEZ, M. C. (2004). Dificultats en la comprensió dels conceptes de substància química, substància simple i compost. Proposta de millora basada en estratègies d'ensenyament-aprenentatge per investigació orientada. *Tesis Doctoral*. Universitat de València.

DRIVER, R. y EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*. 10, 37-70.

DRIVER, R. y OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

DRIVER, R., GÜESNE, E. y TIBERGUIEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Morata.

DUIT, R. (2004). Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education (STCSE), IPN Kiel, disponible en: [www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html](http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html).

DUSCHL, R. (1990). *Restructuring science education: The role of theories and their importance*. New York: Teacher College Press, Columbia University.

DUSCHL, R. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.

DUSCHL, R. A. y HAMILTON, R. (1998). *Conceptual change in science and in the learning of science*. En B. J. Fraser y K. G. Tobin (eds), 1998. *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.

ENGEL, E. y DRIVER, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70 (4), 473- 496.

FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, J. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.

FERREIRA GAUCHÍA, C., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2006). Imagen de la tecnología transmitida por los textos de educación tecnológica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 20, 23-46.

- FRASER, B. y TOBIN, K. G. (Eds) (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- FREDETTE, N. y LOCHHEAD, J. (1981). Students conceptions of electric current. *The Physics Teacher*, 18, 194-198.
- FURIÓ, C. y GIL, D. (1978). *El programa-guía: una propuesta para la renovación de la Didáctica de la Física y la Química en el Bachillerato*. ICE. Universitat de València.
- FURIÓ C. y GUIASOLA J. (1998). Construcción del concepto de potencial eléctrico mediante el aprendizaje por investigación. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11(1), 25-37.
- FURIÓ, C. y GUIASOLA, J. (2001). La enseñanza del concepto de *campo eléctrico* basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias*. 19(2). 319-334.
- FURIÓ, C., HERNÁNDEZ, J. y HARRIS, H. (1987). Parallels between adolescents' conception of gasses and the History of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64 (7), 617-618.
- FURIÓ, C., PAYÁ, J. y VALDÉS, P. (2005). *¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica?* En GIL-PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. Y VILCHES, A. (Eds.) (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. (476 páginas). Accesible también en <http://www.oei.es/decada/libro.htm>. ISBN 956-8302-27-9.
- GABEL, D. L. (Ed) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* New York: MacMillan Pub Co.
- GENÉ A. (1991). Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las Ciencias*. 9(1), 22-27.
- GIL, D. (1983) Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- GIL, D. (1993). *Enseñanza de las Ciencias*. En GIL, D. y DE GUZMÁN, M. (1993). *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e Innovaciones*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Madrid: Editorial Popular.
- GIL, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985). La metodología de la superficialitat i l'aprenentatge de les ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 113-119.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1994). 'Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching'. *Science Education*, 78(3), 301-315.
- GIL, D., CARRASCOSA, J. FURIÓ, C. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/Universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori.
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.
- GIL-PÉREZ, D., DUMAS-CARRÉ, A., CAILLOT, M. y MARTINEZ TORREGROSA, J. (1990). Paper and pencil problem solving in the physical sciences as an activity of research. *Studies in Science Education*, 18, 137-151.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ C., GALLEGO, R., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTINEZ TORREGROSA, J., PESSOA DE CARVALHO A.,



- SALINAS, J., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512.
- GIL-PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. Y VILCHES, A. (Eds.) (2005b). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Santiago: OREALC/UNESCO. (476 páginas). Accesible también en <http://www.oei.es/decada/libro.htm>. ISBN 956-8302-27-9.
- GIL- PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16 (3), 259-272.
- GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005a). Contribution of Science and technological Education to Citizens' Culture. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 5(2), 253-263.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science, *Science & Education*, 14, 309-320.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. & FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2008). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education, <http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>).
- GIORDAN, A. (1982). *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Pablo del Río.
- GUISASOLA J. y DE LA IGLESIA R. (1997). 'Erein Projectua': Proyecto de Ciencias para la ESO basado en el planteamiento de situaciones problemáticas, *Alambique*, 13, 83-93.
- HASHWEH, M.Z. (1986). Towards an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8 (3), 229-249.
- HEWSON, P.W. (1990). La enseñanza de "Fuerza y Movimiento" como cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 25-35.
- HEWSON, P. W. y HEWSON, M. G. (1988). An appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning. *Science Education*, 75 (5), 597-614.
- HIERREZUELO, J.A. (1989). *La ciencia de los alumnos: su utilización en la Didáctica de la Física y Química*. Barcelona: Laia MEC.
- HODSON, D. (1985). Philosophy of Science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION (2000). *Standards for Technological Literacy: Content for Study of Technology*. Virginia: Reston.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍN, y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales, *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-90.
- JIMÉNEZ MP. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento en el lenguaje de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 203-216.
- JOUNG, W. (1993). Uses of cognitive science to science education, *Science & Education*, 2(1), 31-36.
- KEMPA, R. F. y AYOB, A. (1995). Learning from group work in science. *International Journal of Science Education*, 17(6), 743-754.
- KRASILCHIK, M. (1979). Biology teaching in Brazil: a case of curricular transformation. *Journal of Biological Education*, 13(4), 311-314.

LAZAROWITZ, R. y TAMIR, P. (1994). *Research on using laboratory instruction in science*. En Gabel, D. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: McMillan Pub Co.

LLORENS, J. A. (1991). *Comenzando a aprender Química*. Madrid: Visor.

LLORENS, J. A., LLOPIS, R. y De JAIME, M<sup>a</sup> C. (1987). El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la Química en la Enseñanza Media. Una propuesta metodológica para su análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 33-44.

LÓPEZ ALCANTUD, J. (2007). La atención a la situación del mundo en el tratamiento de la energía realizado por la educación Tecnológica. *Tesis doctoral*. Universitat de València.

LÓPEZ ALCANTUD, J., GIL PÉREZ, D., VILCHES, A. y GONZÁLEZ, E. (2004). El estudio de la energía en la educación tecnológica: una ocasión privilegiada para analizar la situación del mundo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 18, 81-104.

LUNETTA, V. (1998). *The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching*. En Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.), *International Handbook of Science Education*, London: Kluwer Academic Publishers.

MARTÍN, J. y SOLBES, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en Física. *Enseñanza de las ciencias*, 19(3), 393-402.

MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y SIFREDO, C. (2005). ¿Cómo convertir los problemas de lápiz y papel en auténticos desafíos de interés? En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO.

McDERMOTT, L.C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*. July, 24-34.

McDERMOTT, L.C. (1993a). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Primera parte). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6 (1), 19-32.

McDERMOTT, L.C. (1993b). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Segunda parte). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6 (2), 19-28.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1995). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

NOVAK, J. D. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza.

OSBORNE, R. y WITTROCK, M. (1983). Learning Science: a generative process. *Science Education*, 67, 490-508.

PERALES, F.J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.

PÉREZ, H. (2003). La teoría de la relatividad y su didáctica en el bachillerato: análisis de dificultades y una propuesta de tratamiento. *Tesis Doctoral*. Universitat de València.

PESSOA DE CARVALHO A. y GIL-PÉREZ, D. (1995). *Formação de professores de ciências. Tendências e inovações*. São Paulo: Cortez Editora.

PIAGET, J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: A. Redondo.

PIBURN, M. D. y BAKER, D. R. (1993). If I were the teacher... Qualitative study of attitude toward science. *Science Education*, 77 (4), 393-406.

- POZO, J.I. (1992). *El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos*. En Coll (eds), *Los contenidos de la Reforma (Enseñanza de conceptos, procedimientos y actitudes)*. Madrid: Santillana.
- RÍOS, E. (2005). *Las interacciones ciencia, tecnología y Sociedad en los ciclos formativos de Sistemas Eléctricos*. Tesis Doctoral. Servei de Publicacions. Universitat de València.
- RÍOS, E. y SOLBES, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6,1.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALWERG-HENRIKSSON, H. y HEMMO, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission. Community Research. (En línea : [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)).
- ROTH, W. M. (1994). Student views of collaborative concept mapping: an emancipatory research project. *Science Education*, 78 (1), 1-34.
- ROTH, W. M. (1997). Instructional structures during a grade 4-5. Open-design engineering unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (3), 273-302.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144.
- SHUELL, T.J. (1987). Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science. *Science Education*, 71 (2), 239-250.
- SOLBES, J. (1986). Introducción a los conceptos básicos de Física Moderna. Tesis doctoral. Universitat de València.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones CTS. *Enseñanza de las Ciencias*. 10 (2), 181-186.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry, *Science Education*, 81, 377-386.
- SOLOMON, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- SOLOMON, J. (1988). Una perspectiva social de los esquemas conceptuales. *Investigación en la escuela*, 5, 17-20.
- SWAIN, J., MONK, M. y JOHNSON, S. (1999). A quantitative study of the differences in ideas generated by three different opportunities for classroom talk. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 389-399.
- TARÍN, F. (2000). El principio de conservación de la energía y sus implicaciones didácticas. Tesis doctoral. Universitat de València.
- TIBERGHIE, A., JOSSEM, E. y BAROJAS, J. (1998). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. (I.C.P.E Book. International Commission on Physics Education).
- TOBIN, K. (1998). *Issues and trends in the teaching of science*. En Fraser, B.J. y Tobin, K.G. (eds), 1998 *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- VALDÉS R. y VALDÉS P. (1999). *Tres ideas básicas de la didáctica de las ciencias*. En: Valdés P., Sifredo C., Núñez J. y Valdés R., *Enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas*. La Habana: Academia.

VALDÉS P., SIFREDO, C., NUÑEZ J. y VALDÉS R. (1999). *Enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas*. La Habana: Academia.

VIENNOT, L. (1976). *Le Raisonnement Spontané en Dynamique élémentaire*. Thèse d'Etat. Université Paris 7. Herman, Paris.

VILCHES, A. (1993). Las interacciones Ciencia, Técnica, Sociedad y la enseñanza de las ciencias fisico-químicas. *Tesis Doctoral*. Universitat de València.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

WANDERSEE, J.H., MINTZES, J.J. y NOVAK, J.D. (1994). *Research on alternative conceptions in science*. En Gabel D.L (ed), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.

WHEATLEY, G.H. (1991). Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning, *Science Education*, 75(1), 9-21.

WHITE, T.R. y GUNSTONE, F.R. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal Science Education*, 11, 577-586.

## **6. DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA LA PUESTA A PRUEBA DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS**

En el capítulo anterior hemos tratado de sintetizar algunas de las investigaciones que se han venido realizando en los últimos años en el campo de la didáctica de las ciencias y que confluyen en una orientación constructivista de enseñanza/aprendizaje de las ciencias.

Estas investigaciones, como hemos visto, han llevado a la elaboración de numerosos programas de actividades diseñados, en cada caso, como propuestas alternativas a la enseñanza habitual de las áreas científicas. A su vez, hemos señalado la existencia de trabajos similares en el área de la educación tecnológica (International Technology Education Association, 2000). También hemos descrito brevemente los aspectos que, según los expertos, es fundamental contemplar en la elaboración de dichos programas, sin que ello constituya una receta (Gil-Pérez et al., 2005b).

La realización de un programa de actividades es una tarea compleja, ya que no se limita únicamente al diseño de unas cuantas actividades que los alumnos deben realizar en el aula. Si no se elabora cuidadosamente, teniendo en cuenta las orientaciones dadas por los expertos, se puede llegar a confeccionar una colección de simples ejercicios, como los de los textos habituales que, como hemos visto, olvidan aspectos fundamentales de la actividad tecnológica y no favorecen la construcción de conocimientos.

Tal y como señalan Martínez Torregrosa, Sifredo y Verdú (2005), las secuencias de actividades elaboradas para despertar el interés y favorecer el aprendizaje significativo de los estudiantes deben ser consideradas como hipótesis de trabajo que han de ser sometidas a su puesta en práctica reiterada en las aulas, lo que indudablemente conducirá a revisiones e, incluso, a profundas reestructuraciones. La elaboración de los

temas y cursos como problemas, desde las preguntas estructurantes hasta la secuencia de actividades, es una de las tareas más retadoras, y por tanto más apasionantes, con las que un equipo de profesores puede enfrentarse.

Por ello, para diseñar un programa de actividades es imprescindible tener claramente definido el objetivo que se desea conseguir, cómo se va a elaborar, cómo se va a llevar a la práctica y cómo evaluar si es útil para alcanzar el objetivo para el cual ha sido diseñado.

En este capítulo presentaremos la propuesta didáctica que hemos elaborado para la puesta a prueba y contrastación de nuestra segunda hipótesis, que se concreta en un **programa de actividades** que llevaremos al aula como **investigación orientada**. Incluiremos junto a las actividades presentadas los comentarios pertinentes para dejar claro el objetivo perseguido y las respuestas que esperamos obtener con cada una de ellas. Previamente señalaremos algunos aspectos fundamentales que hemos tenido en cuenta para su elaboración y posterior puesta en práctica. Para finalizar, presentaremos los instrumentos que se han elaborado para evaluar el programa de actividades.

### **6.1. OBJETIVO DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

El objetivo principal de nuestro programa de actividades es transformar las visiones deformadas de los estudiantes y contribuir a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. También pretendemos, de este modo, contribuir a formar ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible. Para ello, a la hora de elaborar las actividades hemos tenido en cuenta los siguientes aspectos que, según los expertos, son fundamentales para una correcta comprensión de la naturaleza de la actividad tecnológica y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente:

#### **1. La tecnología es una actividad abierta y creativa que no se reduce, como suele sostenerse, a una mera “aplicación de la ciencia” ya que:**

- Ha habido desarrollos técnicos fundamentales para la evolución de las sociedades humanas mucho antes de la existencia de la ciencia en el sentido moderno del

término. Por tanto no se puede concebir la tecnología simplemente como “ciencia aplicada”.

- La construcción del conocimiento precisa de la tecnología. Es decir, no hay avance científico sin apoyo de la tecnología.
- La ciencia moderna ha contribuido a un notable desarrollo de los avances tecnológicos.
- La tecnología y la ciencia han llegado a imbricarse de tal forma que hoy es prácticamente imposible tratarlas separadamente y, por tanto, es necesario hablar de tecnociencia.

**2. Es preciso igualmente profundizar en las relaciones ciencia-sociedad, superando las concepciones simplistas acerca de las mismas:**

- La actividad tecnológica ha sido históricamente, y continúa siendo en la actualidad, un factor que repercute tanto positiva como negativamente sobre las formas de organización social y sobre las condiciones de vida de las personas.
- Es preciso también contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico: cuáles son los intereses que impulsan o limitan dicho desarrollo, la orientación que las sociedades le imprimen, etc., como han puesto de manifiesto diferentes investigaciones.
- La tecnología no es la causante exclusiva, ni siquiera principal, de los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad.
- La tecnología no puede resolver, por sí sola, los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad.
- La necesidad de tener en cuenta el principio de precaución o cautela antes de generalizar el uso de una determinada tecnología.

Estos aspectos no sólo son fundamentales para una correcta comprensión de la actividad tecnológica y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, sino que constituyen una dimensión necesaria para la formación de los alumnos como futuros ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones fundamentadas y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible (Gil-Pérez, Vilches y Ferreira Gauchía, 2008). En efecto, como ya hemos comentado en otras ocasiones en



este trabajo, numerosos autores e instituciones han señalado que, para conseguir este objetivo es necesario prestar atención en nuestras clases a la situación actual del mundo.

Sin embargo, las acciones educativas no deben quedarse en el análisis descriptivo de la problemática actual ya que, como señalan Gil-Pérez et al. (2000), no se trata de caer en el deprimente e ineficaz discurso centrado en la gravedad de los problemas. De hecho, varios estudios han mostrado que los grupos de alumnos donde se había dado más información sobre los riesgos ambientales y los problemas del planeta resultaban ser aquéllos en que los estudiantes se sentían más desconfiados, sin esperanza, incapaces de pensar posibles acciones para el futuro (Mayer, 1998). En el mismo sentido, Hicks y Holden (1995) afirman que estudiar exclusivamente los problemas provoca, en el mejor de los casos, indignación, y en el peor desesperanza. Proponen por ello que se impulse a los estudiantes a explorar futuros alternativos y a participar en acciones que favorezcan dichas alternativas (Tilbury, 1995; Mayer, 1998). Por tanto, a la hora de confeccionar el programa de actividades, tendremos presente estas propuestas y, junto a actividades que favorezcan el diálogo acerca de los problemas más graves a los que hoy en día debe hacer frente la humanidad, elaboraremos otras que planteen la discusión de posibles medidas para su solución. Se trata, en definitiva, de estimular en los alumnos una actitud crítica y responsable frente a las consecuencias del desarrollo tecnológico que favorezca su capacitación para implicarse en la toma de decisiones fundamentadas.

Teniendo en cuenta las ideas expuestas, confeccionaremos un programa de actividades cuyo objetivo es que los alumnos adquieran una imagen de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia y la sociedad más adecuada, formándose a su vez como futuros ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones fundamentadas y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.

Ahora que tenemos más claramente definido el objetivo y los aspectos que debemos incluir en nuestro programa de actividades para poder alcanzar dicho objetivo, comentaremos cómo se ha llevado a cabo su realización y su puesta en práctica en el aula.

## **6.2. CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

La metodología utilizada habitualmente por los profesores de tecnología es, en general, muy diferente a la empleada en las clases de ciencias. Ya comentamos en el capítulo anterior que numerosas investigaciones señalan que la enseñanza de las ciencias ha sido, y continúa siendo, generalmente teórica, libresco, basada en la transmisión/recepción de conocimientos elaborados. Por el contrario, la enseñanza de la tecnología está basada generalmente en el trabajo en pequeños grupos para el análisis de objetos y la elaboración de proyectos tecnológicos. Esta forma de trabajo se ve reforzada en el currículo oficial de la LOGSE, en el cual se dan algunas orientaciones metodológicas para el desarrollo de la asignatura:

El aprendizaje de las estrategias que permiten trabajar el método de resolución de problemas técnicos debe plantearse gradualmente, mediante la realización de proyectos y análisis de objetos de dificultad y complejidad crecientes, que se irá concretando a lo largo de la etapa en una progresión en la formalización del proceso, diferenciando las distintas fases y profundizando en las distintas tareas que esta actividad genera (LOGSE. Introducción al área de Tecnología, 2002).

En este punto debemos referirnos, tal y como hicimos en el capítulo anterior, a las orientaciones de los nuevos currículos de la LOE, las cuales apenas difieren de las que se dan en la LOGSE en cuanto a la metodología recomendada para el área de tecnología:

El valor educativo de esta materia está, así, asociado tanto a los componentes que integran ese referente disciplinar como al propio modo de llevar a cabo esa integración. El principal de estos componentes y que constituye el eje vertebrador del resto de contenidos de la materia, es el proceso de resolución de problemas tecnológicos. Se trata del desarrollo de habilidades y métodos que permiten avanzar desde la identificación y formulación de un problema técnico hasta su solución constructiva, y todo ello a través de un proceso planificado y que busque la optimización de los recursos y de las soluciones. La puesta en práctica de este proceso tecnológico exige a su vez un componente científico y técnico. Tanto para

conocer y utilizar mejor los objetos tecnológicos como para intervenir en ellos es necesario poner en juego un conjunto de conocimientos sobre el funcionamiento de determinados fenómenos y sobre los elementos principales que constituyen las máquinas. Pero también se adquieren conocimientos a partir del análisis, diseño, manipulación y construcción de objetos técnicos (LOE. BOE 5 de Enero de 2007, página 766).

Esta forma de trabajo, conocida como “método de proyectos”, parte de la base de que existe una situación susceptible de ser mejorada tecnológicamente, o que existe un problema tecnológico a resolver, cuya solución requiere la realización de un trabajo que, tal y como señala Soler (2004), estaría compuesto por una serie de etapas, aunque siempre teniendo presente que se trata de un proceso flexible. Soler (2004) propone, como ejemplo más sencillo, un proceso que seguiría los siguientes pasos:

1. *Análisis de la situación y definición del problema.* Etapa en la que se delimita el enunciado del problema, hasta llegar a explicitar exactamente el que queremos resolver.
3. *Discusión de las posibles soluciones.* Tras investigar se plantean soluciones y se van criticando una a una, teniendo presente todo tipo de factores que puedan influir en su ejecución.
4. *Planificación.* Una vez elegida una solución como óptima, se detalla y resuelve cualquier dificultad de producción. Se planifica el proceso de producción, se prevén los materiales...
5. *Ejecución.* Consiste en la fabricación de un prototipo, que permita a los alumnos desarrollar sus habilidades procedimentales.
6. *Evaluación.* Una vez finalizado el prototipo, se vuelve a revisar la definición del problema y se evalúan los resultados. Es también el momento de presupuestar...
7. *Creación de nuevas situaciones.* Cada proceso en sí es un foco de creación de nuevas situaciones susceptibles de mejora tecnológica, con el que podríamos volver a empezar otra vez el método.

A diferencia de otras materias donde se suelen presentar enunciados de problemas ya confeccionados y completamente delimitados, la metodología comúnmente utilizada en

la asignatura de Tecnología suele presentar situaciones problemáticas abiertas, en las que el alumno debe indagar para buscar posibles soluciones y, de entre ellas, elegir la solución óptima que mejor se ajuste al problema planteado. Se podría decir, por tanto, que la enseñanza habitual de la tecnología se encuentra metodológicamente en contraposición a la enseñanza habitual de las ciencias, ya que suele plantearse como una asignatura eminentemente “práctica”.

Esta forma de trabajo, pensamos, brinda una excelente ocasión para abordar las cuestiones planteadas en esta investigación. Así, a la hora de estudiar las posibles soluciones para la resolución del problema con el fin de llegar a la solución óptima, se puede enfatizar la importancia de tener presente los factores sociales y medioambientales. Del mismo modo, creemos que la etapa previa de investigación es una buena ocasión para profundizar en las relaciones ciencia-tecnología.

Así, cada tema del currículo es una oportunidad para profundizar en los aspectos objeto de esta investigación y, en nuestra opinión, la mejor forma de abordarlos sería integrarlos a lo largo del curso. Buena prueba de ello es, por ejemplo, la tesis doctoral de López Alcantud (2007), recientemente presentada y que ya comentábamos en el capítulo anterior, en la que se ha elaborado un amplio programa de actividades que ha puesto de manifiesto la posibilidad de introducir funcionalmente el estudio de la situación del mundo a partir de los temas dedicados a la energía en la educación tecnológica y que ésta es una ocasión privilegiada para que los alumnos adquieran una mejor percepción y un mayor conocimiento de la actual situación de emergencia planetaria, junto con sus causas, consecuencias y posibles soluciones.

Sin embargo, como hemos podido comprobar al analizar los textos de secundaria, normalmente las relaciones CTSA aparecen, a lo sumo, relegadas en apartados al final de cada tema o incluso como un tema, generalmente al final del libro de texto, por lo que suele pasarse por alto su estudio. También las opiniones de los profesores, recogidas en las entrevistas realizadas, y cuyos resultados hemos mostrado en el capítulo 4, ponían de manifiesto la escasa atención a las relaciones CTSA en las clases de Tecnología. En este sentido, cabe recordar que en la primera parte de esta investigación, una de las preguntas que planteábamos a los profesores entrevistados sugería una determinada metodología de trabajo que básicamente consistía en: *explicar*

*el fundamento científico de la tecnología* propuesta, para posteriormente *describir en qué consiste dicha tecnología*, favoreciendo, si posible, su *puesta en práctica por los estudiantes* o, si ello no es posible, una aproximación a dicha puesta en práctica (mediante visitas, videos...), finalizando el proceso en el *estudio de sus posibles aplicaciones*. Salvo algunas pequeñas matizaciones, todos los profesores entrevistados se mostraban de acuerdo con esta forma de trabajo y no se referían a la importancia de las relaciones CTSA.

Ante esta situación, nos hemos planteado que **bastará un tratamiento de las relaciones CTSA con cierta profundidad para transformar las concepciones de los estudiantes**, siempre y cuando se den las condiciones adecuadas para ello.

Por ello, se ha pensado en la **elaboración de una unidad didáctica** centrada en el estudio de la naturaleza de la actividad tecnológica y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Con ese fin, se ha diseñado un programa de actividades pensado para favorecer la implicación de los alumnos en la discusión y debate en torno a cuestiones actuales y de interés en las que puedan expresar su opinión.

El programa de actividades **se pondrá en práctica en 3º de E.S.O.** ya que es el curso en el que la totalidad de los alumnos cursan por última vez de manera obligatoria la materia de Tecnología (en 4º de E.S.O. ya es una materia opcional). Además, creemos que el grado de madurez de los alumnos permitirá un debate con un mayor nivel de profundización que en cursos inferiores.

Como pretendemos trabajar en pequeños grupos, en la redacción de las actividades conviene utilizar el plural, puesto que nos dirigimos a los grupos de trabajo y no a individuos aislados. Hay que procurar dejar claro que no estamos pidiendo que contesten a cosas que deben saber, sino que pedimos su reflexión, sus conjeturas..., por lo que en la redacción de las actividades utilizaremos expresiones como “qué pensáis”, “según vuestra opinión”, “cómo creéis”... Es preciso además evitar las preguntas muy puntuales, demasiado concretas, que limiten la respuesta de los alumnos. Intentaremos, por tanto, plantear preguntas abiertas, que den pie a la discusión y al debate en torno a cuestiones de interés.

Para finalizar, y antes de pasar a comentar cómo se va a llevar a la práctica el programa de actividades, señalar que hemos elaborado algunas actividades de recapitulación, que se pueden realizar individualmente o en grupos al finalizar el programa, con objeto de afianzar las cuestiones trabajadas en el aula.

### **6.3. PUESTA EN PRÁCTICA DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

El programa de actividades se ha pensado, como ya hemos señalado, para su puesta en práctica con alumnos de 3º de E.S.O. Para ello, dividiremos la clase en grupos de 4 ó 5 alumnos, que mantendremos hasta finalizar nuestro trabajo. Los grupos se constituirán de manera aleatoria el primer día de trabajo y pediremos que, para cada actividad realizada, un miembro del grupo actúe como portavoz.

Lo primero que haremos es comentar con los alumnos el trabajo que vamos a realizar y cómo lo vamos a llevar a cabo. Aclaremos que no les vamos a pedir que contesten a cosas “que deben saber”, sino que pretendemos que reflexionen y opinen sobre algunas cuestiones de interés, para después ponerlas en común y cotejarlas con lo elaborado por la comunidad científica.

Un aspecto al que dedicaremos una atención especial, sobre todo en las primeras sesiones, es al ambiente de trabajo en el aula. La creación de un clima favorable es una cuestión que también ha preocupado a los investigadores ya que, como señala Vilches (2007), no podemos esperar que baste con presentarles una nueva orientación del aprendizaje para que automáticamente se genere una actitud positiva, sin la cual resulta imposible su implicación. Para favorecer la implicación de los alumnos en el proceso de enseñanza/aprendizaje es imprescindible, por tanto, la creación de un nuevo clima y el establecimiento de otro tipo de relaciones profesor/a-alumnos/as y del alumnado entre sí, que genere expectativas positivas. Una tarea que, sin embargo, frecuentemente se olvida o a la que prestamos escasa atención pero que resulta imprescindible si lo que pretendemos es lograr la implicación de los estudiantes en el trabajo que vamos a iniciar (Gil Pérez y Vilches, 2005b).

Las actividades se repartirán, fotocopiadas a modo de fichas, dentro de una funda. En la primera hoja dispondremos una línea donde los alumnos deberán escribir su nombre. Queremos con ello facilitar que todos los alumnos tengan siempre disponible el material

de trabajo y evitar que se pierdan las hojas. Sin embargo, el objetivo principal es otro: pretendemos que estos portafolios, en los que cada estudiante debe recoger y organizar el conocimiento construido, se conviertan en un *producto* fundamental dentro de su proceso de aprendizaje (Duschl, 1995). Para que esto sea así es necesario que el profesor se implique en su revisión y mejora, es decir, en su evaluación.

Cada actividad se leerá en voz alta y se harán todas las aclaraciones que sean necesarias para su correcta comprensión. No se trata de dar *pistas* a los alumnos sobre las respuestas que esperamos, sino de dejar claro el enunciado. A continuación, se les pedirá que reflexionen individualmente sobre la actividad para, seguidamente, poner en común las respuestas con los miembros de su grupo. Cuando haya pasado el tiempo que estimemos oportuno, se realizará una puesta en común con las conclusiones de cada grupo de trabajo lo que debe dar pie a comentarios entre equipos. De este modo, y con la ayuda del profesor, trataremos de ir construyendo una visión más adecuada de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Particularmente importante es reforzar las aportaciones de los equipos, mostrando su aproximación a lo establecido por la comunidad científica.

Los alumnos, a su vez, irán anotando en sus fichas tanto las conclusiones de su grupo como las de toda la clase una vez realizada la puesta en común junto al profesor.

Con esto queremos facilitar la evaluación continua del trabajo diario, ya que nuestra idea es recoger después de cada sesión, o cada dos sesiones, el trabajo realizado por cada alumno. Pretendemos, así, ir analizando y evaluando cada día la evolución de nuestro trabajo (y el de los alumnos) estudiando lo que cada uno escribe en sus fichas. Esta evaluación continua del trabajo realizado en el aula es fundamental. Como han señalado Alonso et al., (1996) sólo aquello que es evaluado es percibido por los estudiantes como realmente importante. Es preciso, pues, evaluar todo lo que los estudiantes hacen: desde un póster confeccionado en equipo a los dossiers personales del trabajo realizado. Duschl (1995) ha resaltado, en particular, la importancia de estos dossiers o "portafolios", en los que cada estudiante ha de recoger y organizar el conocimiento construido y que puede convertirse -si el profesor se implica en su revisión y mejora- en un producto fundamental, capaz de reforzar y sedimentar el aprendizaje, evitando adquisiciones dispersas.

Evaluar es visto habitualmente, tanto por profesores como por estudiantes, prácticamente como sinónimo de calificar. Así lo han puesto de relieve los estudios sobre las concepciones docentes espontáneas (Gil et al., 1991; Alonso, Gil y Mtnez-Torregrosa, 1992a y 1995a) o los análisis de la práctica evaluativa (Hodson, 1986; Colombo, Pesa y Salinas, 1986; Alonso, Gil y Mtnez-Torregrosa, 1991 y 1992b; Lorbach et al., 1992; Alonso, 1994). Dichos estudios muestran que, para la mayor parte del profesorado, la función esencial de la evaluación es medir la capacidad y el aprovechamiento de los estudiantes, asignándoles una puntuación que sirva de base objetiva para las promociones y selecciones.

Desde la concepción del aprendizaje como una investigación dirigida carece de sentido una evaluación consistente en el enjuiciamiento "objetivo" y terminal de la labor realizada por cada alumno. Por el contrario, como formador de "investigadores noveles", el profesor ha de considerarse corresponsable de los resultados que éstos obtengan: no puede situarse frente a ellos, sino con ellos; su pregunta no puede ser "quién merece una valoración positiva y quién no", sino "qué ayudas precisa cada cual para seguir avanzando y alcanzar los logros deseados". Para ello son necesarios un seguimiento atento y una retroalimentación constante que reoriente e impulse la tarea.

La evaluación se convierte así en un instrumento de aprendizaje, es decir, en una *evaluación formativa*, substituyendo a los juicios terminales sobre los logros y capacidades de los estudiantes. Pero, aunque ello representa un indudable progreso, éste resulta insuficiente si no se contempla también como un *instrumento de mejora de la enseñanza*.

Durante las sesiones de trabajo, iremos anotando todos los aspectos que consideremos relevantes para la investigación y que incluiremos en esta memoria. Son importantes las reacciones que expresen sorpresa, dificultad, agobio..., de los alumnos frente a las preguntas que se les plantea. También es muy importante anotar las dificultades que puedan tener los alumnos para comprender los enunciados de las actividades, de cara a futuras revisiones de nuestro trabajo.

Una vez tenemos clarificado el objetivo del programa y la metodología que se va a utilizar, pasamos a continuación a presentar el programa de actividades completo.



#### **6.4. PROGRAMA DE ACTIVIDADES DISEÑADO**

El programa de actividades se ha estructurado en cuatro partes. La primera parte, “*¿Qué ideas tenemos acerca de la tecnología?*”, es una primera toma de contacto. Se trata de que los alumnos expresen de forma espontánea, sin “ser dirigidos”, sus opiniones acerca de la naturaleza de la actividad tecnológica. Podremos, de este modo, hacernos una idea de las concepciones de los estudiantes a la vez que nos servirá de introducción para el trabajo que se realizará posteriormente. La segunda parte, “*Relaciones ciencia-tecnología*”, consta de cuatro actividades que han sido elaboradas para ayudar a los alumnos a reflexionar sobre la relación entre ciencia y tecnología a lo largo de la historia y en la actualidad. Una tercera parte, “*Relaciones tecnología-sociedad*”, consta de tres actividades cuyo objetivo es profundizar en esta relación en ambos sentidos: qué repercusiones (positivas y negativas) tiene la tecnología en la sociedad y cómo influye la sociedad en el desarrollo tecnológico. Por último, en “*Los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y su relación con la tecnología*” pretendemos iniciar una reflexión sobre el papel que juega y puede jugar la tecnología frente a los graves problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad. Y el papel que debemos jugar cada uno de nosotros.

Una vez hecha esta pequeña introducción que, por supuesto, detallaremos y ampliaremos a continuación, pasamos a mostrar el programa de actividades completo. Junto a cada actividad o bloque de actividades incluimos, como ya hemos señalado, algunos comentarios con el fin de dejar claro el objetivo que se persigue con ellas así como las respuestas que esperamos obtener.

El programa de actividades que presentamos es el resultado de un proceso que ha incluido su revisión por otros colegas y ensayos piloto con grupos de alumnos, todo lo cual ha conducido a sucesivas modificaciones hasta llegar a la versión que ahora presentamos.

Queremos hacer notar que este programa de actividades constituye en si mismo un resultado del proceso de investigación que recoge esta memoria por lo que, en cierto modo, podría formar parte del capítulo de resultados. No obstante, se trata todavía de un producto inacabado, puesto que no incluye las realizaciones de los estudiantes a que da lugar. Reservamos, pues, para el capítulo de resultados, la presentación completa de lo

## 6. Diseños experimentales para la puesta a prueba de la segunda hipótesis

que se produce en el aula al trabajar con este programa. Y reproduciremos aquí el programa de actividades diseñado, con comentarios que intentan aclarar lo que se espera que se produzca al plantear las sucesivas actividades.

## PROFUNDIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LAS RELACIONES CTSA CON ALUMNOS DE SECUNDARIA

### Programa de actividades diseñado

Presentamos aquí el programa de actividades diseñado, tal y como indicamos en el título, para el tratamiento en profundidad de las relaciones CTSA con los alumnos de secundaria. Como ya hemos señalado, junto a las actividades, incluimos comentarios que esperamos puedan ser útiles para el profesor al ayudar a su puesta en práctica en el aula.

#### 1. ¿Qué ideas tenemos acerca de la tecnología?

El estudio de la tecnología forma parte de la cultura básica que intenta transmitir la escuela, dada la importancia que tiene en nuestras sociedades. Se ha constatado, sin embargo, que a menudo nuestra comprensión y apreciación del papel de la tecnología se ve afectado por prejuicios e ideas simplistas, ampliamente difundidas, que es preciso discutir y clarificar para mostrar mejor el carácter de auténtica aventura del pensamiento y de la acción que conlleva su desarrollo. Que ese desarrollo resulte prometedor o amenazante depende también de todos nosotros y exige nuestro compromiso fundamentado.

**A. 1.** *Poned en común vuestras ideas acerca de la tecnología: cuáles son sus objetivos, desde cuándo pensáis que existe, etc. Se trata de recoger en cada grupo las distintas ideas que surjan, para su posterior clarificación y discusión.*

**Comentarios A.1.** Esta actividad se ha planteado para que los alumnos expongan y comenten sus ideas acerca de la tecnología, sus objetivos, su origen... Se trata, en definitiva, de comenzar nuestro trabajo sacando a la luz las ideas previas de los alumnos acerca de la naturaleza de la actividad tecnológica.

Esperamos encontrar una actitud positiva frente a la actividad tecnológica que se manifestará explícitamente con respuestas como “la tecnología sirve para satisfacer necesidades”, “hacer la vida más fácil y cómoda” o “es imprescindible”. Esperamos, por tanto, referencias a las repercusiones exclusivamente positivas de la actividad tecnológica.

En cuanto a los orígenes de la actividad tecnológica pensamos que harán referencia a las primeras herramientas construidas por los seres humanos

(utensilios de caza, de cocina, vasijas, etc.) Ésta es una cuestión de gran interés de cara al posterior estudio de las relaciones ciencia-tecnología.

La discusión posterior y las reformulaciones del profesorado han de ayudar a comenzar a salir al paso de las conocidas visiones simplistas (tecnología como mera aplicación de la ciencia, tecnología como solución a todos los problemas, etc.) haciendo ver que el origen de la tecnología se confunde con el proceso de hominización y contribuye decisivamente a dicho proceso (no en balde se habla de “homo habilis” o de “la edad de la piedra”, “la edad del bronce”, etc.).

Profundizar en el conocimiento de la tecnología obliga a clarificar sus relaciones con la ciencia y la sociedad. Algunos aspectos de estas relaciones habrán aparecido en la primera actividad, lo que nos facilitará la conexión con el siguiente punto y los posteriores. Dedicaremos, como hemos comentado en el comienzo de este apartado, un segundo punto a profundizar en las relaciones ciencia-tecnología.

## 2. Relaciones ciencia-tecnología

En muchas ocasiones encontramos las palabras *ciencia* y *tecnología* formando un binomio, es decir, mostrando su estrecha vinculación. Por ejemplo, es habitual ver en librerías y/o bibliotecas estantes que nos indican que contienen libros de “Ciencia y Tecnología”; también es bastante normal encontrar en periódicos y revistas alguna sección con este mismo título: “Ciencia y Tecnología”, incluso podéis haber escuchado alguna vez hablar de “tecnociencia”.

Sin embargo, esta indudable vinculación debe ser analizada con algún cuidado para evitar interpretaciones erróneas y empobrecedoras de lo que son la actividad científica, la tecnológica y sus relaciones.

**A.2.** *Plantead las preguntas que se os ocurran en torno a las relaciones ciencia-tecnología con objeto de discutir las entre todos.*

Una cuestión que es preciso plantearse al estudiar las relaciones ciencia-tecnología es la evolución que puede haberse dado en dichas relaciones a lo largo de la historia.

**A.3.** *¿Qué relación ha habido, en vuestra opinión, entre ciencia y tecnología a lo largo de la historia? ¿Cómo pensáis que es esa relación en la actualidad?*

La actividad que planteamos aquí pretende profundizar en las relaciones ciencia-tecnología contemplando dos posibles casos extremos: el de un desarrollo técnico en el que no intervenga la ciencia y el de un desarrollo científico en el que no intervenga la técnica.

**A.4.** *Teniendo en cuenta vuestros conocimientos e ideas acerca de la ciencia y de la tecnología, poned algunos ejemplos –si consideráis que existen- de:*

- *Desarrollos técnicos en los que la ciencia no haya intervenido*
- *Desarrollos científicos en los que la técnica no intervenga*

**Comentarios de A.2 a A.4.** Las actividades de este bloque se han concebido para que los alumnos reflexionen sobre las relaciones ciencia-tecnología a lo largo de la historia y en la actualidad. Deben contribuir a poner de manifiesto que a lo largo de la historia ha habido grandes hitos y avances de la tecnología sin el concurso de la ciencia (en el sentido moderno del término) como puede ser el hacha de piedra, el arco, etc. Cabe temer, sin embargo, que consideren que las grandes adquisiciones científicas como la Teoría de la Gravitación Universal, etc., son ciencia “pura”, sin intervención de la tecnología. Algo que habrá que discutir con algún cuidado hasta dejar claro algunas cuestiones que ya hemos comentado en capítulos precedentes y en este mismo capítulo. Nos referimos, a aspectos tan importantes como que la tecnología ha precedido en milenios a la ciencia; que la tecnología es siempre necesaria para la construcción del conocimiento científico; que la ciencia ha contribuido a potenciar los desarrollos tecnológicos hasta llegar en la actualidad a que ciencia y tecnología formen un complejo entramado en el que, en muchas ocasiones, es imposible separar una de la otra. Se puede hacer alguna referencia a la distinción que algunos autores hacen entre “actividad técnica”, precientífica, y “tecnología” propiamente dicha, impregnada de ciencia.

Debido a la complejidad de las relaciones ciencia y tecnología, es posible que surjan preguntas y dudas a las que es necesario atender *e incluso impulsar* como se hace en A.2. Conviene recordar a este respecto que hay algo más importante que responder bien a las preguntas: saber formularlas. Comenzamos, pues, este bloque de actividades dejando a los alumnos plantear todas las preguntas que se les ocurra sobre la relación ciencia-tecnología.

A pesar de la estrecha relación entre ciencia y tecnología, que las actividades precedentes habrán ayudado a poner en evidencia, existen características propias que las diferencian y en las que conviene detenerse, cuestión que abordamos en la siguiente actividad.

A pesar de la estrecha relación entre ciencia y tecnología, que las actividades precedentes habrán ayudado a poner en evidencia, existen características propias que las diferencian y en las que conviene detenerse.

**A.5.** *¿Cuáles serían los objetivos y características específicos que diferencian la actividad tecnológica de la científica?*

**Comentarios A.5.** Se trata de aclarar que –como hemos detallado en el capítulo 2 de esta memoria- el objetivo de los tecnólogos ha sido y sigue siendo producir y mejorar instrumentos, sistemas y procedimientos que satisfagan necesidades y deseos humanos, más que contribuir a la comprensión teórica, es decir, a la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos. Ello no significa que no utilicen o creen conocimientos, sino que los construyen para situaciones específicas reales, y por tanto complejas, en las que no es posible dejar de lado toda una serie de aspectos colaterales que en una investigación científica pueden ser obviados, pero que es preciso contemplar para la construcción y manejo de objetos tecnológicos que han de funcionar en la vida real.

En realidad, la tecnología está directamente orientada a incidir en la vida cotidiana, a lograr el funcionamiento continuo de instrumentos y sistemas (Aucejo, 2005). Esto hace que las situaciones abordadas no puedan simplificarse conceptual y prácticamente para su estudio, sino que han de tenerse en cuenta todos los factores que intervienen en condiciones reales. De este modo, el estudio resulta a la vez más limitado (interesa resolver una cuestión específica, no construir un cuerpo de conocimientos) y más complejo (no es posible trabajar en condiciones «ideales», fruto de análisis capaces de eliminar influencias «espurias»).

Cabe temer, sin embargo, que la respuesta de la mayoría de los alumnos se limite de nuevo a la visión de la tecnología como “aplicación de la ciencia”. Esperamos respuestas del tipo “la labor de los científicos es investigar y la de los tecnólogos aplicar esos conocimientos para crear cosas”. En general, pensamos, las respuestas de los estudiantes asociarán la ciencia a la “teoría” y la tecnología a la “práctica”.

Las características de la tecnología que acabamos de estudiar ponen ya en evidencia la estrecha relación entre la tecnología y la sociedad, en la que conviene profundizar.

### 3. Relaciones tecnología-sociedad

Lo que hemos ido viendo acerca del desarrollo histórico de la tecnología nos ha permitido ya constatar la estrecha vinculación de la tecnología con la sociedad. Pero, una vez más, la correcta comprensión de esta relación no está exenta de dificultades y exige una cierta profundización. Con ese fin proponemos la siguiente actividad:

**A.6.** *A continuación enunciamos tres visiones acerca de las relaciones tecnología sociedad, que se manejan frecuentemente y que conviene analizar y valorar fundamentadamente, sin dejarse llevar por una aceptación o rechazo superficiales. Proceded a la lectura previa del conjunto y valorad (individualmente) cada una de ellas de 0 a 10, explicando brevemente el porqué de vuestra valoración:*

- a. *Gracias a la tecnología, los seres humanos hemos ido resolviendo los problemas más graves a los que nos enfrentamos: desde el necesario aumento de la producción de alimentos para hacer frente a una población creciente, a la “domesticación” de los ríos para evitar riadas destructivas y garantizar el suministro de agua, pasando por medicinas que mejoran y prolongan nuestras vidas. Y podemos seguir confiando en la tecnología para resolver los nuevos problemas que van surgiendo.*
- b. *La tecnología –o, más precisamente, la tecnociencia- es la causante principal de los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad: desde el peligro de una catástrofe nuclear y otras armas de destrucción masiva al envenenamiento que producen miles de sustancias tóxicas que impregnan el aire, aguas y suelos y los mismos alimentos que ingerimos.*
- c. *Los científicos y tecnólogos han de limitarse a realizar el trabajo que la sociedad para la que trabajan les encomienda. El uso que después se haga de sus construcciones y hallazgos no es responsabilidad suya.*

Tras la reflexión y valoración individual que habéis realizado en la actividad anterior en torno a las relaciones tecnología sociedad, conviene proceder ahora a elaborar vuestra propia concepción.

**A.7.** *Discutid y exponed razonadamente vuestras propias visiones acerca del papel de la tecnociencia en la sociedad*

Hemos debatido hasta aquí acerca del papel de la tecnociencia en la sociedad, pero es preciso también contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico, analizando los intereses que orientan dicho desarrollo.

**A.8.** *Expresad, apoyándoos en ejemplos, vuestras opiniones acerca de los intereses que orientan, impulsan o limitan el desarrollo tecnocientífico. ¿Cuál habría de ser el papel de la ciudadanía en este proceso?*

**Comentarios A.6 a A.8.** Las respuestas de los grupos de alumnos a la actividad A.6. deben servir para abrir un debate sobre el papel que juega la tecnología en la sociedad y sobre la influencia que ésta ejerce sobre el desarrollo tecnológico.

En la actividad A.6. se presentan tres proposiciones que muestran imágenes deformadas o incompletas de la actividad tecnológica. La primera de ellas presenta una imagen totalmente positiva de la tecnología mostrándola como la solución a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad. La segunda sitúa la actividad tecnológica en una posición totalmente contraria: la tecnología como principal causante de los graves problemas a los que se enfrenta la humanidad. Por último, la tercera proposición desvincula a científicos y tecnólogos de las consecuencias que de su trabajo se derivan.

Se trataría, por tanto, de motivar un debate y posterior reflexión sobre estas visiones fragmentadas de la actividad tecnológica, con el fin de construir entre todos, con la ayuda del profesor, una imagen más adecuada de la tecnología. Las reflexiones motivadas por las actividades A.7. y A.8. contribuirán de forma positiva a ello.

En este punto, conviene detenerse mínimamente en la actividad A.8. diseñada especialmente para provocar una reflexión acerca de la supuesta neutralidad que en numerosas ocasiones se otorga al desarrollo tecnológico.

Hasta ahora, las decisiones relativas a procesos y productos tecnológicos están siendo tomadas, en su mayor parte, por unos pocos (políticos, empresarios, científicos y tecnólogos,...), pero las consecuencias de estas decisiones nos afectan severamente a todos; por ello, es necesario plantear la conveniencia de que estas decisiones sean tomadas por el conjunto de la sociedad.

Por otra parte, no debería olvidarse que numerosas tecnologías han sido *socialmente construidas* y que, por tanto, habría cierto margen para modificarlas socialmente y, con ellas, sus efectos sociales. Tampoco parece adecuado decir que las tecnologías sean neutrales con respecto a la *cultura* en la que se han de utilizar; piénsese, por ejemplo, en las dificultades con que se han topado, en ocasiones, los intentos de exportar al llamado *Tercer Mundo* procedimientos de control de la natalidad con éxito en países occidentales (Sánchez y Rodríguez, 2004).

Tras esta clarificación de las complejas interacciones Tecnología- Sociedad, conviene detenerse ahora en el estudio del papel de la tecnociencia –y de otros posibles factores– frente a los graves problemas de carácter global que afectan hoy día a la humanidad.



#### 4. Los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y su relación con la tecnología

Para analizar el papel que la tecnociencia puede y debe jugar frente a los graves problemas a los que hoy nos enfrentamos, es necesario que previamente adquiramos una visión global de cuáles son dichos problemas, sus causas y las medidas que es necesario adoptar.

**A.9.** *Elaborad un listado de los problemas más graves a los que, en vuestra opinión, se enfrenta actualmente la humanidad.*

**A.10.** *Los problemas enumerados en la actividad anterior dibujan una situación de auténtica emergencia planetaria. ¿Cuáles pueden ser las causas de dicha situación?(O, dicho con otras palabras, ¿qué otros problemas subyacen?).*

**A.11.** *¿Cómo puede la humanidad hacer frente a esta situación de emergencia planetaria? Es decir, ¿qué medidas se deben adoptar para hacer posible un futuro sostenible?*

**A.12.** *Tal como hemos visto en la actividad anterior, la tecnociencia no puede resolver por sí sola los problemas a los que se enfrenta la humanidad... pero tiene un indudable papel en su solución. ¿Cuáles han de ser, en vuestra opinión, las características de una tecnología al servicio de un futuro sostenible?*

**Comentarios A.9 a A.12.** Las actividades de este bloque han sido concebidas para que los alumnos reflexionen sobre los graves problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad, así como sus posibles causas y el papel que juega en dichos problemas el desarrollo tecnológico, tanto como causante de parte de ellos, como por su posible contribución a su solución.

Tal y como señalan Gil-Pérez y Vilches (2005c), cuando se pide una reflexión individual similar a la que plantea la actividad A.9 se obtienen, en general, visiones muy fragmentarias, a menudo centradas casi exclusivamente en los problemas de contaminación ambiental y agotamiento de recursos, con olvido de otros aspectos íntimamente relacionados e igualmente relevantes (García, 1999; Gil-Pérez et al., 1999; Edwards, 2003). Si, por el contrario, se propone esta tarea a equipos de estudiantes, cabe esperar –y así ha ocurrido en los ensayos realizados– que los resultados sean bastante más positivos, puesto que responden ya a un cierto debate que enriquece las visiones individuales. De hecho, aunque las aportaciones de cada equipo sigan proporcionando visiones reduccionistas, muy incompletas, el conjunto de las contribuciones de los distintos equipos suele cubrir buena parte de los aspectos considerados por los expertos (aunque, claro está, con formulaciones menos elaboradas).

El profesor juega un papel muy importante en estas cuestiones ya que debe ayudar a los alumnos a no quedarse con visiones parciales, tanto negativas como

positivas, del papel que juega el desarrollo tecnológico en los problemas que afectan a la humanidad.

De este modo, con la actividad A.9. esperamos elaborar un amplio listado de problemas de todo tipo: medioambientales (aumento del efecto invernadero, contaminación, calentamiento global, sequía...) junto a otros de tipo económico, cultural, político, social... (hambre, terrorismo, marginación, guerras...). Sin embargo, deberemos orientar a los alumnos hacia visiones globales de dichos problemas ya que, en general, esperamos que no hagan mención a las relaciones existentes entre unos y otros. Esta profundización se realizará en la actividad A.10, la cual se ha diseñado precisamente para ayudar a los alumnos a reflexionar sobre las causas de dichos problemas y sobre la relación de unos con otros.

Una vez elaborado el listado de los problemas que afectan actualmente a la humanidad y estudiado sus causas, pasaremos a plantear a los alumnos la actividad A.11 en la que se les pide una reflexión sobre cómo afrontar dichos problemas.

Como señalan Gil-Pérez y Vilches (2005c), el planteamiento holístico debe estar presente también al pensar en las posibles soluciones: ninguna acción aislada puede ser efectiva, precisamos un entramado de medidas que se apoyen mutuamente. Como señala la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (1988), “el reto fundamental proviene de su carácter sistémico”. Ninguna solución por sí sola bastaría para resolver los problemas, se requiere, pues, interconectar toda una serie de medidas que, según los expertos, pueden englobarse, básicamente, en los siguientes tres grupos:

- Medidas de desarrollo tecnológico.
- Medidas educativas para la transformación de actitudes y comportamientos.
- Medidas políticas (legislativas, judiciales, etc.) en los distintos niveles (local, regional...) y, en particular, medidas de integración o globalización planetaria.

En este punto conviene resaltar la importancia de la responsabilidad individual, incluyendo pormenorizadas relaciones de posibles acciones concretas en los más diversos campos, desde la alimentación al transporte, pasando por la limpieza, la calefacción e iluminación o la planificación familiar (Button and Friends of the Earth, 1990; Silver y Vallely, 1998; García Rodeja, 1999; The Earth Works Group, 2000 y 2006; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Riba, 2003; Lazlo, 2004; Delibes y Delibes de Castro, 2005; Duarte, 2006; Pessoa y Cassasin, 2007; Hayden, 2008; David y Gordon, 2008).

En ocasiones surgen, dudas acerca de la efectividad que pueden tener los comportamientos individuales, los pequeños cambios en nuestras costumbres, en nuestros estilos de vida, que la educación puede favorecer. Los problemas de agotamiento de los recursos energéticos y de degradación del medio, se afirma por ejemplo, son debidos, fundamentalmente, a las grandes industrias; lo que cada uno de nosotros puede hacer al respecto es, comparativamente, insignificante. Pero resulta fácil mostrar (bastan cálculos muy sencillos) que si bien esos “pequeños cambios” suponen, en verdad, un ahorro energético per cápita muy pequeño, al

multiplicarlo por los muchos millones de personas que en el mundo pueden realizar dicho ahorro, éste llega a representar cantidades ingentes de energía, con su consiguiente reducción de la contaminación ambiental. De hecho, el conjunto de los automóviles privados lanzan más dióxido de carbono a la atmósfera que toda la industria.

Es preciso añadir, por otra parte, que las acciones en las que podemos implicarnos no tienen por qué limitarse al ámbito “privado”: han de extenderse al campo profesional (que puede exigir la toma de decisiones) y al sociopolítico, oponiéndose a los comportamientos depredadores o contaminantes (como, por ejemplo, está haciendo con éxito un número creciente de vecinos que denuncian casos flagrantes de contaminación acústica) o apoyando, a través de ONG, partidos políticos, etc., aquello que contribuya a la paz, la solidaridad y la defensa del medio (Vilches, Vázquez Dorrío y Gil Pérez, 2008).

Y es preciso, también, que las acciones individuales y colectivas eviten los planteamientos parciales, centrados exclusivamente en cuestiones ambientales, y se extiendan a otros aspectos íntimamente relacionados, como el de los graves desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos o los conflictos étnicos y culturales: campaña pro cesión del 0,7% del presupuesto, institucional y *personal*, para ayuda a los países en desarrollo, defensa de la pluralidad cultural, fomento de la conversión de la deuda en inversiones en beneficio de la educación, igualdad de acceso de la mujer a la educación, erradicación del analfabetismo, extendiendo la educación a toda la población, etc.

Se trata, en definitiva, de aprender a enfocar los problemas locales en la perspectiva general de la situación del mundo y de contribuir a la adopción de las medidas pertinentes, como está ocurriendo ya, por ejemplo, con el movimiento de “ciudades por la sostenibilidad”. Como afirman González y de Alba (1994), “el lema de los ecologistas alemanes ‘pensar globalmente, pero actuar localmente’ a lo largo del tiempo ha mostrado su validez, pero también su limitación: ahora se sabe que también hay que actuar globalmente”.

Una vez hecha la reflexión sobre las posibles soluciones, tanto colectivas como individuales, para el logro de un desarrollo sostenible, pediremos a los alumnos que se centren en las medidas de tipo “tecnológico”. Para ello, planteamos la actividad A.12. en la que se les pide que reflexionen sobre las características que, en su opinión, debe poseer una tecnología favorecedora de un desarrollo sostenible.

Cabe esperar que las respuestas de los alumnos se centren, sobre todo, en problemas relacionados únicamente con la contaminación medioambiental. Sin embargo, tal y como se pone de manifiesto en *Nuestro Futuro Común* (CMMAD, 1988) es necesario reorientar la tecnociencia y controlar los riesgos, pero dentro de unas estrategias más amplias, para que los países puedan seguir el camino de la sostenibilidad, relativas también a medidas políticas y educativas. ¿Qué reorientación de la tecnociencia se precisa? En esa dirección, numerosos autores señalan la necesidad de dirigir los esfuerzos de la investigación e innovación hacia el logro de *tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible* (Gore, 1992; Daly, 1997; Flavin y Dunn, 1999), incluyendo desde la búsqueda de nuevas

fuentes de energía, desarrollo de energías renovables, al incremento de la eficacia en la obtención de alimentos con el uso de tecnologías agrarias sostenibles, pasando por la prevención de enfermedades y catástrofes, tecnologías para controlar y reducir la contaminación ambiental o para la disminución y el tratamiento de residuos. Pero es preciso analizar con cuidado esas medidas tecnocientíficas para que las aparentes soluciones no generen problemas más graves, como ha sucedido ya tantas veces.

Conviene reflexionar acerca de las características que deben poseer esas medidas tecnocientíficas. Según Daly (1997), es preciso que cumplan lo que denomina “principios obvios para el desarrollo sostenible”:

- Las tasas de explotación de los recursos naturales renovables no deben superar a las de regeneración (o, para el caso de recursos no renovables, de creación de sustitutos renovables).
  - Las tasas de emisión de residuos deben ser inferiores a las capacidades de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos.
- Además, como señala el mismo Daly, “actualmente estamos entrando en una era de *economía en un mundo lleno*, en la que el capital natural será cada vez más el factor limitativo” (Daly, 1997). Ello impone una tercera característica a las tecnologías sostenibles:
- “En lo que se refiere a la tecnología, la norma asociada al desarrollo sostenible consistiría en dar prioridad a tecnologías que aumenten la productividad de los recursos (...) más que incrementar la cantidad extraída de recursos (...). Esto significa, por ejemplo, bombillas más eficientes de preferencia a más centrales eléctricas”.

Por nuestra parte (Vilches y Gil, 2003), consideramos necesario añadir otros criterios, como son:

- Dar prioridad a tecnologías orientadas a la satisfacción de necesidades básicas y que contribuyan a la reducción de las desigualdades.
- Realizar un estudio detenido de las repercusiones que puede tener un proyecto tecnocientífico, para evitar la aplicación apresurada de una tecnología, cuando aún no se han investigado suficientemente sus posibles repercusiones. Ello constituye la base del *principio de precaución* (también conocido como *de cautela o de prudencia*).

Cabe señalar que este principio de precaución tropieza, a menudo, con intereses particulares a corto plazo. Ello viene a cuestionar la idea simplista de que las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, *fundamentalmente*, de tecnologías más avanzadas, olvidando que las opciones, los dilemas, a menudo son fundamentalmente éticos (Aikenhead, 1985; Solbes y Vilches, 1997; Martínez, 1997; García, 1999). Se comprende así la necesidad de otras medidas, políticas y educativas, a las que nos referiremos a continuación, remitiéndonos a otros trabajos (Vilches y Gil, 2003) para la consideración más detallada de algunas tecnologías susceptibles de contribuir a resolver los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y de favorecer un desarrollo sostenible.

Una vez finalizado el programa de actividades, podemos plantear a los alumnos algunas actividades de consolidación como forma de recapitular y afianzar los aspectos más importantes de las relaciones CTSA.

### **5. Actividades de recapitulación**

Como habíamos comentado al principio de este capítulo, hemos preparado unas actividades de recapitulación que pueden realizarse individualmente (la primera) o en grupos (la segunda y tercera). Estas actividades están dirigidas a afianzar los conocimientos adquiridos durante las sesiones de aplicación del programa de actividades.

**A.R.1.** *Escucháis decir que “La tecnología es una actividad simple que se limita a aplicar la ciencia”. ¿Qué argumentaríais al respecto?*

**A.R.2.** *Buscad información para construir una relación cronológica de las grandes adquisiciones de la actividad técnica de los seres humanos desde los orígenes de la civilización.*

**A.R.3.** *¿Cuáles son, en vuestra opinión, los grandes desafíos hacia los que deberían orientarse los esfuerzos de la tecnociencia en la actualidad?*

**A.R.4.** *Elaborad un mural, utilizando para ello fotografías e imágenes, que muestre los graves problemas a los que se enfrenta la humanidad.*

Estas actividades deben servir para que los alumnos resuman las ideas más importantes sobre las que han estado reflexionando.

La actividad A.R.1. la plantearemos como un trabajo individual, que recogeremos con el fin de evaluarlo. La información recogida a través de esta actividad la utilizaremos para evaluar en qué medida podemos considerar positivo el trabajo realizado con las actividades A.2. a A.5.

La actividad A.R.2. se plantea para su realización en pequeños grupos. Se puede pedir a los alumnos que realicen una *línea del tiempo* la cual presentarán al resto de los grupos, justificando la elección de los avances técnicos que han realizado.

Por otra parte, los productos realizados por los alumnos en la actividad A.R.4. se les planteará como un trabajo que, al igual que el resto, va a ser evaluado. También se contribuirá a motivar a los alumnos planteándoles la realización de una exposición de sus murales en el centro.

Una vez presentado el programa de actividades diseñado para su puesta en práctica en el aula, pasamos a considerar las herramientas que se han diseñado para someter a prueba la segunda hipótesis, es decir, para evaluar los resultados obtenidos al utilizar el programa de actividades y analizar las modificaciones producidas en las concepciones de los estudiantes.

#### **6.5. DISEÑOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

Antes de presentar las herramientas que hemos diseñado para evaluar los resultados obtenidos con el programa de actividades, conviene detenerse y recordar el objetivo del programa.

Como decíamos al comienzo de este capítulo, el objetivo principal de nuestro programa de actividades es *transformar las visiones deformadas de los estudiantes y contribuir a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. También pretendemos, de este modo, contribuir a formar ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.*

Por tanto, las herramientas diseñadas deben permitirnos evaluar en qué medida la utilización del programa de actividades con los alumnos ha permitido la transformación de estas visiones deformadas y ha contribuido positivamente a una correcta

comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

Para tal fin se han preparado dos cuestionarios que se pasarán a los alumnos que han participado en el programa de actividades (grupo experimental) y a dos grupos de alumnos que no han participado en él (grupos de control).

El Cuestionario A1 es el mismo que ya se utilizó para analizar la imagen de los docentes acerca de las relaciones CTSA y que se presentaba en el capítulo 3 de esta memoria, salvo en una proposición que hemos añadido en este caso.

Se trata de un cuestionario semicerrado en el que los alumnos deben puntuar, según su grado de acuerdo, seis proposiciones que muestran imágenes deformadas acerca de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Mediante este cuestionario esperamos que los alumnos que han participado en el programa de actividades muestren hacia dichas proposiciones un grado de disconformidad (que expresan visiones deformadas muy comunes) mayor que los alumnos que no han participado en el programa.

En la página siguiente se muestra dicho **Cuestionario A.1** completo.

<b>Cuestionario A1</b>	
<p>Nos gustaría recoger tu opinión sobre algunos aspectos relativos a la tecnología y su vinculación con la ciencia y la sociedad. Para ello te agradeceríamos que contestases lo más completa y sinceramente posible el siguiente cuestionario.</p> <p>Se trata de <b>leer con atención</b> cada una de las diferentes proposiciones y valorarlas de 0 a 10 <b>según tu grado de acuerdo</b> con el contenido de la misma.</p> <p>Justifica, por favor, tus valoraciones.</p> <p style="text-align: center;">¡Muchas gracias por tu colaboración!</p>	
Proposición	Puntuación
<p>1. <i>La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>2. <i>La Tecnología es la principal responsable de problemas como la contaminación a los que se enfrenta actualmente la humanidad.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>3. <i>Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>4. <i>La tecnología se basa siempre en los desarrollos científicos, por lo que no existiría tecnología sin la ciencia que le precede.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>5. <i>El papel de los tecnólogos es fundamentalmente el diseño y construcción de objetos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de si su utilización es o no conveniente.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	
<p>6. <i>El progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social.</i></p>	
<b>Justificación y comentarios:</b>	

La segunda herramienta que se va a utilizar para evaluar los resultados obtenidos mediante el programa de actividades es un cuestionario abierto. Las respuestas a este tipo de cuestionarios son más difíciles de cuantificar que las que pueden darse en un cuestionario cerrado o semicerrado, sin embargo la riqueza de las contestaciones es mayor que en estos otros. Esperamos que los alumnos que han participado en el



programa de actividades respondan a las preguntas del **Cuestionario 2** con un mayor nivel de profundización.

### Cuestionario 2

Toda educación y, claro está, también la educación tecnológica, ha de contribuir a la comprensión de los problemas a los que se enfrenta la humanidad e impulsar las posibles soluciones. Para que nos ayudes a planificar esta tarea, te agradeceríamos que contestases lo más completa y sinceramente posible las siguientes cuestiones:

- 1) Enumera problemas importantes a los que, en tu opinión, se enfrenta hoy día la humanidad.
- 2) ¿Cuáles pueden ser las causas principales de dichos problemas?
- 3) ¿Cuáles son las medidas que piensas se deberían adoptar?

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Curso y grupo: \_\_\_\_\_

Una vez presentado el programa de actividades y las herramientas que vamos a utilizar para su evaluación, en el siguiente capítulo presentaremos los resultados obtenidos.

### Referencias bibliográficas en el Capítulo 6

AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69 (4), 453-475.

ALONSO, M. (1994). *La evaluación en la enseñanza de la Física como instrumento de aprendizaje*. Tesis doctoral (Universidad de Valencia). Resumen en Alonso, 1996. *Resúmenes de Premios Nacionales a la Investigación e Innovación Educativas, 1994*, CIDE: MEC.

ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1991). Propuesta de evaluación en Física y análisis de la evaluación habitual. *Resúmenes de Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativa, 1990*. CIDE: MEC

ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1992a). Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación: Obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5(2), 18-38.

ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1992b). Los exámenes en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 10(2), 127-138.

ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1995). Concepciones docentes sobre la evaluación en ciencias. *Alambique*, 4, 6-15.

ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15-26.

AUCEJO, A. (2005). *La Física i la Química aplicades a la Universitat de València*. València: Universitat de València.

BUTTON, J. & FRIENDS OF THE EARTH (1990). *¡Háztelo Verde!* Barcelona: Integral.

COLOMBO, L., PESA, M. y SALINAS, J. (1986). La realimentación en la evaluación en un curso de Laboratorio de Física, *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 122-128.

COLOMBO, L., SALINAS, J. y PESA, M. (1991). La generación autónoma de “conflictos cognoscitivos” para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 237-242.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.

DALY, H. (1997). Criterios operativos para el desarrollo sostenible. En Daly, H. y Schutze, C., *Crisis ecológica y sociedad*. Valencia: Ed. Germania.

DAVID, L. y GORDON, C. (2008). *¿Qué es el calentamiento global?*. Barcelona: Paidós.

DELIBES, M. y DELIBES DE CASTRO, M. (2005). *La Tierra herida. ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?* Barcelona: Destino.

DUARTE, C. (Coord.) (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC.

DUSCHL, R. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.

EDWARDS, M. (2003). La atención a la situación del mundo en la educación científica. Tesis doctoral. Universitat de València.

FLAVIN, C. y DUNN, S. (1999). Reinención del sistema energético. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo, 1999*. Barcelona: Icaria.

GARCÍA, E. (1999). *El trampolín Fáustico: ciencia, mito y poder en el desarrollo sostenible*. Valencia: Ediciones Tilde.

GARCÍA RODEJA, I. (1999). El sistema Tierra y el efecto invernadero, *Alambique*, 20, 75-84.

GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE Universitat de Barcelona, Horsori.

GIL-PÉREZ, D., GAVIDIA, V., VILCHES, A. y EDWARDS, M. (1999). Visiones de los profesores de ciencias sobre las problemáticas a las que la comunidad científica y la sociedad deberían prestar una atención prioritaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 13, 81-97.

GIL-PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (Eds.) (2005b). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Santiago: OREALC/UNESCO. Capítulo 14. pp 297- 326. (476 páginas). Accesible también en <http://www.oei.es/decada/libro.htm>. ISBN 956-8302-27-9.

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005b). ¿Cómo empezar? En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. 67-79.

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005c). ¿Qué desafíos tiene planteados hoy la humanidad? En Gil-Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.) (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. 297-326.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., ASTABURUAGA, R. y EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. & FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2008). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education, <http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>).

GONZÁLEZ, E. y DE ALBA, A. (1994). Hacia unas bases teóricas de la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 66-71.

GORE, A. (1992). *La Tierra en juego. Ecología y conciencia humana*. Barcelona: Ed. Emecé.

HAYDEN, T. (2008). 2008 El estado del planeta. National Geographic España. Madrid: RBA.

HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995). Exploring the future a missing dimension in environmental education, *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.

HODSON, D. (1986). The role of assessment in the "Curriculum Cycle": a survey of science department practice, *Research in Science and Technological Education*, 4 (1), 7-17.

INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION (2000). *Standards for Technological Literacy: Content for Study of Technology*. Virginia: Reston.

LASZLO, E. (2004). Tú puedes cambiar el mundo. Manual del ciudadano global para lograr un planeta sostenible y sin violencia. Madrid: Nowtilus.

LÓPEZ ALCANTUD, J. (2007). La atención a la situación del mundo en el tratamiento de la energía realizado por la educación Tecnológica. *Tesis doctoral*. Universitat de València.

LORBASCH, A.W., TOBIN, H., BRISCOE, C. y LaMASTER, S.V. (1992). An interpretation of assessment methods in middle school science. *International Journal of Science Education*, 14(3), 305-317.

MARTÍNEZ, M. (1997). Consideraciones teóricas sobre educación en valores. En Filmus D. Compilador, *Las transformaciones educativas en Iberoamérica. Tres desafíos: democracia, desarrollo e integración*. Buenos Aires: Ed. Troquel.

MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C. y VERDÚ, R. (2005). *¿Cómo diseñar los contenidos de un tema o de un curso?* En Gil-Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.) (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. Accesible también en <http://www.oei.es/decada/libro.htm>. ISBN 956-8302-27-9.

MAYER, M. (1998). Educación ambiental: de la acción a la investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 217-231.

PESSOA, A. y CASSASIN, A. (2007). *Salvar la Tierra*. Barcelona: Egedsa.

RIBA, M. (2003). *Mañana. Guía de desarrollo sostenible*. Barcelona: Intermón Oxfam.

SÁNCHEZ CAZORLA, J. A. y RODRÍGUEZ ALCÁZAR, F. J. (2004). *Ciencia y Tecnología para la paz*. En Molina, B y Muñoz, F. A. (Eds.) (2004). *Manual de Paz y Conflictos*. Granada: Universidad de Granada.

SILVER, D. y VALLELY, B. (1998). *Lo que Tú Puedes Hacer para Salvar la Tierra*. Salamanca: Lóguez.

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

SOLER A. J. (2004). El Mètode de Projectes Tecnològics com un entorn favorable d'aprenentatge en el context de la Teoria de l'Activitat. *Tesis Doctoral*. Universitat de Barcelona.

THE EARTH WORKS GROUP (2000). *Manual práctico de reciclaje*. Barcelona: Blume.

THE EARTH WORKS GROUP (2006). *50 cosas sencillas que tú puedes hacer para salvar la Tierra*, Barcelona: Naturart.

TILBURY, D. (1995). Environmental Education for Sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s, *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212.

VILCHES, A. (2007). Una unidad clave para la implicación del alumnado: ¿Cómo empezar? *Alambique*, 52, 28-38.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

VILCHES, A., VÁQUEZ DORRÍO, B y GIL PÉREZ, D. (2008). Hands-on sustainability: How can we contribute to the construction of a sustainable future? *International Journal on Hands-on Science* 1 (1), 15-20. [ISSN (print): 1646-8937; (online): 1646-8945]. Accessible en: [http://www.aect.pt/ijhsci/wp-content/uploads/2008/09/IJHSCI\\_volume1\\_numero1\\_2008\\_online.pdf](http://www.aect.pt/ijhsci/wp-content/uploads/2008/09/IJHSCI_volume1_numero1_2008_online.pdf)

**7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS  
RESULTADOS OBTENIDOS EN LA  
CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS**

En este capítulo se presentan los resultados correspondientes a la contrastación de la segunda hipótesis de esta investigación, según la cual **es posible transformar las visiones deformadas de los estudiantes mediante la elaboración y puesta a prueba de materiales y estrategias adecuadas que contribuyan a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Se contribuiría de este modo a formar ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.**

Para poner a prueba dicha hipótesis hemos confeccionado, como recordaremos (ver capítulo 6), un programa de actividades cuyo objetivo es que los alumnos adquieran una imagen de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia y la sociedad más adecuada, formándose a su vez como futuros ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones fundamentadas y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.

Este programa de actividades se ha puesto en práctica durante el curso 2007-2008 con 29 alumnos de 3º de ESO en la asignatura de Tecnología, aunque ya el curso anterior se había realizado un ensayo piloto. Tanto el ensayo piloto como la puesta en práctica del programa de actividades han sido dirigidos en el aula por quien presenta esta tesis doctoral. El desarrollo del programa de actividades se llevó a cabo en un período de 15 sesiones de cincuenta y cinco minutos (tres sesiones a la semana) durante los meses de septiembre y octubre de 2007, en el horario normal de la asignatura.

Los alumnos que han participado en el programa de actividades pertenecen a un centro concertado de tres líneas de nivel socioeconómico medio-bajo. La forma habitual de

trabajo en la asignatura es el método de proyectos, por lo que los alumnos están acostumbrados al trabajo en equipo.

A la hora de trabajar, dividimos el grupo-clase en 6 equipos, de tal forma que los estudiantes pudieran trabajar conjuntamente cada una de las actividades planteadas y enriquecer de esta manera las distintas contribuciones individuales, que se fecundan así mutuamente (Ausubel, 1968; Gil-Pérez, 1983; Linn, 1987; Millar y Driver, 1987; Solomon, 1987; Gil-Pérez et al., 1991; Fernández et al., 2005).

Una vez discutidas en grupo cada una de las actividades, procedíamos a una puesta en común en la pizarra, de tal forma que se pudieran completar las contestaciones dadas por cada grupo con las del resto de los mismos y las aportaciones realizadas por el profesor. Durante las sesiones de trabajo se han ido tomando notas de las respuestas de los alumnos, las dificultades encontradas, etc. En varias ocasiones hemos recogido las anotaciones de los alumnos para su lectura, con el fin de detectar aquellos aspectos en los que convenía detenerse con mayor profundidad.

Este trabajo lo mostramos en la primera parte de este capítulo, en el que incluimos el programa de actividades completo, comentando las respuestas de los alumnos y el trabajo de orientación realizado por el profesor.

Una vez finalizada la puesta en práctica del programa de actividades se ha procedido a comprobar si ha cumplido con los objetivos para los que ha sido diseñado. Para ello, meses después de su puesta en práctica, se ha procedido a pasar a los alumnos que han participado en este programa los cuestionarios A1 y A2, tal y como habíamos hecho con otros alumnos que no habían participado en él (ver capítulo 4). El propósito es poder comparar las respuestas de ambos grupos para comprobar si mediante el programa de actividades es posible una modificación durable de las ideas de los alumnos. Dedicaremos la segunda parte de este capítulo a mostrar los resultados obtenidos que, como veremos, apoyan nuestra segunda hipótesis.

## **7.1. PROFUNDIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LAS RELACIONES CTSA CON ALUMNOS DE SECUNDARIA. PUESTA EN PRÁCTICA DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

Tal y como hemos comentado, a continuación iremos mostrando el programa de actividades completo junto a las aportaciones hechas por los alumnos, las dificultades encontradas y las aportaciones realizadas por el profesor.

### **1. ¿Qué ideas tenemos acerca de la tecnología?**

El estudio de la tecnología forma parte de la cultura básica que intenta transmitir la escuela, dada la importancia que tiene en nuestras sociedades. Se ha constatado, sin embargo, que a menudo nuestra comprensión y apreciación del papel de la tecnología se ve afectado por prejuicios e ideas simplistas, ampliamente difundidas, que es preciso discutir y clarificar para mostrar mejor el carácter de auténtica aventura del pensamiento y de la acción que conlleva su desarrollo. Que ese desarrollo resulte prometedor o amenazante depende también de todos nosotros y exige nuestro compromiso fundamentado.

*A.1 Poned en común vuestras ideas acerca de la tecnología: cuáles son sus objetivos, desde cuándo pensáis que existe, etc. Se trata de recoger en cada grupo las distintas ideas que surjan, para su posterior clarificación y discusión.*

Como comentábamos al presentar el programa de actividades en el capítulo anterior, esta primera actividad se ha planteado para que los alumnos expongan y comenten sus ideas acerca de la tecnología, sus objetivos, su origen...

Tal y como esperábamos, los alumnos muestran, en general, una actitud positiva frente a la actividad tecnológica haciendo referencias, en su mayor parte, a los beneficios de la tecnología.

Reproducimos, a continuación, la respuesta de una alumna en la que hemos subrayado una frase en la que puede apreciarse la visión exclusivamente positiva de la tecnología que comentábamos:



Pues en el mundo en que vivimos estamos rodeados de nuevas técnicas y distintos aparatos. Como el ordenador, los móviles, la tele, etc. - todas esas cosas son esenciales y forman parte de la tecnología. Es muy raro que la gente hoy en día no utilice esos métodos, todo ha ido avanzando y evolucionando, antes se iba en carros por ejemplo y ahora se va en coche. Para nosotros que la tecnología vaya avanzando a nosotros nos beneficia y nos facilita todo lo que hacemos, nos hace una vida más cómoda.

(Pues en el mundo en que vivimos, estamos rodeados de nuevas técnicas y distintos aparatos. Como el ordenador, los móviles, la tele, etc., todas esas cosas son esenciales y forman parte de la tecnología. Es muy raro que la gente hoy en día no utilice esos métodos, todo ha ido avanzando y evolucionando, antes se iba en carros por ejemplo y ahora se va en coche. Para nosotros que la tecnología vaya avanzando a nosotros nos beneficia y nos facilita todo lo que hacemos, nos hace una vida más cómoda.)

El ejemplo que reproducimos a continuación corresponde a la respuesta de otro alumno y en ella podemos observar referencias a los orígenes de la actividad tecnológica y a los obstáculos que, en ocasiones, encuentra el desarrollo tecnológico:

- La tecnología existe de toda la vida, lo que pasa es que ha ido mejorando y se va quedando atrás.
- Los objetivos de la tecnología son la mejora de la ~~calidad~~ <sup>calidad</sup> de vida y de la ayuda a las personas.
- La tecnología a veces se encuentra con obstáculos como la Iglesia o grupos ecologistas o de otro tipo.
- La tecnología a parte de ayudar, otras veces nos permite disfrutar en el tiempo libre.
- Hace la vida más fácil.

(La tecnología existe de toda la vida, lo que pasa es que ha ido mejorando y se va quedando atrás. Los objetivos de la tecnología son la mejora de la calidad de vida y de la ayuda a las personas. La tecnología a veces se encuentra con obstáculos como la Iglesia o grupos ecologistas o de otro tipo. La tecnología, a parte de ayudar, otras veces nos permite disfrutar en el tiempo libre. Hace la vida más fácil.)

Como ocurre en los ejemplos anteriormente mostrados, la mayor parte de los alumnos presentan una imagen positiva de la tecnología. Tan sólo una alumna se ha referido al posible impacto medioambiental asociado al desarrollo tecnológico:

Los objetivos de la tecnología son hacernos la vida más fácil, cómoda y amena, pero en contrapartida llegamos a un punto en que destruimos la naturaleza. La tecnología se puede utilizar para bien o para mal. Desde la Prehistoria → como el fuego.

(Los objetivos de la tecnología son hacernos la vida más fácil, cómoda y amena, pero en contrapartida llegamos a un punto en que destruimos la naturaleza. La tecnología se puede utilizar para bien o para mal. Desde la Prehistoria → como el fuego).

Cabe destacar que todos los grupos se han referido a los objetivos de la tecnología con frases como “facilitar la vida”, “mejorar la calidad de vida” o “poder vivir mejor”, sin comentar en general los problemas asociados al desarrollo tecnológico (solo en el caso antes mencionado).

También debemos llamar la atención en el hecho de que ningún grupo ha mencionado en sus respuestas la relación existente entre ciencia y tecnología.

Profundizar en el conocimiento de la tecnología obliga a clarificar sus relaciones con la ciencia y la sociedad. Por ello, en la puesta en común de las respuestas de cada grupo y posterior discusión hemos tratado de profundizar en algunos de estos aspectos, llegando a los siguientes acuerdos:

- *La tecnología es una actividad tan antigua como la propia existencia de los seres humanos, ya que éstos siempre han utilizado técnicas para modificar la naturaleza con el fin de satisfacer sus necesidades.*
- *Las necesidades de los seres humanos han ido cambiando a lo largo de la historia y han ido apareciendo nuevas necesidades. En muchas ocasiones las necesidades son creadas artificialmente atendiendo generalmente a intereses económicos.*
- *Debemos hacer una valoración matizada de la actividad tecnológica. El desarrollo tecnológico ha ayudado y ayuda al ser humano a vencer dificultades. Sin embargo, también tiene asociados nuevos problemas, como la contaminación, agotamiento de recursos, etc.*

- *La tecnología es capaz de modificar a la sociedad (sus hábitos, su forma de vida, trabajo, ocio, etc.) y al medio ambiente (contaminación, construcción, etc.).*
- *La sociedad también influye en el desarrollo tecnológico: intereses, cultura, creencias, tradiciones, etc.*

Como vemos, la gran mayoría de los aspectos relacionados con la actividad tecnológica han aparecido en la puesta en común de la primera actividad. El único aspecto que los alumnos no han mencionado espontáneamente es el referente a las relaciones ciencia-tecnología. Este hecho refuerza la primera hipótesis de esta investigación ya que, como hemos señalado en numerosas ocasiones en este trabajo, el tratamiento de las relaciones ciencia-tecnología es un aspecto generalmente olvidado tanto por la educación científica como por la educación tecnológica, por lo que es normal que los alumnos no se refieran a ellas.

Dedicaremos el segundo punto del programa a profundizar en el estudio de la relación ciencia-tecnología. Este punto consta de 4 actividades diseñadas para facilitar la reflexión de los alumnos en torno a dicha relación.

## **2. Relaciones ciencia-tecnología**

Tras una breve introducción, en la que se explica a los alumnos el trabajo que se va a realizar en este segundo punto, se reparte la segunda actividad y se les pide que la contesten individualmente para, posteriormente ponerla en común en sus respectivos grupos.

En muchas ocasiones encontramos las palabras *ciencia* y *tecnología* formando un binomio, es decir, mostrando su estrecha vinculación. Por ejemplo, es habitual ver en librerías y/o bibliotecas estantes que nos indican que contienen libros de “Ciencia y Tecnología”; también es bastante normal encontrar en periódicos y revistas alguna sección con este mismo título: “Ciencia y Tecnología”, incluso podéis haber escuchado alguna vez hablar de “tecnociencia”.

Sin embargo, esta indudable vinculación debe ser analizada con algún cuidado para evitar interpretaciones erróneas y empobrecedoras de lo que son la actividad científica, la tecnológica y sus relaciones.

**A.2.** *Plantead las preguntas que se os ocurran en torno a las relaciones ciencia-tecnología con objeto de discutir las entre todos.*

Transcurridos unos minutos, pedimos a los portavoces de cada grupo que vayan saliendo a la pizarra y anoten las preguntas recogidas en sus grupos. A continuación reproducimos el listado de las preguntas planteadas tras la puesta en común con el grupo-clase:

- *¿Es lo mismo ciencia y tecnología? ¿En qué se parecen y se diferencian?*
- *¿Podría existir ciencia sin tecnología? ¿Y tecnología sin ciencia?*
- *¿Podríamos vivir sin tecnología?*
- *¿Todo lo que aporta la ciencia es bueno? ¿Y la tecnología?*
- *Cuando estos dos conceptos están unidos, ¿significan lo mismo que cuando van separados?*
- *¿La ciencia evoluciona a la vez que la tecnología?*
- *¿Qué es más útil, la ciencia o la tecnología?*
- *¿Por qué el desarrollo de la ciencia tiene que ver con el desarrollo de la tecnología?*
- *¿La tecnología es una ciencia?*
- *¿Se necesitan cosas tecnológicas para hacer ciencia?*
- *¿Qué es más importante, la ciencia o la tecnología?*
- *¿Qué es la ciencia?*
- *¿Cuál va antes, la ciencia o la tecnología?*

Como vemos, si se facilita una reflexión en pequeños grupos, surgen un buen número de preguntas en las que los alumnos plantean todos los aspectos relevantes de las relaciones ciencia-tecnología que pretendemos estudiar.

Llegados a este punto comentamos que, a través de las actividades que vamos a realizar a continuación, trataremos de dar respuesta a las preguntas que ellos mismos han planteado.

Una cuestión que es preciso plantearse al estudiar las relaciones ciencia-tecnología es la evolución que puede haberse dado en dichas relaciones a lo largo de la historia.

**A.3** *¿Qué relación ha habido, en vuestra opinión, entre ciencia y tecnología a lo largo de la historia? ¿Cómo pensáis que es esa relación en la actualidad?*

Tal y como esperábamos, en las respuestas de los diferentes grupos surgen cuestiones que conviene aclarar. En primer lugar, en algún grupo aparece la imagen de la tecnología como “ciencia aplicada”, como se muestra en los siguientes fragmentos:

+ La tecnología hace real la ciencia, porque todo lo que se piensa con la ciencia la tecnología lo hace físico.

(La tecnología hace real la ciencia, porque todo lo que se piensa con la ciencia la tecnología lo hace físico).

- Pensamos que nació antes la ciencia porque las cosas las pensamos antes de hacerlas, y el proceso que hacemos es la tecnología.

(Pensamos que nació antes la ciencia porque las cosas las pensamos antes de hacerlas, y el proceso que hacemos es la tecnología).

- La ciencia ha ido siempre más adelantada que la tecnología - ya que gracias a la ciencia avanza la tecnología.

(La ciencia ha ido siempre más adelantada que la tecnología, ya que gracias a la ciencia avanza la tecnología).

En segundo lugar, hemos comprobado que algunas dificultades para contestar a las preguntas planteadas son debidas a que los alumnos poseen una visión distorsionada de la ciencia. En general, para los alumnos la ciencia ha existido siempre y los seres humanos han ido “descubriéndola” poco a poco. Como puede verse en el siguiente ejemplo, este grupo habla de la existencia de la ciencia señalando que “aunque se desconociera que lo que se hacía, era ciencia”:

• Había poca relación, ya que solían utilizar la tecnología pero la ciencia también aunque no sabían de su existencia.

(Había poca relación, ya que solían utilizar la tecnología pero la ciencia también, aunque no sabían de su existencia).

Al preguntar a todo el grupo-clase si están de acuerdo con que la ciencia existe desde siempre aunque, como ha señalado este grupo, no se sabía que era ciencia, el grupo-clase se muestra, en general, de acuerdo con esta idea. Para justificar esta afirmación, un alumno expone el siguiente argumento:

*A ver, el Sol, la Luna y todos los demás planetas y galaxias existen desde siempre y se mueven. Lo que pasa es que antes no se conocía, por ejemplo, cómo se*

*movían y todo eso, pero ya existían. Y eso forma parte de la ciencia aunque no se supiera... Es igual que la gravedad, desde siempre ha habido gravedad, pero no se sabía que existía hasta que “no-sé-quié” la descubrió.*

Parece, pues, que confunden ciencia con el objeto que ésta estudia. Para clarificar qué es la ciencia y cuándo se puede considerar que el ser humano comenzó a “hacer ciencia” uno de los grupos, ha optado por buscar su definición en un diccionario y anotarla en la pizarra:

Ciencia (diccionario escolar de secundaria):

*“Conjunto de conocimientos y de doctrinas organizadas metódicamente y que constituyen una rama del saber”*

Aunque se trata de una definición muy básica, como corresponde a un diccionario escolar, ha resultado útil para aclarar algunos aspectos:

- En primer lugar, hacemos ver a los alumnos que, según esta definición, la ciencia se construye en base a un conjunto de conocimientos, por lo que no puede hablarse de ciencia anterior al conocimiento de las cosas.
- En segundo lugar, en esta definición se habla de “conocimientos y doctrinas organizadas metódicamente”, por lo que se necesita la creación de un cuerpo coherente y organizado de conocimientos para poder hablar de ciencia.

En este punto hemos considerado oportuno comentar a los alumnos que los orígenes de la ciencia moderna pueden establecerse, según numerosos autores, en torno al siglo XVII. Como ejemplos, hemos citado a Lavoisier (1743-1794) considerado el padre de la química moderna; Galileo (1564-1642), considerado el padre de la astronomía; Sir Isaac Newton (1643-1727), calificado a menudo como el científico más grande de todos los tiempos, y su obra como la culminación de la primera gran Revolución Científica. También hemos comentado que otros grandes científicos como Einstein, Bohr, Hubble, Rutherford, etc., son mucho más actuales (S.XX) y se ha señalado que no fueron personas que trabajaron aisladamente.

Una vez aclaradas estas cuestiones referentes a la ciencia y su origen, hemos preguntado desde cuándo piensan que existe la tecnología. No ha resultado difícil llegar a la

conclusión de que su existencia se remonta a la propia existencia del ser humano, como muestra la respuesta de uno de los grupos:

La tecnología a existido toda la vida desde siempre aunque en el principio estaba mucho menos avanzada.

*(La tecnología ha existido toda la vida, desde siempre, aunque en un principio estaba mucho menos avanzada).*

Hemos aprovechado la ocasión para comentar que es cierto que la ciencia hoy en día ha potenciado notablemente el desarrollo de la tecnología. Por ejemplo, toda la electrónica moderna (basada en chips fabricados en silicio y germanio) comenzó su andadura gracias al avance de los estudios científicos realizados sobre semiconductores. Pero también podemos encontrar grandes avances científicos que fueron posibles gracias a desarrollos tecnológicos previos. Como ejemplo más significativo hemos mencionado el desarrollo de la máquina de vapor, construida en 1698 por el mecánico inglés Thomas Savery (1650-1715) para bombear el agua de las minas de Cornualles y que, tras años de utilización y perfeccionamiento, abre la puerta a la Termodinámica, uno de los pilares de la Física.

En cuanto a la relación existente en la actualidad entre ciencia y tecnología, las respuestas de los alumnos son mucho más acordes con la epistemología actual ya que la mayoría hablan de “mutuo apoyo” o dicen que “se complementan”:

• Están muy relacionadas porque ahora se necesitan las dos porque para avanzar se necesitan las dos.

*(Están muy relacionadas porque ahora se necesitan las dos, porque para avanzar se necesitan las dos).*

\* Que se han apoyado mutuamente la ciencia y la tecnología para evolucionar.  
\* Hoy en día la ciencia hace que avance la tecnología, que es al revés que en la antigüedad.

*(Que se han apoyado mutuamente la ciencia y la tecnología para evolucionar. Hoy en día la ciencia hace que avance la tecnología, que es al revés que en la antigüedad).*

Para concluir esta actividad hemos pedido a los alumnos que anoten en la pizarra las conclusiones a las que ha llegado el grupo-clase:

- *La tecnología es tan antigua como los seres humanos.*
- *Durante siglos los seres humanos han utilizado la tecnología sin la ayuda de la ciencia, ya que ésta es posterior a la tecnología.*
- *Puede considerarse que la ciencia, tal y como la conocemos hoy, tiene sus orígenes en el siglo XVII.*
- *En ocasiones la tecnología ha servido para que se desarrolle alguna rama de la ciencia.*
- *En la actualidad, ciencia y tecnología se necesitan mutuamente. Sin los avances tecnológicos, la ciencia no podría desarrollarse tal y como lo hace hoy en día. También es importante para la tecnología el desarrollo actual de la ciencia.*

Para seguir profundizando en las relaciones ciencia-tecnología, pedimos a los alumnos que realicen la siguiente actividad.

La actividad que planteamos aquí pretende profundizar en las relaciones ciencia-tecnología contemplando dos posibles casos extremos: el de un desarrollo técnico en el que no intervenga la ciencia y el de un desarrollo científico en el que no intervenga la técnica.

**A.4.** *Teniendo en cuenta vuestros conocimientos e ideas acerca de la ciencia y de la tecnología, poned algunos ejemplos –si consideráis que existen– de:*

- *Desarrollos técnicos en los que la ciencia no haya intervenido*
- *Desarrollos científicos en los que la técnica no intervenga*

Como veremos a continuación, para los alumnos es mucho más sencillo citar ejemplos de desarrollos técnicos en los que la ciencia no ha intervenido que desarrollos científicos en los que la técnica no intervenga.

Estos son algunos de los desarrollos técnicos en los que, según los alumnos, la ciencia no ha intervenido:

- Lanzas, arcos, flechas...*
- Fuego*
- Relojes*
- Balanza*
- Rueda*



- f. *Textiles, pieles...*
- g. *Columnas, cúpulas...*
- h. *Clavos*
- i. *Telescopio*
- j. *Palanca*
- k. *Cerraduras*
- l. *Pinturas*

Como desarrollos científicos en los que la técnica no interviene, los alumnos han citado los siguientes:

- a. *Matemáticas*
- b. *Conceptos*
- c. *Teorías básicas*

Como vemos, en este caso los alumnos tienen muchas más dificultades que al pedir que mencionen desarrollos técnicos en los que la ciencia no ha intervenido. Además, no han sido capaces de citar ejemplos concretos ya que se refieren de forma genérica a “conceptos” y “teorías”.

Al preguntar por qué creen que en las matemáticas no interviene la técnica, los alumnos responden que generalmente las matemáticas son “teóricas”. Sin embargo, basta comentar, por ejemplo, la importancia que tienen hoy en día los ordenadores en la realización de grandes cálculos en poco tiempo, para que se den cuenta de lo difícil que resulta encontrar alguna actividad en la que la tecnología no esté presente. Otros ejemplos que han surgido en la discusión han sido el ábaco en la antigüedad y, actualmente, la calculadora.

Por otra parte, cuando preguntamos por los *conceptos* y las *teorías básicas* a los que se han referido, los alumnos no saben responder, como ya hemos señalado, con ejemplos concretos. Un alumno comenta:

*Hay conceptos o teorías que se habrán pensado sin necesidad de utilizar ningún aparato. Yo no sé ninguno, porque todavía hemos dado pocas cosas de ciencias, pero alguna cosa hay seguro.*

En definitiva, esta actividad ha servido para poner de manifiesto, por una parte, la facilidad para encontrar ejemplos de desarrollos técnicos en los que no ha intervenido la

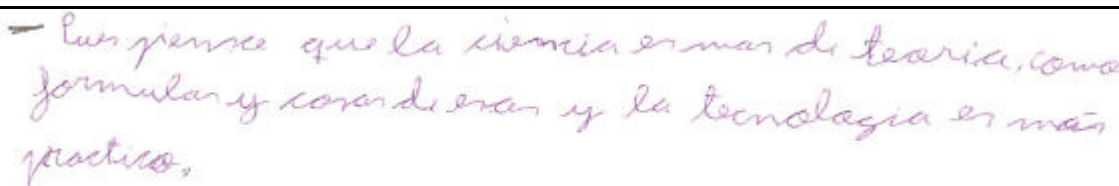
ciencia y, por otra, para hacer ver a los alumnos la dificultad para encontrar ejemplos de desarrollos científicos sin intervención de la tecnología.

Para finalizar este punto, en el que se profundiza en el estudio de las relaciones ciencia-tecnología, proponemos a los alumnos la siguiente actividad.

A pesar de la estrecha relación entre ciencia y tecnología, que las actividades precedentes habrán ayudado a poner en evidencia, existen características propias que las diferencian y en las que conviene detenerse.

**A.5.** *¿Cuáles serían los objetivos y características específicos que diferencian la actividad tecnológica de la científica?*

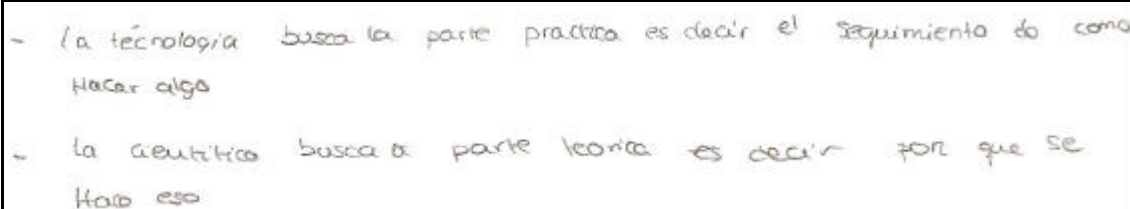
En las respuestas de los alumnos hemos podido apreciar que la mayoría asocian, en general, ciencia con “teoría” y tecnología con “práctica”, como se muestra en el siguiente ejemplo:



- Pienso que la ciencia es más de teoría, como formular y cosas de esas y la tecnología es más práctica.

(Pues pienso que la ciencia es más de teoría, como fórmulas y cosas de esas y la tecnología es más práctico).

En las respuestas de los grupos también puede apreciarse esta imagen, junto a otra que asocia la ciencia a las matemáticas y a “fórmulas” y la tecnología al desarrollo de aparatos. Mostramos a continuación algunos ejemplos:



- la tecnología busca la parte práctica es decir el seguimiento de cómo hacer algo  
- la ciencia busca la parte teórica es decir por qué se hace eso

(- La tecnología busca la parte práctica, es decir, el seguimiento de cómo hacer algo.  
- La ciencia busca la parte teórica, es decir, por qué se hace eso).

Los objetivos de la tecnología son desarrollar algo y los de la ciencia explicarlo.  
Las características que los diferencian es que los tecnólogos utilizan muchos aparatos y los científicos fórmulas.

(Los objetivos de la tecnología son desarrollar algo y los de la ciencia explicarlo. Las características que los diferencian es que los tecnólogos utilizan muchos aparatos y los científicos fórmulas).

Ciencia - busca explicar, utiliza las matemáticas, conocer el mundo, teoría.  
Tecnología - desarrollar algo, utiliza aparatos, desarrolla aparatos, práctica.

(Ciencia ? busca explicar, utiliza las matemáticas, conocer el mundo, teoría.  
Tecnología ? desarrollar algo, utiliza aparatos, desarrolla aparatos, práctica).

Tal y como ha ocurrido en las actividades precedentes, es conveniente aclarar algunos aspectos, y para ello hemos utilizado algunas de las respuestas dadas por los alumnos.

En primer lugar hemos aprovechado la respuesta dada por uno de los grupos para discutir acerca de los objetivos de la actividad científica y de la actividad tecnológica. En general los alumnos se muestran de acuerdo con que el objetivo fundamental de la ciencia es el conocimiento del mundo que nos rodea. Por otra parte, señalan que el objetivo principal del tecnólogo es el diseño y construcción de artefactos y sistemas para satisfacer necesidades. Tras una breve discusión hemos concluido que, generalmente, la actividad científica se centra en responder al “por qué” de las cosas y la tecnología al “cómo” realizar ciertas tareas.

Esto nos ha llevado a discutir sobre las condiciones en las que se realiza el trabajo científico y el trabajo tecnológico. El tecnólogo realiza sus diseños para ser utilizados en situaciones reales, por lo que debe tener en cuenta todos los factores posibles que puedan influir. Para clarificar esta cuestión, un alumno ha puesto como ejemplo las pruebas de carga que se realizan en los puentes antes de abrirlos al tráfico, en los que se hacen ensayos en las condiciones más desfavorables posibles. Por el contrario, el trabajo del científico suele realizarse en condiciones ideales, en las que suelen eliminarse variables para reducir el problema a estudiar, algo que no puede hacer el tecnólogo.

La respuesta de otro de los grupos nos ha servido para plantear una discusión en torno a las herramientas y el lenguaje utilizados por la ciencia y la tecnología. La idea más extendida es que la ciencia utiliza como lenguaje habitual las matemáticas, las fórmulas. Sin embargo, hemos mostrado que determinadas actividades tecnológicas también utilizan habitualmente el lenguaje matemático (en ingeniería y arquitectura, por ejemplo, se necesita realizar cálculos de esfuerzos, pandeos, torsiones, etc.). También les hemos hecho ver que el lenguaje matemático se utiliza habitualmente en Física, sin embargo, no se utiliza tanto en otras ciencias como puede ser la Biología.

Por otra parte, la utilización de “aparatos” no es exclusivo de la actividad tecnológica, tal y como ha señalado algún alumno. En las universidades, laboratorios de investigación, observatorios astronómicos, etc., se utilizan de forma habitual potentes máquinas para poder llevar a cabo el trabajo que allí se desarrolla.

Como no ha sido mencionado por ninguno de los grupos, hemos preguntado cuál es la forma habitual de dar a conocer por parte de científicos y tecnólogos sus logros.

Los equipos de investigación científica suelen dar a conocer sus avances mediante la publicación de artículos en revistas especializadas, comunicaciones en congresos, etc. Por el contrario, la tecnología se caracteriza por ser una actividad profesional productiva, cuyo objetivo es la distribución de productos tecnológicos, por lo que generalmente la forma de darlos a conocer es “ponerlos a la venta”. Si el producto que se ha diseñado es totalmente nuevo, los tecnólogos suelen patentarlo.

Para finalizar este punto, hemos creído conveniente pedir a los alumnos la realización de una breve recapitulación que sirva para recoger las ideas más importantes estudiadas hasta el momento. De esta actividad, puesta en común en la pizarra, se han sacado las siguientes conclusiones:

- *El objetivo fundamental de la ciencia es el conocimiento del mundo que nos rodea. Por otra parte, el objetivo principal del tecnólogo es el diseño y construcción de artefactos y sistemas para satisfacer necesidades. Generalmente, la actividad científica se centra en responder al “por qué” de las cosas y la tecnología al “cómo” realizar ciertas tareas.*

- *El tecnólogo realiza sus diseños para ser utilizados en situaciones reales. Por el contrario, el trabajo del científico suele realizarse en condiciones ideales.*
- *Tanto la ciencia como la tecnología utilizan un lenguaje específico, característico. En muchas ocasiones la ciencia utiliza como las matemáticas.*
- *En la actualidad, el uso de “aparatos” (herramientas complejas), no es exclusivo de la actividad tecnológica. Tanto la ciencia como la tecnología se sirven de herramientas complejas para avanzar en su labor.*
- *Los científicos suelen dar a conocer sus avances mediante la publicación de artículos en revistas especializadas, comunicaciones en congresos, etc. Por el contrario, la tecnología tiene por objetivo la distribución de productos tecnológicos, por lo que una vez desarrollados suelen venderse.*

Una vez realizada la recapitulación de los aspectos relativos a las relaciones ciencia-tecnología estudiados en el punto 2, pasamos al punto siguiente.

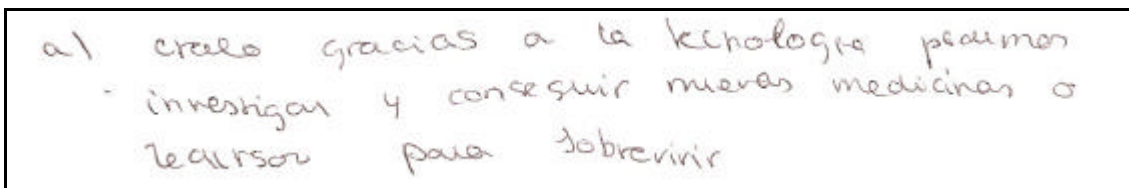
### **3. Relaciones tecnología-sociedad**

Lo que hemos ido viendo acerca del desarrollo histórico de la tecnología nos ha permitido ya constatar la estrecha vinculación de la tecnología con la sociedad. Pero, una vez más, la correcta comprensión de esta relación no está exenta de dificultades y exige una cierta profundización. Con ese fin proponemos la siguiente actividad:

**A.6.** *A continuación enunciamos tres visiones acerca de las relaciones tecnología sociedad, que se manejan frecuentemente y que conviene analizar y valorar fundamentadamente, sin dejarse llevar por una aceptación o rechazo superficiales. Proceded a la lectura previa del conjunto y valorad (individualmente) cada una de ellas de 0 a 10, explicando brevemente el porqué de vuestra valoración:*

- a. Gracias a la tecnología los seres humanos hemos ido resolviendo los problemas más graves a los que nos enfrentamos: desde el necesario aumento de la producción de alimentos para hacer frente a una población creciente, a la “domesticación” de los ríos para evitar riadas destructivas y garantizar el suministro de agua, pasando por medicinas que mejoran y prolongan nuestras vidas. Y podemos seguir confiando en la tecnología para resolver los nuevos problemas que van surgiendo.*
- b. La tecnología –o, más precisamente, la tecnociencia- es la causante principal de los graves problemas con que se enfrenta hoy la humanidad: desde el peligro de una catástrofe nuclear y otras armas de destrucción masiva al envenenamiento que producen miles de sustancias tóxicas que impregnan el aire, aguas y suelos y los mismos alimentos que ingerimos.*
- c. Los científicos y tecnólogos han de limitarse a realizar el trabajo que la sociedad para la que trabajan les encomienda. El uso que después se haga de sus construcciones y hallazgos no es responsabilidad suya.*

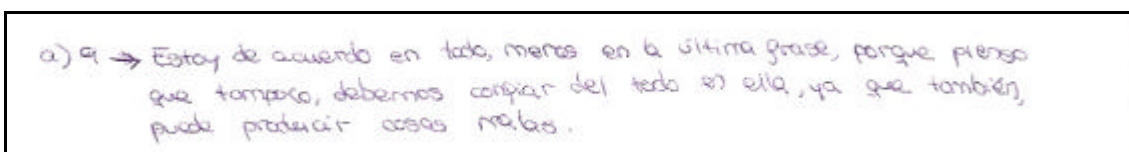
Tal y como esperábamos, los alumnos valoran positivamente la primera proposición, otorgándole una puntuación media de 7,1. Algunos alumnos ven a la tecnología como la solución a todos los problemas, como podemos ver en el comentario que, a modo de ejemplo, mostramos a continuación:



a) creo gracias a la tecnologia podemos  
investigar y conseguir nuevas medicinas o  
recursos para sobrevivir

*(Creo que gracias a la tecnología podemos investigar y conseguir nuevas medicinas o recursos para sobrevivir).*

Sin embargo, la mayoría señala que “no todo se soluciona con la tecnología” como puede verse en la respuesta dada por un alumno:



a) a -> Estoy de acuerdo en todo, menos en la última frase, porque pienso  
que tampoco debemos confiar del todo en ella, ya que también  
puede producir cosas malas.

*(Estoy de acuerdo en todo menos en la última frase, porque pienso que tampoco debemos confiar del todo en ella, ya que también puede producir cosas malas).*

En general, los alumnos no han profundizado suficientemente en este aspecto ya que se han limitado a comentarios como los que hemos mostrado, sin concretar ni poner ejemplos de problemas que la tecnología no puede solucionar. Nuestra labor ha sido, por tanto, pedir que concreten, pongan ejemplos y que reflexionemos acerca de ello.

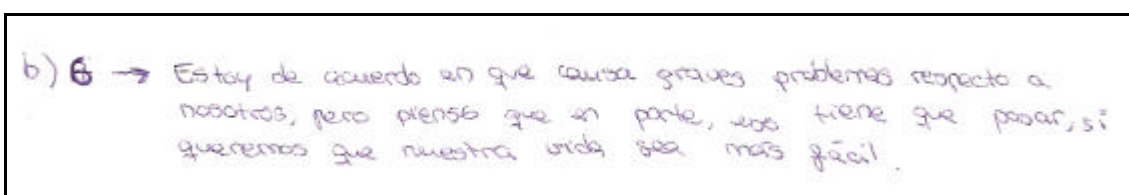
Es necesario profundizar en este aspecto ya que, aunque son conscientes que problemas como el hambre o la pobreza no pueden solucionarse con tecnología exclusivamente, cuando se trata el problema de la creciente contaminación ambiental, piensan que debemos “esperar” a que se “inventen” tecnologías más limpias. Hemos querido mostrar que incluso los problemas de contaminación ambiental *no* pueden resolverse *solo* con tecnología: es necesario también un cambio de políticas y de actitudes.

Respecto a la visión que señala a la tecnología como principal causante de los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad, mostrada en la segunda proposición, los alumnos le otorgan una puntuación media de 5,8.

En general, han añadido comentarios como “la tecnología no es la única culpable, gran parte de la culpa la tenemos nosotros”, “todo tiene que ver con la manera en que se usa”, “la tecnología contamina, pero no es la principal causante” o “porque no es la tecnociencia, es la tecnociencia mal usada o para fines distintos a los que debería ser”.

Como vemos, existe cierto consenso a la hora de “exculpar” a la tecnología como principal causante de los problemas que afectan hoy en día a la humanidad, señalando que la principal causa es el mal uso que se hace de ella.

Una alumna incluso habla de los “daños colaterales” que deben aceptarse si queremos seguir con nuestra forma de vida:



b) 6 → Estoy de acuerdo en que causa graves problemas respecto a nosotros, pero pienso que en parte, eso tiene que pasar, si queremos que nuestra vida sea más fácil.

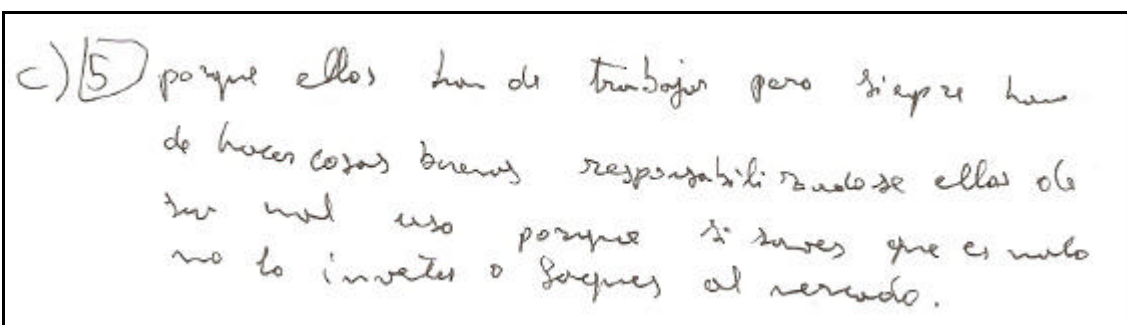
*(Estoy de acuerdo en que causa graves problemas respecto a nosotros, pero pienso que en parte tiene que pasar si queremos que nuestra vida sea más fácil).*

Las respuestas de los alumnos nos han dado pie a comentar que las consecuencias de muchas tecnologías no dependen únicamente del uso que se haga de ellas, puesto que el riesgo es inherente a ellas. Es difícil pensar en un uso diferente del automóvil que no sea desplazarse por la ciudad o por carretera, para lo cual, es en general absolutamente necesario, hoy por hoy, “quemar” gasolina y expulsar CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Por tanto, hay muchas tecnologías que, independientemente de su uso, tienen consecuencias negativas. ¿Es el precio que debemos pagar, como decía la alumna en su comentario, para seguir con nuestro nivel de vida? Evidentemente existen otras posibilidades, como pueden ser pensar en el tipo de tecnología que queremos, en lugar de aceptar las que tenemos con sus riesgos, o hacer un uso racional de la tecnología.

Por otra parte, aunque la tecnociencia no sea la principal causante de los problemas a los que hoy en día se enfrenta la humanidad, es cierto que juega un papel destacado en muchos de ellos. Basta pensar en los más “comunes” como la contaminación (industria, automóviles, fertilizantes, residuos urbanos, etc.), conflictos bélicos (armas), agotamiento de recursos (grandes ciudades, automóviles, aviones, industria, etc.), degradación de ecosistemas (construcción, tala de bosques, etc.) para que los alumnos se den cuenta de la estrecha relación existente entre la tecnociencia y los problemas

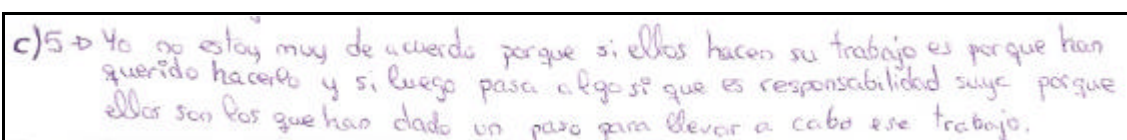
señalados. Pero hemos querido ir más allá y hemos mencionado que la tecnociencia es un factor determinante en el aumento de las desigualdades entre grupos sociales.

En este sentido, y conectamos así con la tercera proposición, tienen un papel fundamental los científicos y tecnólogos. No ha sido necesario profundizar demasiado en este aspecto ya que la mayoría de los alumnos piensan que éstos tienen responsabilidad en el desarrollo científico-tecnológico, como ponen de manifiesto sus comentarios críticos hacia la última proposición:



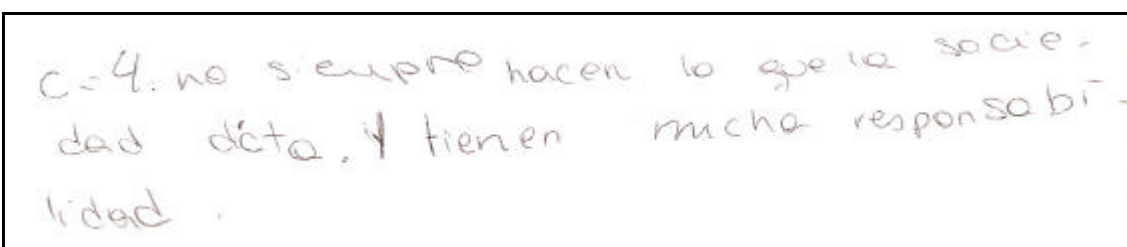
c) 5) porque ellos han de trabajar pero siempre han de hacer cosas buenas responsabilizándose ellas de su mal uso porque si sabes que es malo no lo inventes o saques al mercado.

(Porque ellos han de trabajar, pero siempre han de hacer cosas buenas responsabilizándose ellos de su mal uso, porque si sabes que es malo no lo inventes o saques al mercado).



c) 5 -> Yo no estoy muy de acuerdo porque si ellos hacen su trabajo es porque han querido hacerlo y si luego pasa algo si que es responsabilidad suya porque ellos son los que han dado un paso para llevar a cabo ese trabajo.

(Yo no estoy de acuerdo, porque si ellos hacen su trabajo es porque han querido hacerlo y si luego pasa algo si que es responsabilidad suya, porque ellos son los que han dado un paso para llevar a cabo ese trabajo).



c-4. no siempre hacen lo que la sociedad dicta. Y tienen mucha responsabilidad.

(No siempre hacen lo que la sociedad dicta. Y tienen mucha responsabilidad).

En la puesta en común los alumnos argumentan que, en general, los científicos y tecnólogos son responsables ya que saben “qué están haciendo”, “para qué lo están haciendo” y las consecuencias negativas que se pueden derivar de su trabajo.

Hemos creído conveniente destacar la importancia que en este sentido tiene el *principio de precaución o cautela*. Para explicar brevemente en qué consiste, hemos facilitado a



los alumnos el siguiente texto, extraído del *Manual de Paz y Conflictos* (Sánchez y Rodríguez, 2004):

#### **PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN**

*La idea central del principio de precaución es que «más vale prevenir que curar». Ante procesos cuyas consecuencias para el medio ambiente y los seres humanos puedan ser graves, mejor sería tratar de evitar que se produzcan dichas consecuencias que intervenir, a posteriori, una vez que las mismas se han desencadenado; sobre todo, si estamos ante consecuencias indeseables de gran magnitud e irreversibles. Incluso si no existe una prueba concluyente del daño posible; basta con que exista incertidumbre científica con respecto a las posibles consecuencias de una tecnología.*

*Este principio constituye un cambio con respecto al enfoque dominante en la toma de decisiones sobre riesgos del proceso científico-técnico. En vez de dar por supuesto que una sustancia o actividad es segura mientras no se demuestre que es peligrosa, se atribuye la responsabilidad de la demostración de la seguridad o inocuidad, así como de la necesidad de la innovación y de la inexistencia de alternativas, a aquéllos que pretendan llevar a cabo actividades potencialmente perjudiciales.*

*La aplicación del principio proporciona más tiempo para pensar lo que hacemos y evaluar sus posibles consecuencias. Sin una ralentización del desarrollo tecnológico parece muy difícil la reflexión sobre el papel de la tecnociencia en un orden social más deseable y la participación en la configuración del mismo.*

(Cfr. Sempere y Riechmann, 2000, 320-324)

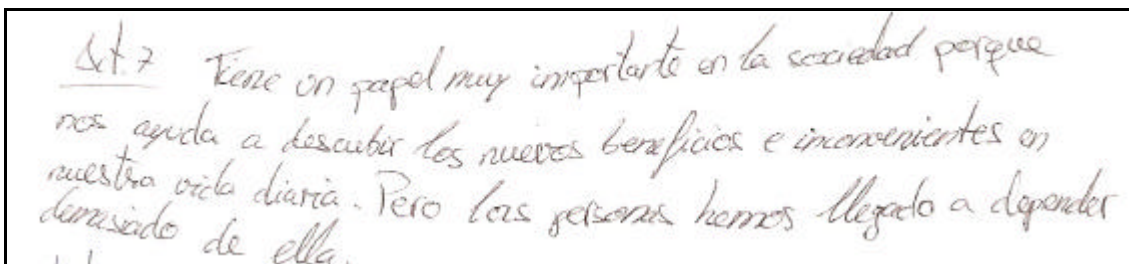
Los científicos y tecnólogos tienen, por tanto, una *responsabilidad social* ya que el trabajo que desarrollan puede tener graves consecuencias sociales y/o medioambientales.

Para finalizar esta actividad, hemos comentado que algunos científicos y tecnólogos pertenecen a organizaciones como la INES (Internacional Network of Engineers and Scientists for Global Responsibility), la UCS (Union of Concerned Scientists) o el Movimiento Pugwash. Entre los objetivos de estos grupos están promover un comportamiento más responsable socialmente entre científicos y tecnólogos, llamar la atención sobre conflictos sociales en los que están implicadas las ciencias y las tecnologías y promover unas ciencias y tecnologías que contribuyan a la construcción de sociedades más justas, más sostenibles ambientalmente y más pacíficas (Sánchez y Rodríguez, 2004).

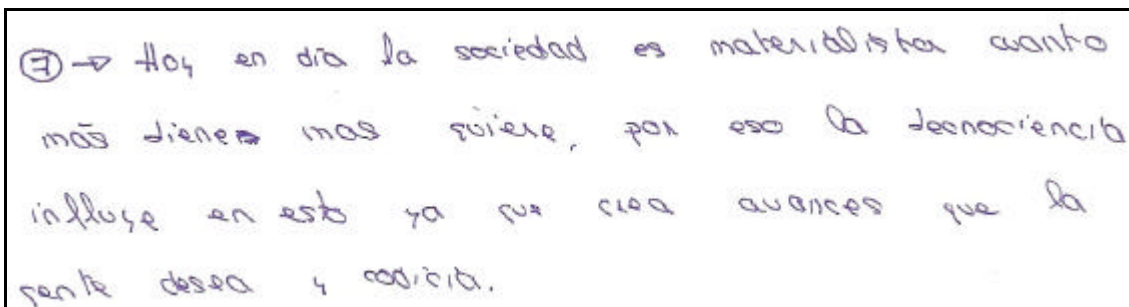
Tras la reflexión y valoración individual que habéis realizado en la actividad anterior en torno a las relaciones tecnología-sociedad conviene proceder ahora a elaborar vuestra propia concepción.

**A.7.** *Discutid y exponed razonadamente vuestras propias visiones acerca del papel de la tecnociencia en la sociedad*

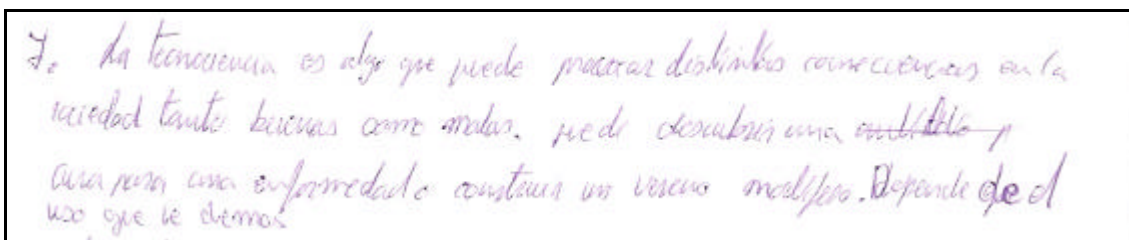
Tal y como hemos hecho en otras actividades, hemos pedido a los alumnos que, tras una discusión en pequeños grupos, el portavoz de cada uno de ellos anote en la pizarra las conclusiones a las que han llegado. Mostramos, a continuación, el conjunto de respuestas dadas por el grupo-clase:



(Tiene un papel muy importante en la sociedad porque nos ayuda a descubrir nuevos beneficios e inconvenientes en nuestra vida diaria. Pero las personas hemos llegado a depender demasiado de ella).



(Hoy en día la sociedad es materialista, cuanto más tiene, más quiere, y la tecnociencia influye en esto ya que crea avances que la gente desea y codicia).



(La tecnociencia es algo que puede provocar distintas consecuencias en la sociedad tanto buenas como malas; puede descubrir una cura para una enfermedad o construir un veneno mortífero. Depende del uso que le demos).

⑥ = Que gracias al papel que hace uno, la sociedad se desarrolla de una manera u otra puesto que, la manera de la que avanza la tecnociencia avanza la sociedad.

(Que gracias al papel que hace, la sociedad se desarrolla de una manera u otra, puesto que la manera de la que avanza la tecnociencia avanza la sociedad).

⑦ La tecnociencia se utiliza para resolver los problemas que de los que ella misma es la causante en muchas ocasiones. Actualmente la tecnociencia es vital para la sociedad, pues la necesitamos para muchas cosas, como la sanidad, la agricultura y la ganadería, la construcción. Además, el propio desarrollo tecnocientífico nos va creando nuevas necesidades.

(La tecnociencia se utiliza para resolver los problemas de los que ella misma es la causante en muchas ocasiones. Actualmente la tecnociencia es vital para la sociedad, pues la necesitamos para muchas cosas, como la sanidad, la agricultura y la ganadería, la construcción. Además, el propio desarrollo tecnocientífico nos va creando nuevas necesidades).

Como vemos, los alumnos se han referido a los aspectos más importantes del papel de la tecnociencia en la sociedad. Por una parte, se han referido a la capacidad de la tecnociencia para modificar la sociedad (*la forma en que avanza la tecnociencia, avanza la sociedad*). Este comentario nos ha dado pie a iniciar una reflexión sobre los cambios que se producen en la sociedad en relación con el desarrollo de la tecnociencia. Ejemplos como la informática, la telefonía móvil o Internet han sido mencionados por los alumnos como muestra de avances tecnológicos que han evolucionado rápidamente y que han cambiado nuestros hábitos.

Esta reflexión nos ha servido para discutir sobre las consecuencias negativas que la tecnociencia puede tener sobre la sociedad y que también había sido comentado por los alumnos (*puede provocar consecuencias en la sociedad tanto buenas como malas*). Resulta obvio que el desarrollo de las nuevas tecnologías (Internet y telefonía móvil) ha mejorado notablemente el trabajo y las comunicaciones, pero también ha empezado a causar problemas no conocidos hasta hace unos pocos años, como por ejemplo las adicciones que han empezado a generar.

Un aspecto que hemos considerado necesario tratar en este punto es la modificación del medio ambiente como consecuencia, en parte, del desarrollo tecnológico. Cada vez quedan menos espacios naturales donde no pueda encontrarse, de algún modo, la mano de los seres humanos. La telefonía móvil, por ejemplo, requiere la instalación de antenas repartidas por todas partes para asegurar la cobertura en cualquier punto. El crecimiento de las grandes ciudades, como Valencia, hace necesario la creación de nuevas infraestructuras, accesos, etc., que generalmente se sitúan en zonas destinadas, hasta ese momento, a actividades tradicionales como la agricultura.

Una visión que hemos pensado importante tratar considera la tecnología como un instrumento neutral en manos de la sociedad. Esta creencia la habíamos constatado ya en los comentarios de los alumnos a la segunda proposición de la actividad anterior: la tecnociencia puede usarse, en general, tanto para “el bien como para el mal”. Normalmente suelen argumentar en defensa de esta opinión que, del mismo modo que Internet es un gran avance que ayuda a la comunicación, a buscar información, etc., también puede utilizarse para cometer delitos informáticos. De esta forma, no puede culparse a la tecnociencia ni a los científicos, ingenieros o tecnólogos que la han desarrollado, sino a los que no hacen un uso adecuado de ella.

Sin embargo, generalmente la tecnociencia no es neutral. Basta comentar que la mayoría de las tecnologías más sofisticadas que se han desarrollado últimamente están diseñadas para usos muy específicos que dejan al usuario, habitualmente, escaso margen a la hora de decidir cómo las utiliza. Un claro ejemplo de ello son las bombas atómicas, misiles de largo alcance y la mayoría de artefactos militares desarrollados en la actualidad, los cuales difícilmente pueden utilizarse para fines diferentes para los que fueron diseñados. Por tanto, muchas tecnologías llevan implícitas opciones acerca de objetivos y prioridades.

Para finalizar este apartado, hemos facilitado a los alumnos dos pequeños fragmentos de la obra “*La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*”, de Langdom Winner, que ilustran la no-neutralidad de la tecnología y que también hemos encontrado en el *Manual de Paz y Conflictos* antes citado:

**LA NO-NEUTRALIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS:  
LA FÁBRICA DE SEGADORAS DE McCORMICK**

A mediados de 1880 se agregó a la fundición de máquinas moldeadoras neumáticas de McCormick, situada en Chicago, una innovación de eficiencia no comprobada, a un coste no despreciable para la época. La interpretación usual es que esta medida se adoptó para modernizar la planta y conseguir una mayor eficiencia. Sin embargo, el cambio coincidió con un enfrentamiento entre el empresario McCormick y el sindicato metalúrgico. Las nuevas máquinas, manejadas por obreros no cualificados, produjeron fundiciones de inferior calidad, a un coste más alto que las anteriores a la innovación introducida. Después de tres años de uso las máquinas fueron abandonadas, pero para entonces ya habían cumplido su cometido: destruir el sindicato. (Cfr. Winner 1987, 40-41)

**LOS PUENTES SOBRE LOS PASEOS DE LONG ISLAND**

Muchos de los puentes sobre los paseos de Long Island, en Nueva York, son extraordinariamente bajos, apenas tres metros de altura. Fueron diseñados y construidos así por Robert Moses, planificador urbano de Nueva York desde 1920 hasta 1970, para desalentar la presencia de autobuses en los paseos. De esta forma, los blancos de clases «alta» y «media acomodada», poseedores de automóviles, podrían utilizar libremente los paseos con sus vehículos; en cambio, la gente pobre y los negros, generalmente obligados a utilizar el transporte público, eran alejados de esos paseos debido a que los autobuses, de cuatro metros de alto, no podían pasar por debajo de dichos puentes. (Cfr. Winner, 1987, 39-40)

Antes de pasar a realizar la siguiente actividad, hemos querido finalizar con una breve reflexión de todo lo trabajado referente al papel de la tecnociencia en la sociedad:

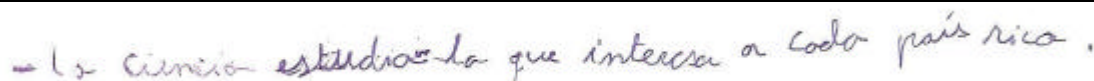
Pensamos que no es correcto afirmar que la tecnología es buena o mala en general, pero tampoco defender su neutralidad: es necesario *evaluar* cada tecnología y sus efectos ya que, como hemos visto, son un factor determinante sobre los individuos y la sociedad en general.

Una vez analizado el papel de la tecnociencia en la sociedad, pasamos a la siguiente actividad, en la que se pretende analizar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico.

Hemos debatido hasta aquí acerca del papel de la tecnociencia en la sociedad, pero es preciso también contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico, analizando los intereses que orientan dicho desarrollo.

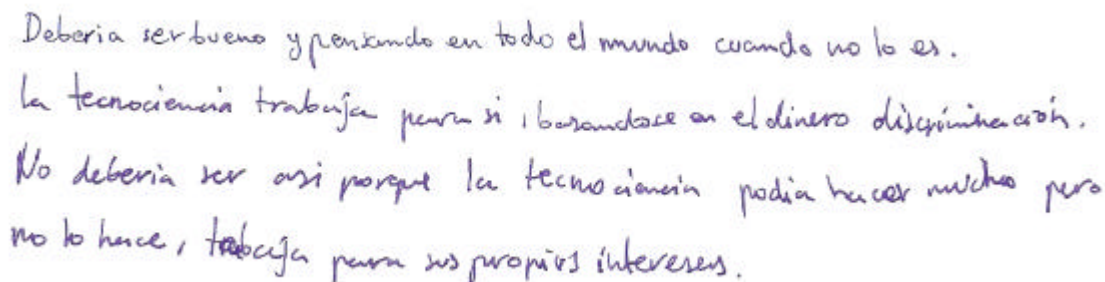
**A.8.** *Expresad, apoyándoos en ejemplos, vuestras opiniones acerca de los intereses que orientan, impulsan o limitan el desarrollo tecnocientífico. ¿Cuál habría de ser el papel de la ciudadanía en este proceso?*

En cuanto a los intereses que orientan, impulsan o limitan el desarrollo tecnocientífico, los alumnos coinciden en señalar que, principalmente, se trata de intereses económicos y políticos. Por una parte, mencionan que la tecnociencia se desarrolla según los dictámenes de los países ricos, tal y como puede leerse en los siguientes fragmentos, extraídos de las respuestas de dos alumnos:



La ciencia estudia lo que interesa a cada país rico.

*(La ciencia estudia lo que le interesa a cada país rico).*



Debería ser bueno y pensando en todo el mundo cuando no lo es. La tecnociencia trabaja para sí, basándose en el dinero o la discriminación. No debería ser así porque la tecnociencia podía hacer mucho pero no lo hace, trabaja para sus propios intereses.

*(Debería ser bueno y pensando en todo el mundo, cuando no lo es. La tecnociencia trabaja para sí, basándose en el dinero o la discriminación. No debería ser así, porque la tecnociencia podía hacer mucho, pero no lo hace. Trabaja para sus propios intereses).*

Por otra parte, también mencionan la economía como factor limitante del desarrollo tecnocientífico, argumentando que los países del Tercer Mundo no tienen posibilidades de progreso tecnocientífico porque no tienen recursos para ello.

Como esperábamos que los alumnos hicieran referencia a los intereses económicos de la tecnociencia, les hemos repartido una hoja en la que se muestran dos datos sobre prioridades de investigación médica, para discutirlos posteriormente (extraído del *Manual de Paz y Conflictos*):

**DOS DATOS SOBRE PRIORIDADES DE  
INVESTIGACIÓN MÉDICA**

\* Según la OMS (1999), sólo el 10% privilegiado de la población mundial se beneficia del 90% de los 60.000 millones de dólares que al año se gastan en investigación sanitaria pública y privada.

\* Las enfermedades tropicales son las responsables de 17 millones de muertes al año (32% del total de defunciones) pero la industria farmacéutica sólo destina el 1% de las medicinas que produce a tales enfermedades.

(Sempere y Riechmann, 2000, 210)

Tras su lectura, los alumnos comentan que estos datos confirman lo discutido anteriormente ya que ilustran a la perfección que el desarrollo tecnocientífico, en este caso en medicina, se mueve según los intereses de los países ricos. Las enfermedades tropicales no son rentables para la industria farmacéutica ya que los países que pueden gastar dinero en la compra de la medicación para combatirlas, no tienen necesidad de ello ya que no las sufren. Por tanto, a pesar de causar un número elevado de muertes al año, es más rentable realizar estudios sobre enfermedades que afectan a las personas del llamado *Primer Mundo*.

Como hasta el momento los alumnos se han centrado únicamente en los intereses económicos y políticos como factores que impulsan o limitan el desarrollo tecnocientífico, ha sido necesario mencionar que existen otros factores importantes que también influyen, como son las creencias, cultura, tradiciones, etc.

En este sentido, los alumnos señalan, que a pesar de la influencia de estos factores, siempre hay un trasfondo económico. En la actualidad, señalan, son Estados Unidos y los países ricos de Europa los que impulsan o limitan el desarrollo tecnocientífico según sus propios intereses y, al final, acaba extendiéndose a todos los países, ya que los toman como referencia de progreso.

En cuanto al papel que debería jugar la ciudadanía, se ha iniciado un debate en torno a la posibilidad o no de influir en el desarrollo tecnocientífico. Por una parte, un sector del grupo-clase opina que los ciudadanos deberían poder opinar y criticar, tal y como mostramos en las respuestas de estos alumnos:

*- La ciudadanía debería tener un papel crítico y poder opinar sobre lo que estudia la ciencia.*

*- Los ciudadanos deberían impulsar la tecnología hacia los aspectos positivos y limitarla en los aspectos negativos, como la energía nuclear y las energías no renovables.*

Por otra, hay alumnos que opinan que la ciudadanía no debe tener ningún papel ya que no está preparada para ello:

*- No tendría que tener ningún papel porque la ciudadanía no está suficientemente informada como para opinar.*

En la discusión surgen dudas sobre cómo podríamos todos nosotros participar activamente en la toma de decisiones en cuestiones tecnocientíficas. Sin esta necesaria participación, la única opción que nos queda frente a cada innovación tecnológica es su aceptación o su rechazo. Por ejemplo, frente a la contaminación creada por la emisión de CO<sub>2</sub> de los automóviles, ¿la única opción que tenemos es aceptarlos o rechazarlos?, ¿no sería mejor poder opinar sobre cómo queremos que sean los coches en lugar de restringirnos a “lo tomas” o “lo dejas”?...

Esta cuestión es de gran importancia ya que, frecuentemente, las decisiones en materia de ciencia y tecnología tienen importantes consecuencias sociales y son tomadas por minorías económicas y políticas sin el suficiente conocimiento ni control de los ciudadanos potencialmente afectados por esas decisiones. De este modo, los “errores” de unos pocos acaban pagándolos muchos y las actuales desigualdades entre países en materia de ciencia y tecnología acentúan más si cabe la desigualdad económica entre ellos (Sánchez y Rodríguez, 2004).

En este punto llevamos el debate hacia una reflexión sobre los cambios que deberían producirse para poder participar en decisiones en materia de ciencia y tecnología. Los alumnos señalan la necesidad de que la toma de decisiones sobre ciencia y tecnología debería hacerse “entre todos”, es decir, de forma democrática. A este respecto les hacemos ver la necesidad de una democracia a escala mundial, ya que se trata de



trabajar por unos intereses comunes y establecer unas prioridades en la investigación científico-tecnológica que responda a dichos intereses.

Pero para que la ciudadanía pueda participar en la toma de decisiones en cuestiones tecnocientíficas es fundamental prepararla para ello. Es necesario, por tanto, una educación en ciencia y tecnología que, además de conocimientos técnicos y científicos, tenga en cuenta las repercusiones sociales y medioambientales del desarrollo científico-tecnológico.

#### **4. Los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y su relación con la tecnología**

Para analizar el papel que la tecnociencia puede y debe jugar frente a los graves problemas a los que hoy nos enfrentamos, es necesario que previamente adquiramos una visión global de cuales son dichos problemas, sus causas y las medidas que es necesario adoptar.

**A.9.** *Elaborad un listado de los problemas más graves a los que, en vuestra opinión, se enfrenta actualmente la humanidad.*

**A.10.** *Los problemas enumerados en la actividad anterior dibujan una situación de auténtica emergencia planetaria. ¿Cuáles pueden ser las causas de dicha situación?(O, dicho con otras palabras, ¿qué otros problemas subyacen?).*

**A.11.** *¿Cómo puede la humanidad hacer frente a esta situación de emergencia planetaria? Es decir, ¿qué medidas se deben adoptar para hacer posible un futuro sostenible?*

**A.12.** *Tal como hemos visto en la actividad anterior, la tecnociencia no puede resolver por sí sola los problemas a los que se enfrenta la humanidad... pero tiene un indudable papel en su solución. ¿Cuáles han de ser, en vuestra opinión, las características de una tecnología al servicio de un futuro sostenible?*

En primer lugar, invitamos a los alumnos a reflexionar individualmente acerca de los problemas más graves a los que, según su opinión se enfrenta actualmente la humanidad para, posteriormente ponerlos en común en pequeños grupos (actividad A.9).

El trabajo en pequeños grupos y la posterior puesta en común en el grupo-clase favorecen la creación de un amplio listado de problemas, en el que tan sólo unos pocos aspectos de los que han puesto de manifiesto expertos y diferentes investigaciones en

este campo no son citados (CMMD, 1988; Worldwatch Institute, 1984-2009; Tilbury, 1995; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Gil-Pérez, et al., 2003; Lynas, 2004; Gil-Pérez y Vilches, 2005c; Duarte, 2006; Pearce, 2007; IPCC, 2007; Sachs, 2008). Mostramos a continuación el listado completo de los problemas más graves a los que, según los alumnos, actualmente se enfrenta la humanidad:

*Contaminación: atmosférica, aguas, suelos; Accidentes de tráfico; Bandas organizadas; Terrorismo; Degradación del medio ambiente: incendios, talas masivas, etc.; Economía; Adicciones; Prostitución infantil; Aparición de nuevas enfermedades; Calentamiento global; Sequía; Destrucción de la capa de ozono; Aumento del consumo de tabaco, drogas, alcohol...; Analfabetismo; Guerras; Violaciones; Armas de fuego; Codicia; Egoísmo; Mal reparto del dinero; Sida; Deshielo de los polos; Maltratos en general; Discriminación; Mal gobierno; Comercio ilegal; Explotación infantil; Acoso escolar; Desertización; Lluvia ácida; Mala educación; Hambre; Pobreza; Cambio climático; Cáncer; Esclavitud; Extinción de especies; Violación de los derechos humanos; Residuos; Racismo; Violencia de género; Agotamiento de recursos; Inmigración ilegal; Tráfico humano; Delincuencia; Peligro nuclear.*

Como puede apreciarse, las aportaciones de los alumnos cubren buena parte de los aspectos considerados por los expertos (CMMAD, 1988; Gore, 1992; Brown, 1993 y 1998; González y de Alba, 1994; Fien, 1995; Hicks y Holden, 1995; Tilbury, 1995; Lewin, 1997; Naredo, 1997; Abramovitz, 1998; Deléage y Hémerly, 1998; Folch, 1998; Jáuregui, Egea y De la Puerta, 1998; McGinn, 1998; Tuxill y Bright, 1998; Flavin y Dunn, 1999; García, 1999; García Rodeja, 1999; Maaluf, 1999; O'Meara, 1999; Tuxill, 1999; Giddens, 2000; Mayor Zaragoza, 2000; Stiglitz, 2002; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Lynas, 2004; Balairón, 2005; Delibes y Delibes, 2005; Diamond, 2006; Duarte, 2006; Worldwatch, 2007; Bovet et al., 2008; Burdet y Sudjic, 2008; Hayden, 2008; Marqués et al., 2008; Vilches y Gil-Pérez, 2008...), aunque ha sido necesario detenernos para organizar sus contestaciones y clarificar algunas cuestiones.

Los alumnos citan, indistintamente, problemas como la *contaminación* junto a otros como el *calentamiento global* o la *lluvia ácida*. Es preciso aclarar que problemas como la lluvia ácida, el incremento del efecto invernadero (se ha insistido en que el problema

es el *incremento*), la destrucción de la capa de ozono... son secuelas de la *contaminación* y, como resultado de todo ello, se produce el *cambio climático* (íntimamente relacionado con el *deshielo de los polos*, la *desertización* y la *extinción de especies*). También pueden vincularse algunas consecuencias de la *contaminación* con la *destrucción de los recursos naturales*, que es otro de los problemas mencionados por los alumnos. De este modo, la *lluvia ácida* se relaciona con la *destrucción de masa forestal*, causa, a su vez, del *incremento del efecto invernadero*.

Otro problema que han mencionado los alumnos es el del *agotamiento de los recursos naturales*, también estrechamente relacionado con el de la *contaminación* (CMMAD, 1988; Carson, 1980; Bybee, 1991; Colborn, Myers y Dumanoski 1997; Brown, 1998; Folch, 1998; McNeill, 2003; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Lynas, 2004; Balairón, 2005; Delibes y Delibes, 2005; Diamond, 2006; Duarte, 2006; Bovet et al., 2008; Hayden, 2008; Vilches et al., 2008). Los grupos se han referido concretamente al agotamiento tres de ellos: a los *recursos energéticos*, al *petróleo* y al *agua*. Sin embargo, el agotamiento de otros recursos naturales como la *pérdida de masa forestal*, *recursos minerales*, *capa fértil de los suelos* y *disminución de las pesquerías*, han sido mencionados por nosotros ya que los alumnos no se habían referido a ellos.

Un problema que no citan los alumnos y que agrava los anteriormente mencionados, es el *actual proceso de urbanización*, que en pocas décadas ha multiplicado el número y tamaño de las grandes ciudades (CMMAD, 1988; Folch, 1998; Girardet, 2001; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Worldwatch Institute, 2007; Bovet et al., 2008; Burdet y Sudjic, 2008; Hayden, 2008).

Esta problemática ya había sido tratada en la puesta en común de la actividad A.7. Sin embargo, hemos querido profundizar en este aspecto mostrando las razones principales por las que, según los expertos, preocupa hoy el crecimiento urbano desordenado y las hemos relacionado con los problemas comentados por los propios alumnos. De este modo, hemos señalado que las grandes ciudades son “grandes fábricas de *contaminación*”, generan toneladas de *residuos* (O’Meara, 1999; Girardet, 2001; Vilches y Gil-Pérez, 2003), exigen una *gran demanda de energía*, se favorece el aumento de la *marginación*, *violencia* e *inseguridad ciudadana*, etc. (Myers, 1987;

Castells, 2000; Sassen, 2000; Naciones Unidas, 2001; GEO, 2002; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Worldwatch Institute, 2007).

Como hemos visto, todos estos problemas están íntimamente relacionados y provocan una *creciente degradación de la vida en el planeta* (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Folch, 1998; McGinn, 1998; Tuxill y Bright, 1998) que nos ha llevado a una situación de auténtica emergencia planetaria.

El estudio de los problemas que afectan actualmente a la humanidad, ayuda a los alumnos a comprender la necesidad de acabar con este *crecimiento agresivo para el medio ambiente*, que pone en peligro la continuidad de la especie humana en el planeta, y apostar por un *desarrollo sostenible* (Daly, 1997; Brown, 1998; Giddens, 2000; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Novo, 2006; Gil-Pérez et al., 2006; Sachs, 2008).

Hemos aprovechado la ocasión para pedir a los alumnos que, en sus casas, busquen información sobre el *desarrollo sostenible*. La definición que han encontrado la mayoría de ellos es la que propone la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland, CMMAD), que en 1987 definió el *desarrollo sostenible* como “el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades” (CMMAD, 1988).

Nos detenemos en este punto para hacerles comprender que el actual sistema económico, basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y la búsqueda de beneficios a corto plazo, es insostenible. El planeta y sus recursos es limitado (Daly, 1997; Ramonet, 1997; Brown, 1998; Brown y Mitchell, 1998; Folch, 1998; García, 1999) y es un bien que *pertenece a todos por igual*, en el presente y en el futuro, por lo que deberíamos preocuparnos por asegurar la satisfacción de las necesidades básicas de todas las personas (Vilches y Gil-Pérez, 2003; Gil-Pérez y Vilches, 2005c).

Una vez analizados los problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad y que nos han llevado a una situación de auténtica emergencia planetaria, conviene detenerse en el análisis de sus posibles causas (actividad A.10).

En general, los alumnos han intentado asociar una causa a cada uno de los problemas comentados hasta el momento (ver listado actividad A.9). Les hemos hecho ver la dificultad que ello supone debido fundamentalmente a la estrecha vinculación entre todos los problemas, por lo que varios problemas tendrán causas comunes (Fien, 1995; Tilbury, 1995). También es importante que vean que, en muchas ocasiones, algunos problemas son causa de otros.

Teniendo en cuenta estas aclaraciones, hemos sintetizado las posibles causas de la creciente degradación del planeta:

- *El hiperconsumo*, sobre el que tenemos la mayor responsabilidad las sociedades “desarrolladas”, así como los grupos poderosos de cualquier sociedad, que sigue creciendo como si las capacidades de la Tierra fueran infinitas (Daly, 1997; Brown y Mitchell, 1998; Folch, 1998; García Rodeja, 1999).
- *La explosión demográfica* que ha multiplicado por cuatro, en menos de un siglo, la población que ha de ser alimentada, y que sigue creciendo pese a que la actual población precisaría ya de los recursos de aproximadamente tres planetas Tierra para tener un nivel de vida similar al de un europeo medio (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Ehrlich y Ehrlich, 1994; Brown y Mitchell, 1998; Folch, 1998; Sen, 1999; Sartori, y Mazzoleni, 2003; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Delibes y Delibes, 2005; Diamond, 2006; Sachs, 2008).
- *Los enormes desequilibrios* existentes, con una quinta parte de la humanidad que apenas dispone del equivalente a un dólar diario y se ve obligada a una explotación insostenible del medio para simplemente sobrevivir (González y de Alba, 1994; Mayor Zaragoza, 1997; Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1998; Folch, 1998; Banco Mundial, 2000; Vilches y Gil-Pérez, 2003)
- *Los conflictos* y carreras armamentistas que dichos desequilibrios potencian y que se traducen en una absurda destrucción de recursos (CMMAD, 1988; González y de Alba, 1994; Folch, 1998; García, 1999; Maaluf, 1999; Renner, 1999; Mayor Zaragoza, 2000; Vilches; y Gil-Pérez, 2003; Vilches et al., 2008)

Una vez analizados los problemas más graves a los que actualmente se enfrenta la humanidad y sus posibles causas, hemos pasado a plantear la siguiente actividad, en la

que se propone una reflexión sobre las medidas a adoptar para hacer frente a dichos problemas (actividad A.11).

En general, al preguntar a los alumnos sobre las posibles soluciones, citan medidas como reciclar y reutilizar, usar el transporte público, consumir menos, contaminar menos, endurecer las leyes e imponer multas a las empresas que contaminan, ahorrar agua y energía, no abusar de los recursos, concienciar, usar energías limpias, etc.

Como en otras ocasiones, ha sido necesario organizar sus contestaciones, ya que citan medidas tecnológicas, educativas y políticas “mezcladas”. Por otra parte, nos interesa que diferencien entre medidas que se puedan adoptar inmediatamente, a medio plazo o con unas previsiones de futuro. Por último, también hemos querido insistir en la aportación que cada uno de nosotros puede hacer a favor de un desarrollo sostenible.

Como era de esperar, muchos alumnos muestran dudas sobre la efectividad de las posibles acciones individuales a favor del desarrollo sostenible. Un argumento muy utilizado es que, por ejemplo, el gasto de energía o de agua que se puede realizar en casa, en comparación con el realizado por la industria, es insignificante. Sin embargo, realizando cálculos sencillos, han podido ver que, si bien la contribución individual puede ser muy pequeña, la suma de esas pequeñas acciones tiene repercusiones nada despreciables (Button y Friends of the Earth, 1990; Silver y Vallely, 1998; Comín y Font, 1999; García Rodeja, 1999; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Furió et al., 2005; Bovet et al., 2008). Como ejemplo sencillo, les hemos pedido que calculen la cantidad de agua que podríamos ahorrar en un año si en cada una de nuestras casas dejáramos de gastar un litro de agua al día, disminuyendo simplemente la capacidad de la cisterna del váter.

Una vez argumentada la importancia de las acciones individuales, hemos pasado a agrupar las medidas mencionadas por los alumnos, según la siguiente clasificación:

- Medidas tecnológicas: Investigar energías alternativas, energías renovables, búsqueda de materiales no contaminantes y reciclables, etc.
- Medidas educativas: moderación del consumo, reciclar, potenciar el uso del transporte público, etc., sin olvidar la educación para la participación ciudadana en la toma de decisiones.

- Medidas políticas: Normas internacionales, sanciones, incentivos, etc.

Hemos querido llamar la atención sobre el hecho de que, en muchas ocasiones, unas medidas están relacionadas con otras. Así, por ejemplo, si se concientiza a la gente para que recicle los residuos domésticos (medidas educativas), debe existir una infraestructura suficientemente desarrollada (medidas tecnológicas) para la recogida y posterior tratamiento de dichos residuos. Esta “cultura” del reciclaje se ha conseguido imponer en algunas ciudades (e incluso en países) gracias, en buena parte, a la presión de ciudadanos activos y a la adopción de medidas por los gobernantes (medidas políticas). De esta forma, con un ejemplo hemos mostrado que las medidas tecnológicas, por sí solas, no son la solución a los problemas: es necesario contemplar un conjunto de medidas que se potencien entre sí (CMMAD, 1988; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Gil-Pérez y Vilches, 2005c).

Llegados a este punto, hemos mencionado la importancia de trabajar para conseguir la universalización y ampliación de los Derechos Humanos, como condición imprescindible para el logro de la sostenibilidad (Mayor Zaragoza, 1997; Sen, 1999; Vilches y Gil-Pérez, 2003).

Hemos explicado a los alumnos qué se entiende hoy por Derechos Humanos, un concepto que ha ido ampliándose hasta contemplar tres “generaciones” de derechos (Vercher, 1998) y que constituyen, como ha sido señalado, requisitos básicos de un desarrollo sostenible.

Una vez analizadas las posibles medidas que podrían adoptarse en favor de un futuro sostenible, hemos pasado a presentar la siguiente actividad (actividad A.12) en la cual nos centramos en las características que deben tener las *tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible* (Gore, 1992; Daly, 1997; Flavin y Dunn, 1999), insistiendo una vez más, en la necesidad de contemplar el conjunto de medidas en su totalidad.

En la puesta en común de las características que deben tener las tecnologías para que favorezcan el desarrollo sostenible, todos los grupos han coincidido en que deben ser *ecológicas* (no contaminantes) y *que funcionen con energías renovables* (reciclables y/o

reutilizables en el caso de objetos). Estas características, hemos señalado, son muy “amplias” por lo que es conveniente concretarlas más.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que las tecnologías *no contaminantes* deben serlo en su utilización y en su obtención (energía) o fabricación (objetos). De nada sirve construir automóviles que no desprendan CO<sub>2</sub> si para su fabricación se utilizan materiales no reciclables o en el proceso de construcción se contamina más que en el montaje de automóviles tradicionales.

Por otra parte, al hablar de tecnologías no contaminantes, es importante tener en cuenta todos los tipos de contaminación existentes y no limitarnos sólo a la contaminación ambiental producida, por ejemplo, por humos o vertidos a ríos y mares. Así, por ejemplo, la producción de energía eléctrica mediante aerogeneradores es una “energía limpia” para el medio ambiente, ya que no produce residuos contaminantes, sin embargo, los parques eólicos pueden llevar asociados otros problemas como la contaminación visual o el peligro que estas instalaciones suponen para las aves, si no se elige adecuadamente su ubicación. Es, por tanto, necesario *evaluar* cada desarrollo tecnológico, realizando estudios detallados de sus posibles consecuencias, tanto medioambientales como sociales y tanto a nivel global como local.

En este punto, nos hemos referido de nuevo a la necesidad de tener en cuenta el *principio de precaución*, que exige la realización de un estudio detenido de las repercusiones que puede tener un proyecto tecnológico, para evitar la aplicación apresurada de una tecnología, cuando aún no se han investigado suficientemente sus posibles repercusiones (López Cerezo y Luján, 2000; Vilches y Gil-Pérez, 2003; Luján y Echevarría, 2004).

Otra característica que deberían tener las tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible es *que sean accesibles para todo el mundo*. Recordamos a los alumnos que el desarrollo científico-tecnológico es un factor determinante que acentúa las desigualdades entre grupos sociales y, por tanto, otra característica que deberían tener las nuevas tecnologías es la de contribuir a la reducción de dichas desigualdades (Vilches y Gil-Pérez, 2003).



Para finalizar, hemos comentado que Daly (1997) señala que las nuevas tecnologías es preciso que cumplan lo que denomina “principios obvios para el desarrollo sostenible”:

- Las tasas de explotación de los recursos naturales renovables no deben superar a las de regeneración (o, para el caso de recursos no renovables, de creación de sustitutos renovables).
- Las tasas de emisión de residuos deben ser inferiores a las capacidades de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos.
- “En lo que se refiere a la tecnología, la norma asociada al desarrollo sostenible consistiría en dar prioridad a tecnologías que aumenten la productividad de los recursos (...) más que incrementar la cantidad extraída de recursos (...).

Aquí finalizan las actividades del programa diseñado para la puesta a prueba de la segunda hipótesis. Sin embargo, tal y como se señalaba en el capítulo anterior, se han preparado algunas actividades de recapitulación, que pasamos a mostrar a continuación.

### **5. Actividades de recapitulación**

Como habíamos comentado al principio de este capítulo, hemos preparado unas actividades de recapitulación con el propósito de afianzar los conocimientos adquiridos durante las sesiones de aplicación del programa de actividades.

Aunque en un principio se habían preparado 4 actividades, por cuestiones de tiempo, finalmente tan sólo se han podido realizar dos de ellas.

**A.R.1.** *Escucháis decir que “La tecnología es una actividad simple que se limita a aplicar la ciencia”. ¿Qué argumentaríais al respecto?*

La totalidad de los alumnos se han mostrado en desacuerdo con la afirmación presentada, tal y como puede apreciarse en los ejemplos que mostramos a continuación:

yo contestaría que no es cierto porque la tecnología es antes que la ciencia. Además no es una actividad simple porque hay muchos factores que influyen en la tecnología que no son de la ciencia.

*(Yo contestaría que no es cierto porque la tecnología es antes que la ciencia. Además no es una actividad simple porque hay muchos factores que influyen en la tecnología que no son de la ciencia)*

Durante muchos siglos la tecnología ha avanzado sin la ciencia porque hasta el siglo XVIII no se empezó a hacer ciencia y se hacía tecnología. Actualmente la tecnología y la ciencia se apoyan y se necesitan para avanzar.

*(Durante muchos siglos la tecnología ha avanzado sin la ciencia porque hasta el siglo XVIII no se empezó a hacer ciencia y se hacía tecnología. Actualmente la tecnología y la ciencia se apoyan y se necesitan para avanzar)*

- Que no es cierto porque a veces la tecnología se apoya en la ciencia pero otras veces la tecnología crea cosas que no necesitan la ciencia.

*(Que no es cierto porque a veces la tecnología se apoya en la ciencia pero otras veces la tecnología crea cosas que no necesitan la ciencia)*

En todas las respuestas de los alumnos hemos encontrado referencias a alguno de los aspectos fundamentales de las relaciones ciencia-tecnología trabajados en el programa de actividades.

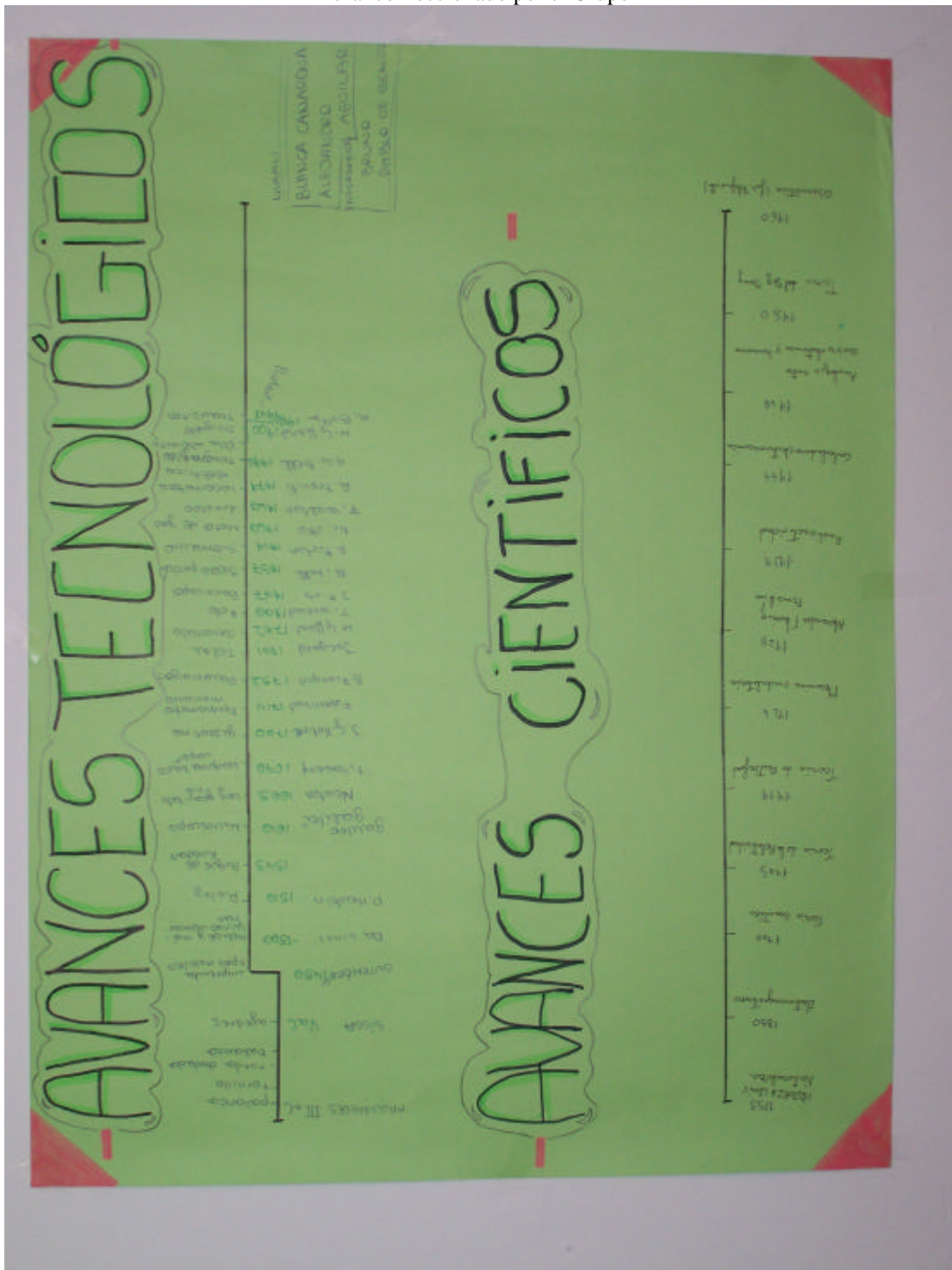
Otra actividad diseñada para ayudar a los alumnos a comprender que la tecnología ha precedido en milenios a la ciencia es la siguiente:

**A.R.2.** *Buscad información para construir una relación cronológica de las grandes adquisiciones de la actividad técnica de los seres humanos desde los orígenes de la civilización. Incluid, además, algunos hechos clave de la ciencia.*

7. Presentación y análisis de resultados de la segunda hipótesis

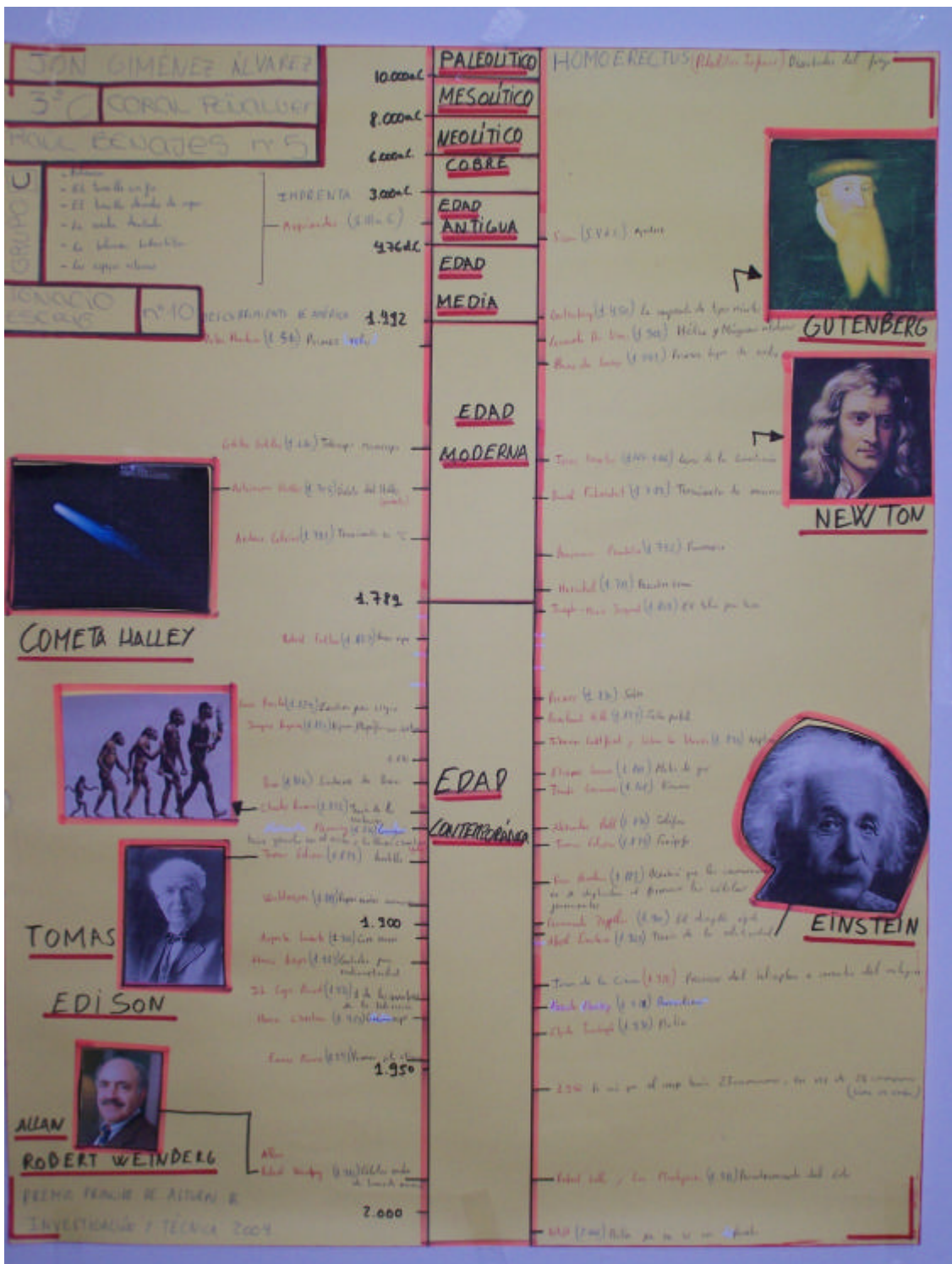
Esta actividad se realizó durante dos sesiones de trabajo. En la primera de ellas se presentó la actividad a realizar y se dieron algunas orientaciones básicas, recordando lo trabajado anteriormente. Posteriormente, se facilitó a los alumnos el uso del aula de informática para que pudieran realizar búsquedas en Internet. Con la información recogida, en la segunda sesión los alumnos confeccionaron los murales que mostramos a continuación:

Mural confeccionado por el Grupo 1



7. Presentación y análisis de resultados de la segunda hipótesis

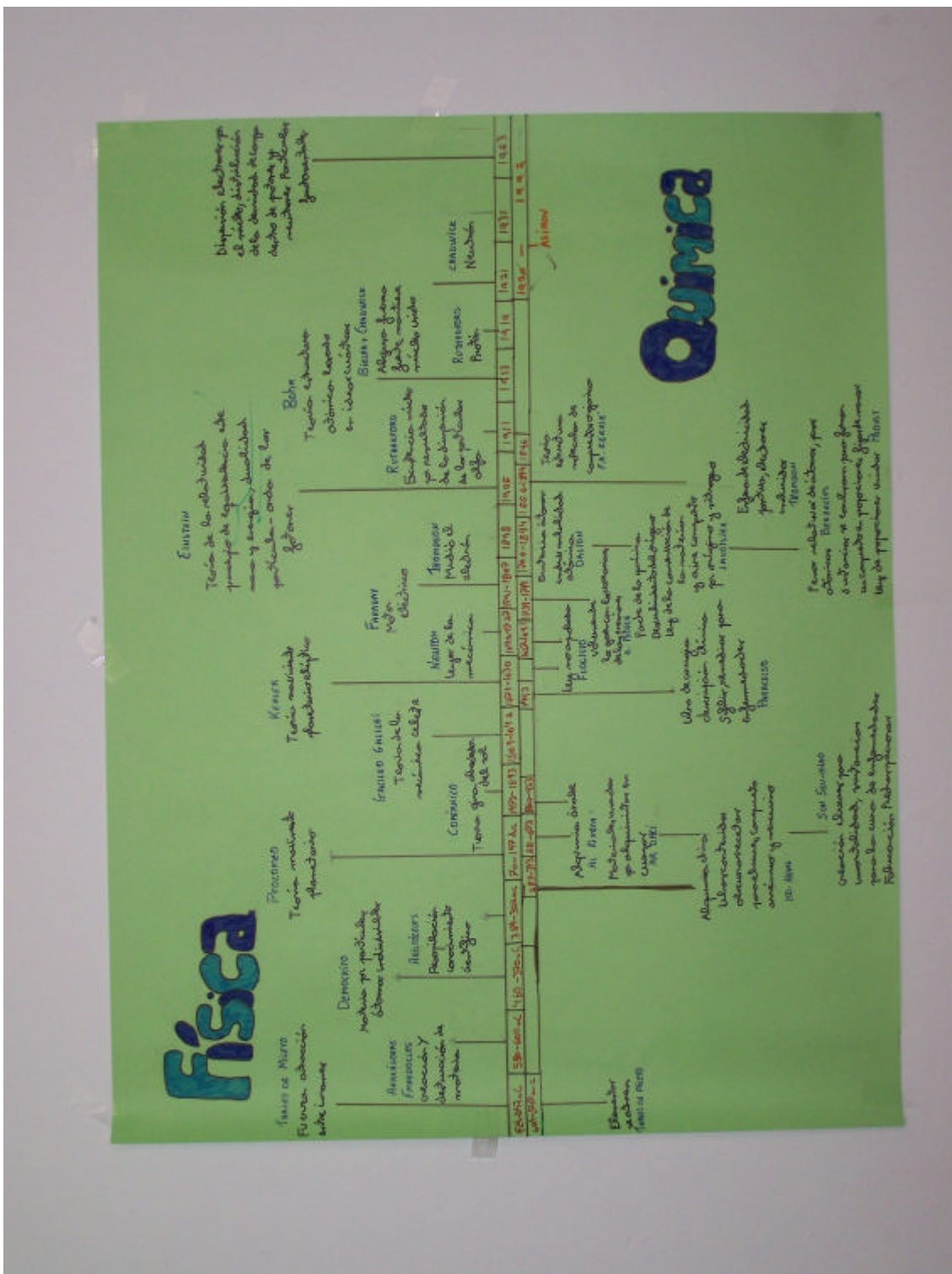
Mural confeccionado por el Grupo 2



Mural confeccionado por el Grupo 3



Mural confeccionado por el Grupo 4



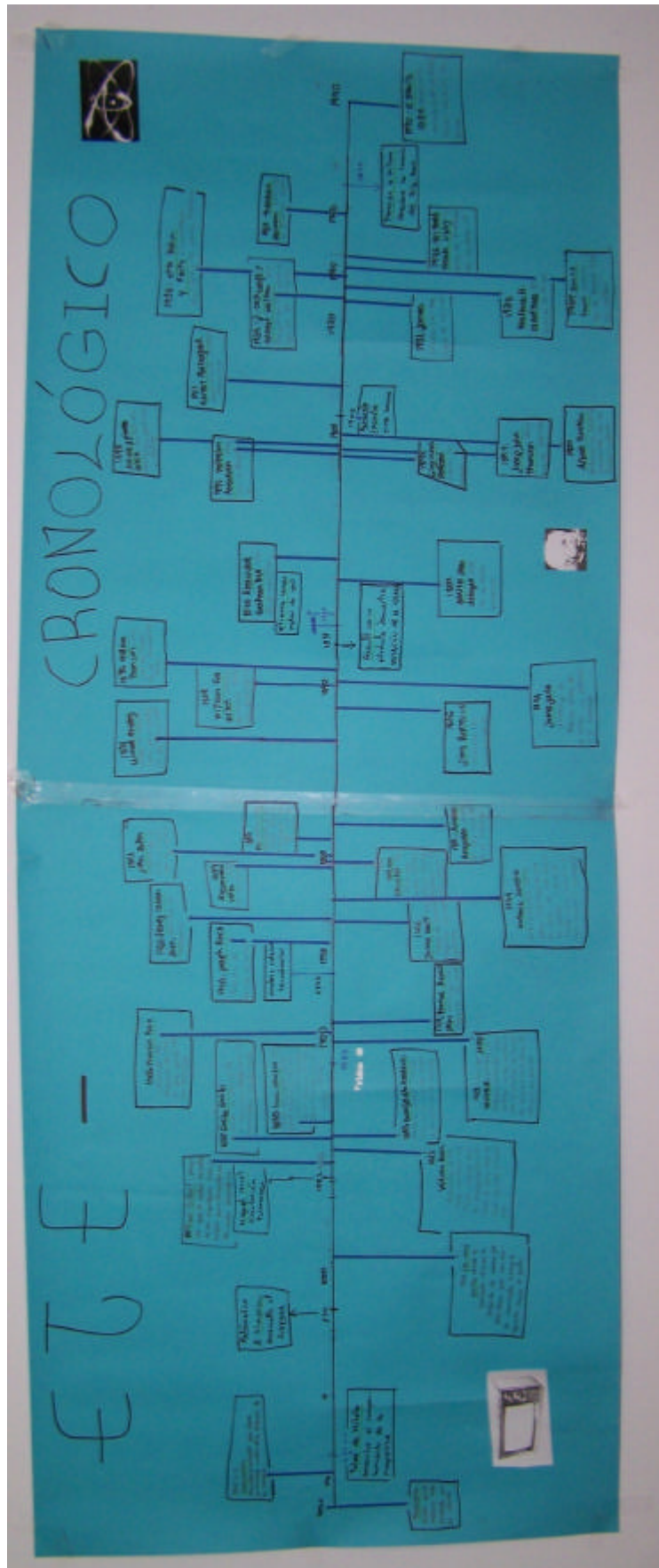
7. Presentación y análisis de resultados de la segunda hipótesis

Mural confeccionado por el Grupo 5



7. Presentación y análisis de resultados de la segunda hipótesis

Mural confeccionado por el Grupo 6





Con estas dos actividades de recapitulación hemos dado por concluido esta fase del trabajo con los alumnos. Las contribuciones de los estudiantes que hemos transcrito constituyen unos primeros resultados cualitativos que muestran ya la capacidad de las actividades diseñadas para favorecer la reflexión y el debate esclarecedores.

En el siguiente apartado mostraremos los resultados obtenidos, meses después, con el fin de constatar la efectividad del programa de actividades impartido para lograr, de forma durable, mejores percepciones de la naturaleza de la tecnología y de las relaciones CTSA.

## **7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS TRAS LA UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

Con el fin de comprobar la validez del programa de actividades utilizado con los alumnos, siete meses después de su finalización les hemos pedido que contesten los cuestionarios A1 y A2 que ya habíamos utilizado con alumnos de 3º y 4º de ESO que no han participado en el programa. Queremos destacar que hemos querido ponernos en una situación desfavorable para nuestra hipótesis, y se ha dejado transcurrir bastante tiempo entre la finalización del programa de actividades con los alumnos y su evaluación mediante los cuestionarios. Así, la puesta en práctica del programa de actividades se finalizó a mediados del mes de octubre de 2007 y los cuestionarios A1 y A2 se pasaron en mayo de 2008. Los resultados completos se encuentran en el Anexo VIII.

### **7.2.1 Resultados de las contestaciones dadas por los alumnos tratados al Cuestionario A1, diseñado para poner a prueba la 2ª hipótesis**

La finalidad de este diseño es poder comparar las respuestas de los alumnos que han participado en el programa (a partir de ahora, *Grupo Experimental* o *alumnos tratados*) con las que habían dado los alumnos que no han participado en él (a partir de ahora, *Grupo Control* o *alumnos no tratados*) y cuyos resultados se presentaron en el capítulo 4. Según nuestra hipótesis, los alumnos del *Grupo Experimental* habrían de mostrar una imagen más adecuada acerca de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad que los alumnos del *Grupo Control*.

En primer lugar, mostraremos en una tabla (**Cuadro 7.2.1**) y en un gráfico (**Gráfico 7.2.1**) las puntuaciones otorgadas por los alumnos del *Grupo Experimental* y del *Grupo Control* a cada una de las proposiciones del cuestionario A1.

A continuación, realizaremos un análisis en profundidad de los comentarios que los alumnos han añadido a dichas proposiciones, considerando para ello las referencias que hacen a los aspectos clave de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, tal y como hicimos en el capítulo 4. Mostraremos, a su vez, las respuestas de los alumnos del *Grupo Control* con el fin de comparar los resultados obtenidos.

**Cuadro 7.2.1**

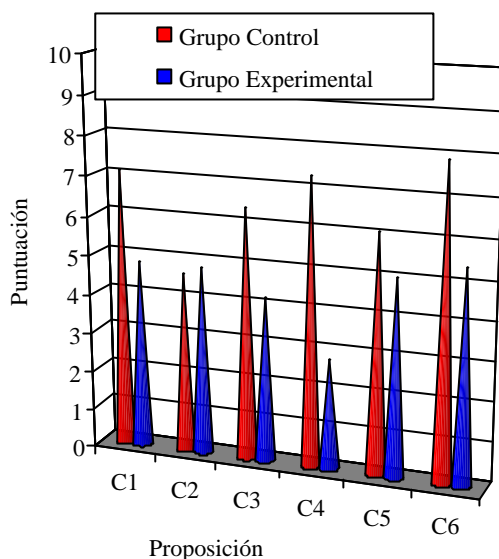
**Cuadro comparativo del promedio de las puntuaciones (entre 0 y 10) concedidas por los alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control a cada una de las proposiciones del Cuestionario A1**

Proposición	Grupo Exp. (N = 29)	Grupo Control (N = 88)	$t_d$
	Nota (SD)	Nota (SD)	
C1. La tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos.	4,8 (2,8)	7,1 (1,8)	<u>4,15</u>
C2. La Tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad.	4,8 (2,9)	4,6 (2,9)	0,32
C3. Las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas.	4,2 (2,3)	6,4 (2,6)	<u>4,32</u>
C4. La tecnología se basa siempre en los desarrollos científicos, por lo que no existiría tecnología sin la ciencia que le precede.	2,8 (3,3)	7,3 (2,7)	<u>6,65</u>
C5. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización.	5,0 (2,9)	6,1 (2,7)	<u>1,80</u>
C6. El progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social.	5,4 (2,1)	7,9 (1,9)	<u>5,69</u>
<b>PUNTUACIÓN MEDIA</b>	<b>4,5 (0,9)</b>	<b>6,6 (1,1)</b>	

Como vemos en el Cuadro 7.2.1, a simple vista se pueden apreciar importantes diferencias excepto en la proposición C2. Para verificar si estas diferencias de puntuación son significativas, hemos calculado para cada proposición la  $t$ -Student ( $t_d$ ) de la diferencia y la hemos incorporado al Cuadro 7.2.1. Si nos fijamos en la  $t_d$  obtenida en cada proposición vemos que, de las 6 que aparecen en total, en 5 de ellas (que hemos subrayado) hay una diferencia estadísticamente significativa, ya que el valor de la  $t_d$  es superior al que podríamos encontrar en las tablas (1.66) para un  $p = 0,05$  y grados de libertad  $>100$ . Este hecho nos permite afirmar que las diferencias obtenidas en ambos grupos son estadísticamente significativas, excepto, repetimos, para la proposición C2, ya que la probabilidad de que sean debidas al azar está por debajo del 5% para la C5 e inferior al 0.1% para las C1, C3, C4 y C6.

Veamos los resultados del Cuadro 7.2.1, representados en el Gráfico 7.2.1:

**Gráfico 7.2.1**  
**Gráfico comparativo del promedio de las puntuaciones concedidas por los alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control a cada una de las proposiciones del Cuestionario A1**



Las puntuaciones otorgadas por los alumnos a las proposiciones que componen el Cuestionario A1 son una referencia que nos permite obtener una primera idea de las diferencias entre el *Grupo Experimental* y el *Grupo Control*.

En primer lugar, llama la atención, tal y como se aprecia en el cuadro y gráfico anteriores, la gran diferencia en las puntuaciones otorgadas por los alumnos del *Grupo Experimental* y del *Grupo Control* a las proposiciones C1 y C4. En concreto, los alumnos del *Grupo Experimental* puntúan ambas proposiciones muy por debajo de lo que lo hacen los alumnos del *Grupo Control*. Este resultado es, en principio, muy favorable para nuestra hipótesis ya que, como recordaremos, ambas proposiciones transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”. Además, el valor de la  $t_d$  obtenido ( $t_{d1} = 4,15$  y  $t_{d4} = 6,65$ ) nos permite afirmar que la probabilidad de que esta diferencia no sea significativa (debida al azar) es inferior al 5%.

En otras proposiciones, como la C3 y la C6, también se observa que los alumnos del *Grupo Experimental* otorgan puntuaciones inferiores a las de los alumnos del *Grupo Control*. Estos resultados apoyan de nuevo nuestra hipótesis ya que la proposición C3 muestra a la tecnología como prácticamente única solución a los problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad y la C6 transmite una imagen simplista de las

relaciones ciencia-tecnología-sociedad, ya que establece una relación lineal entre el desarrollo tecnológico y el progreso social. Del mismo modo que antes, estas diferencias pueden considerarse significativas ya la probabilidad de que las diferencias sean debido al azar es menor del 0.1% ( $t_{d3} = 4,32$  y  $t_{d6} = 5,69$ ).

Por otra parte, en la proposición C5, que se refiere al papel de los tecnólogos en las decisiones sobre la utilización de los desarrollos tecnológicos, también pueden observarse diferencias entre las puntuaciones otorgadas por ambos grupos, siendo también en este caso inferior la del *Grupo Experimental*. Al igual que en las proposiciones antes comentadas, también podemos considerar la diferencia significativa ya que  $t_{d5} = 1,80$ .

La única proposición que es valorada con una puntuación inferior por parte del *Grupo Control*, aunque sin diferencias significativas ( $t_d = 0,32$ ) es la C2 (4,6 frente a 4,8 del *Grupo Experimental*), que considera a la tecnología como principal responsable de los problemas que afectan actualmente a la humanidad. Sin embargo, consideramos que esta proposición es la que más “matices” tiene, por lo que será necesario analizar los comentarios de los alumnos antes de hacer una valoración final.

Como ya hemos comentado, no podemos quedarnos exclusivamente con estos resultados, por lo que a continuación realizaremos un análisis en profundidad de los comentarios añadidos por los alumnos a cada una de las proposiciones.

Antes de pasar a analizar los resultados obtenidos, queremos hacer una puntualización: algunos alumnos se han referido en sus respuestas a más de un aspecto, por lo que lógicamente los porcentajes pueden sumar más de 100. Una vez aclarado este detalle, pasamos al análisis de los resultados mostrados.

En primer lugar, nos detendremos en las proposiciones C1 y C4 que son aquellas que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”. Para poder estudiar con mayor profundidad la imagen de los alumnos acerca de las relaciones ciencia-tecnología, hemos considerado 4 aspectos clave y analizado posteriormente los comentarios de los alumnos para comprobar en qué medida se refieren a ellos. En el **Cuadro 7.2.2** se muestran los aspectos analizados para la proposición C1:

Cuadro 7.2.2

Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C1, según la cual “la tecnología consiste, fundamentalmente, en la aplicación de los conocimientos científicos para el diseño y construcción de objetos útiles, que sirven para satisfacer necesidades”, dadas por alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control

	Grupo Exp. (N = 29)	Grupo Control (N = 88)	$t_d$
	% (SD)	% (SD)	
(C11) Critica la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	79,3 % (7,5)	3,4% (1,9)	9,81
(C12) Refuerza la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	6,9% (4,7)	22,7% (4,5)	-2,43
(C13) Puntúan, pero dejan en blanco la justificación	0% (--)	14,8% (3,8)	-3,9
(C14) Otros	13,8% (6,4)	59,1% (5,2)	-5,5

Como puede apreciarse en la comparación entre el *Grupo Experimental* y el *Grupo Control*, existe una gran diferencia tanto en el porcentaje de alumnos que critican como en el que refuerzan la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” transmitida por la proposición C1. Mostramos a continuación algunos ejemplos de respuestas de alumnos del *Grupo Experimental* criticando esta imagen:

Alumno 1

- No tiene por qué ser siempre y fundamentalmente así. Aunque actualmente la ciencia y la tecnología se complementan mutuamente (imbricación entre ciencia y tecnología)

Alumno 2

- Se basa en la construcción de objetos, pero no siempre tienen un estudio científico previo (la actividad tecnológica se basa, en muchas ocasiones, en conocimientos no científicos)

Alumno 3

- Yo creo que no, porque antes de que apareciera la ciencia ya existía la tecnología (la tecnología precede a la ciencia)

Otra proposición incluida en el cuestionario que transmite una imagen de la tecnología como “ciencia aplicada” es la C4. Esta proposición, tal y como hemos visto en el **Cuadro 7.2.1** es puntuada por los alumnos del *Grupo Experimental* muy por debajo de lo que lo ha hecho el *Grupo Control* (2,8 y 7,3 respectivamente). Sin embargo, para estudiar con mayor profundidad la imagen de los alumnos acerca de las relaciones ciencia-tecnología, hemos establecido 5 aspectos y analizado posteriormente los comentarios de los alumnos para comprobar en qué medida se refieren a ellos:

Cuadro 7.2.3

**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C4, según la cual “*la Tecnología es siempre deudora de los desarrollos científicos, por lo que no puede hablarse de la existencia de tecnología sin remitirnos a la ciencia que le precede*”, dadas por alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control**

	<b>Grupo Exp. (N = 29)</b>	<b>Grupo Control (N = 88)</b>	
	<b>% (SD)</b>	<b>% (SD)</b>	<b>t<sub>d</sub></b>
(C41) Señala la existencia de tecnología sin concurso de la ciencia	79,3% (7,5)	6,8% (2,7)	9,10
(C42) Se refiere a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología	10,3% (5,6)	4,5% (2,2)	0,93
(C43) Critica la imagen de tecnología como mera “ciencia aplicada”	34,5% (8,8)	4,5% (2,2)	3,31
(C44) Señala que la tecnología también plantea nuevos retos a la ciencia	3,4% (1,8)	0% (–)	1,89
(C45) Refuerza la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”	6,9% (4,7)	55,7% (5,3)	-6,89
(C46) No contestan, no justifican, no definen	6,9% (4,7)	28,5% (4,8)	-3,21

Como se ve, existe una gran diferencia entre el porcentaje de alumnos del *Grupo Experimental* y del *Grupo Control* que refuerzan en sus comentarios la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada” (6,9% frente a 55,7%). Por otra parte, también destaca la diferencia de alumnos que critica esta imagen en sus comentarios (34,5% frente a 4,5%). En este sentido, queremos señalar que hemos contabilizado aquellas respuestas en las que los alumnos se han mostrado en desacuerdo con esta proposición de manera explícita con expresiones como “*no es cierto*”, “*no es verdad*” o “*no estoy de acuerdo*”.

También destaca la diferencia existente entre el porcentaje de alumnos que señalan la existencia de tecnología sin concurso de la ciencia (79,3% frente a 6,8%). Mostramos, a modo de ejemplo, algunas contestaciones de los alumnos del *Grupo Experimental*:

- *No, en la antigüedad se utilizaba la tecnología (cuchillo, pinturas, lanzas) sin saber nada de ciencia, ellos sabían que aquello funcionaba pero no sabían el porqué.*
- *La tecnología no se basa siempre en los desarrollos científicos ya que la tecnología precede a la ciencia.*
- *La tecnología ha existido desde el principio de los tiempos y no la ha apoyado la ciencia, pero más tarde y actualmente la ciencia ayuda a grandes proyectos tecnológicos.*

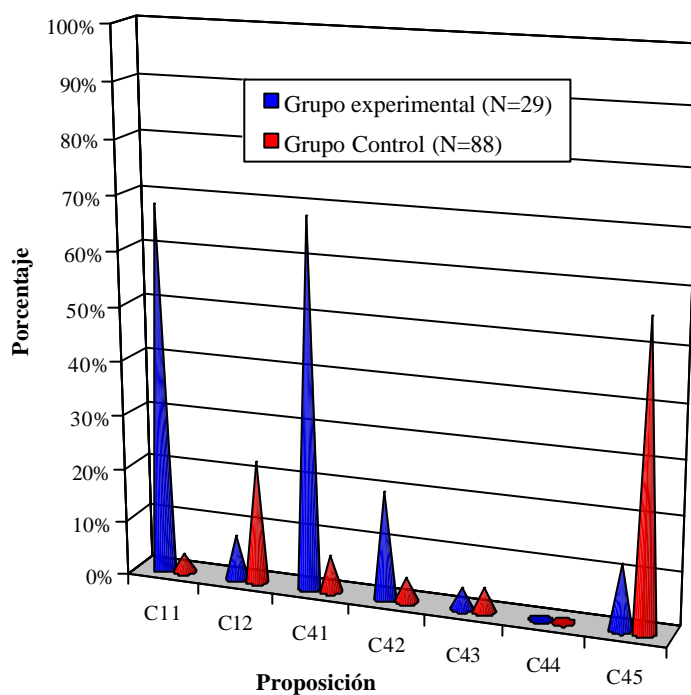
Otro aspecto en el que se observa una diferencia entre el porcentaje de menciones por parte del *Grupo Experimental* y el *Grupo Control*, es el que se refiere a la gran

imbricación que existe actualmente entre ciencia y tecnología (aspecto C42).  
Reproducimos, a continuación, la respuesta de un alumno.

- *La tecnología ha existido desde el principio de los tiempos y no le ha apoyado la ciencia, pero actualmente la ciencia ayuda a grandes proyectos tecnológicos y viceversa.*

Una vez analizados los aspectos más destacados, mostramos en un gráfico comparativo los resultados de las proposiciones C1 y C4 en el que se observan fácilmente las diferencias:

**Gráfico 7.2.2**  
**Gráfico del porcentaje de alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control que se refieren a los aspectos más destacados de las proposiciones C1 y C4 del Cuestionario A1.**



- C11: Critica la imagen de la tecnología como mera "ciencia aplicada"
- C12: Refuerza la imagen de la tecnología como mera "ciencia aplicada"
- C41: Señala la existencia de tecnología sin concurso de la ciencia
- C42: Se refiere a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología
- C43: Critica la imagen de tecnología como mera "ciencia aplicada"
- C44: Señala que la tecnología también plantea nuevos retos a la ciencia
- C45: Refuerza la imagen de la tecnología como mera "ciencia aplicada"

Estos resultados, pensamos, apoyan parte de la segunda hipótesis de esta investigación que, como recordaremos, plantea que es posible transformar las visiones deformadas de los estudiantes mediante la elaboración y puesta a prueba de materiales y estrategias adecuadas que contribuyan a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología

y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Como hemos visto, los alumnos del *Grupo Experimental* poseen una imagen de las relaciones ciencia-tecnología más acorde con la opinión de los expertos que los alumnos que no han trabajado la unidad didáctica.

Para completar el estudio de la imagen que los alumnos del *Grupo Experimental* tienen acerca de la tecnología, a continuación, analizaremos los comentarios que han añadido a las proposiciones C2, C3, C5 y C6 que muestran diversas visiones de las relaciones tecnología-sociedad-ambiente. Para ello, tal y como venimos haciendo, hemos establecido una serie de aspectos para cada una de las proposiciones y contabilizaremos el porcentaje de alumnos que se refieren a ellos, junto a algunos ejemplos de sus contestaciones.

En primer lugar, analizaremos los comentarios de los alumnos a la proposición C3 que, como recordaremos, plantea que *las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas*.

**Cuadro 7.2.4**  
**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C3,**  
**según la cual “las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad**  
**dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas”,**  
**dadas por alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control**

	<b>Grupo Exp.</b> <b>(N = 29)</b>	<b>Grupo Control</b> <b>(N = 88)</b>	
	<b>% (SD)</b>	<b>% (SD)</b>	<b>t<sub>d</sub></b>
(C31) Se muestran totalmente de acuerdo con la proposición	0% (--)	40,9% (5,2)	-7,87
(C32) Se refiere a la necesidad de cambios políticos y/o sociales	24,1% (7,1)	0% (-)	3,39
(C33) Se refiere a la necesidad de medidas educativas	24,1% (7,1)	2,3% (1,6)	2,99
(C34) Se refiere a la necesidad de compromiso individual	34,5% (8,8)	1,1% (1,1)	3,77
(C35) Deja en blanco la justificación	0% (--)	10,3% (3,2)	-3,22
(C36) Otros, sin definir	34,5% (8,8)	45,4% (5,3)	-1,06

Como se aprecia en el **Cuadro 7.2.4**, ninguno de los alumnos del *Grupo Experimental* se muestra de acuerdo con esta afirmación. Este dato contrasta con el de los alumnos del *Grupo Control* ya que, como vemos, un 40,9% de éstos sí está de acuerdo con la proposición C3.



También podemos apreciar que casi la cuarta parte de los alumnos del *Grupo Experimental* (24,1%) no confía en tecnologías más avanzadas para la solución de los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad y señala la necesidad de cambios políticos y/o sociales. Este dato es importante ya que ningún alumno del *Grupo Control* se había referido a ello. Mostramos a continuación las respuestas de dos *alumnos tratados*:

- *Todos los problemas no solo pueden ser tecnológicos, también pueden ser sociales y eso no lo arreglan.*
- *En parte sí, pero hace falta motivar a la gente, adoptar medidas políticas, usar maquinaria más ecológica... Depende en parte de la tecnología y en parte de las personas*

Por otra parte, el mismo porcentaje de alumnos se refieren a la necesidad de contemplar junto a las tecnologías avanzadas, medidas educativas para afrontar los graves problemas a los que hoy en día nos enfrentamos:

- *Sí, pero también depende de concienciar a la gente para ayudar a esto. Hay que educar a los niños, reciclar, etc. También depende de nosotros.*
- *De las tecnologías más avanzadas y de concienciar a las personas*

Por último, destacar que más de un tercio de los alumnos del Grupo Experimental (34,5%) se refieren a la necesidad de compromiso individual:

- *Con esos conocimientos no llegaremos a ningún sitio. Podemos utilizar técnicas rudimentarias, como reciclar por uno mismo.*
- *Depende del uso que le demos a la tecnología; no abusar, uso racional.*

Como vemos, los porcentajes de respuestas de los alumnos del *Grupo Experimental* referidas a cada uno de los aspectos analizados, suponen una mejoría respecto a los del *Grupo Control*.

En contraposición a la imagen transmitida por esta proposición, que sostiene que la solución a todos los problemas radica en el avance de la tecnología (imagen positiva), estaría la proposición C2, la cual muestra una imagen de la tecnología como causa principal de los problemas medioambientales (imagen negativa). Como venimos haciendo, para facilitar el análisis de las respuestas de los alumnos, hemos agrupado las respuestas tal y como se muestra en el **Cuadro 7.2.5**:

**Cuadro 7.2.5**  
**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C2,**  
**“la tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales**  
**a los que se enfrenta actualmente la humanidad”,**  
**dadas por los alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control**

	<b>Grupo Exp. (N = 29)</b>	<b>Grupo Control (N = 88)</b>	
	<b>%(SD)</b>	<b>%(SD)</b>	<b>t<sub>d</sub></b>
(C21) La principal causante es la sociedad y el mal uso que se hace de la tecnología	62,1% (9,0)	27,3% (4,7)	3,43
(C22) La causa principal son los intereses políticos y económicos	3,4% (3,4)	1,1% (1,1)	0,64
(C23) Refuerza la idea transmitida por la proposición C2	10,3% (5,6)	15,9% (3,9)	-0,82
(C24) La tecnología también resuelve problemas	10,3% (5,6)	0% (--)	1,83
(C25) No define (“hay más factores”, “hay otros responsables”...)	20,7% (7,5)	36,4% (5,1)	-1,72
(C26) No contesta	0% (--)	19,3% (3,4)	-5,68

Tal y como se aprecia en el cuadro anterior, un porcentaje elevado de los alumnos del *Grupo Experimental* (62,1%) piensa que la causa principal de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad está relacionada con la propia sociedad y el mal uso que hace de la tecnología. Como ya hemos comentado anteriormente, consideramos que esta proposición tiene varios “matices” en los que conviene detenerse. Por una parte, es significativa la diferencia en el porcentaje de alumnos que no justifica su respuesta: casi la quinta parte de los alumnos del *Grupo Control* no ha añadido justificación ni comentarios. Por otra parte, también destaca que en ese mismo grupo ningún alumno haya comentado que la tecnología también ayuda a resolver problemas. Si nos fijamos en la  $t_d$  de la diferencia entre ambos grupos, este vemos que en este aspecto existe una diferencia estadísticamente significativa, ya que el valor de la  $t_d$  es superior al que podríamos encontrar en las tablas (1.66) para un  $p = 0,05$ . Por último, queremos destacar que, más de la mitad de los alumnos del *Grupo Control* (55,7%) no contestan o no define su respuesta a esta proposición.

Mostramos a continuación la respuesta dada por dos *alumnos tratados*:

- *Yo pienso que es el modo en que los humanos la utilizamos, también hay tecnología que ayuda a remediar este problema.*
- *A parte de la tecnología también influyen los factores humanos como malgastar agua...*

En el primer ejemplo podemos ver que el alumno se ha referido a dos de los aspectos analizados: por una parte, se refiere al modo en el que las personas utilizamos la tecnología; por otro, señala que la tecnología también contribuye a la solución de problemas.

Por otro lado, como puede apreciarse, una quinta parte de los alumnos (20,7%) piensa que la principal responsable no es la tecnología, aunque no precisa su respuesta o apunta a otros factores:

- *Hay cosas que contaminan más que la tecnología.*
- *La ciencia también impulsa la contaminación, como los productos químicos.*
- *Los responsables son las grandes empresas que buscan enriquecerse a toda costa aunque contaminen.*

Si nos fijamos en el porcentaje de alumnos que está de acuerdo con la idea transmitida por la proposición C2, vemos que es similar en ambos grupos, aunque sigue siendo inferior en el *Grupo Experimental*. Mostramos a continuación, a modo de ejemplo, las respuestas de dos alumnos de este grupo:

- *También estoy de acuerdo, porque por la tecnología hay más contaminación, por ejemplo los coches: gracias a la tecnología existen coches y hay contaminación.*
- *Sí, porque genera residuos contaminantes y gases que perjudican la atmósfera y a nuestro entorno. Además ayuda a favor del cambio climático.*

Una vez mostradas las respuestas de los alumnos a las proposiciones que señalan a la tecnología como solución a los graves problemas a los que se enfrenta la humanidad (proposición C3) y como causa principal de estos problemas (proposición C2), a continuación, analizaremos los comentarios añadidos a la proposición C5. Esta proposición, como recordaremos, hace referencia a la responsabilidad por las consecuencias negativas que puedan derivarse de la aplicación de los avances tecnológicos. Las respuestas las hemos agrupado tal y como se muestra en el **Cuadro 7.2.6**, en los siguientes aspectos:

Cuadro 7.2.6

Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C5, según la cual “no se puede pedir responsabilidades a la tecnología por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su aplicación. El papel específico de los tecnólogos es favorecer progresos tecnológicos. Corresponde a otros (legisladores, responsables de las instituciones públicas, etc.) decidir acerca de su utilización”, dadas por los alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control

	Grupo Exp. (N = 29)	Grupo Control (N = 88)	$t_d$
	%(SD)	%(SD)	
(C51) Está de acuerdo con la afirmación	6,9% (4,7)	35,2% (5,1)	-4,08
(C52) El tecnólogo también tiene responsabilidad	58,6% (9,1)	22,7% (4,5)	3,54
(C53) La responsabilidad es de todos	6,9% (4,7)	3,4% (1,9)	0,69
(C54) No contesta, en blanco	0% (-)	20,5% (4,3)	-4,77
(C55) Otros	27,6% (8,3)	18,2% (4,1)	1,02

Como puede apreciarse en el Cuadro 7.2.6 tan sólo un 6,9% de los alumnos del *Grupo Experimental* piensan que no se puede pedir responsabilidades al tecnólogo por su trabajo. Este dato contrasta con el obtenido en el *Grupo Control*, en el que más de un tercio de los alumnos (35,2%) está de acuerdo con la proposición C5. En la misma línea están los porcentajes obtenidos en el aspecto C52: un 58,6% de los *alumnos tratados* piensan que el tecnólogo es responsable de su trabajo, mientras que en el *Grupo Control* este porcentaje baja a un 22,7%.

A continuación mostramos algunos ejemplos de las respuestas dadas por alumnos del *Grupo Experimental*:

- *Su trabajo es el correcto y se tiene que dejar decidir a la “gente de la calle”, porque es su salud la que está en peligro.*
- *Se tienen que poner límites, claro; pero un tecnólogo debe saber lo que está bien o lo que está mal*
- *Sí, pero supongo que los tecnólogos tendrán que avisar a los legisladores, etc., de su grado de contaminación, por ejemplo, o de cómo puede perjudicar al medio ambiente porque son ellos los que lo han construido*
- *Cuando hacen el diseño deben hacer un estudio de impacto ambiental y decidir si su utilización es o no conveniente antes de construir el objeto.*
- *Pienso que si a ti te mandan construir algo, y ese es tu trabajo, pues tienes que hacerlo, pero si consideras que puede ser muy “catastrófico” para la Tierra, al menos, intentar oponerte a su construcción. Y también pienso que la utilización de esos objetos la debería decidir toda la población*

Para finalizar, analizaremos las respuestas de los alumnos a la proposición C6, la cual plantea que el progreso social es la consecuencia final de un proceso lineal que comenzaría en el progreso tecnocientífico.

Como ya hicimos en el capítulo 4, hemos establecido dos aspectos básicos a analizar: “*está de acuerdo con la afirmación*” y “*critica que la consecuencia final sea el progreso social*”, como se muestra en el **Cuadro 7.2.7**:

**Cuadro 7.2.7**  
**Porcentaje de respuestas referidas a cada aspecto de la proposición C6, según la cual “el progreso científico conduce al progreso tecnológico y éste al progreso económico, que lleva consecuentemente al progreso social”, dadas por los alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control**

	<b>Grupo Exp. (N = 29)</b>	<b>Grupo Control (N = 88)</b>	
	<b>%(SD)</b>	<b>%(SD)</b>	<b>t<sub>d</sub></b>
(C61) Está de acuerdo con la afirmación	6,9% (4,7)	48,9% (5,3)	-5,93
(C62) Critica que la consecuencia final sea el progreso social	48,3% (9,3)	11,4% (3,4)	3,73
(C63) No contesta, en blanco	0%(--)	23,9% (4,5)	-5,31
(C64) Otras	44,8% (9,2)	15,9% (3,9)	2,89

Como vemos, un porcentaje muy bajo de *alumnos tratados* (6,9%) se muestra de acuerdo con la proposición C6, dato que contrasta con el del *Grupo Control*, en el que casi la mitad de los alumnos (48,9%) están de acuerdo con la relación lineal, directa, entre desarrollo tecnocientífico y progreso social.

Por otra parte, casi la mitad de los *alumnos tratados* (48,3%) se muestran críticos con la afirmación transmitida en la proposición C6, como mostramos en los siguientes ejemplos:

- *Cuanta más tecnología, más economía. Pero también se puede progresar pero en decadencia. Entonces se ve quién es rico y quién es pobre.*
- *No, sí es verdad que lleva al progreso económico, pero no al social, porque acentúa más las clases sociales (ricos y pobres).*
- *Es verdad que el progreso científico lleva al progreso tecnológico. Sin embargo, no tiene que ver con el progreso económico y mucho menos con el social ya que, por ejemplo la tecnología no tiene la culpa de la pobreza y el desarrollo social depende mucho más de las personas.*

Un porcentaje considerable de alumnos del grupo experimental no está totalmente de acuerdo con la proposición C6 por razones diversas. Estas respuestas se ha contabilizado como “Otras” y pertenecen a este grupo los ejemplos que mostramos a continuación:

- *Yo pienso que es al revés. Es decir, si progresa la sociedad y la economía, progresa la*

*tecnología. Porque entonces se dan más necesidades que satisfacer con la tecnología.*

- *Cada tipo de progreso no conduce al otro, sino que todos tienen que ver entre ellos*

Llegados a este punto, creemos necesario hacer una breve recapitulación de los resultados obtenidos hasta el momento.

En primer lugar, hemos podido comprobar que los alumnos que han participado en la unidad didáctica, diseñada para esta investigación, poseen una imagen más adecuada de las relaciones ciencia-tecnología, criticando explícitamente en un 79,3% de los casos la imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”, frente a un 3,4% de los alumnos *no tratados*. Este dato se ve apoyado por el obtenido en la proposición C4, ya que tan sólo un 6,9% de los alumnos *tratados* refuerza en sus comentarios dicha imagen, mientras que el porcentaje de los *no tratados* se sitúa en un 55,7%.

En segundo lugar, en el análisis de las proposiciones C2, C3, C5 y C6 apreciamos diferencias importantes en la manera de entender las relaciones tecnología-sociedad-ambiente entre los alumnos del *Grupo Experimental* y del *Grupo Control*. Por una parte, los alumnos *tratados* no confían en que las soluciones a los graves problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad sean únicamente tecnológicas. Basta mencionar que ningún alumno *tratado* se muestra de acuerdo con la proposición presentada, mientras que un 40,9% de los alumnos *no tratados* se muestran de acuerdo con dicha afirmación. Por otra parte, a la hora de referirse a las posibles soluciones, los alumnos *tratados* mencionan en mayor porcentaje la necesidad de cambios políticos y/o sociales (24,1% frente a 0%), las medidas educativas (24,1% frente a 2,3%) y el compromiso individual (34,5% frente a 1,1%).

Al plantear si la tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad, casi dos tercios de los alumnos *tratados* (62,1%) opina que es la sociedad y el mal uso que hace de la tecnología.

Respecto al trabajo del tecnólogo, sólo un 6,9% de los alumnos del *Grupo Experimental* piensan que no se le puede pedir responsabilidades por las consecuencias negativas de su trabajo. Este dato contrasta con el obtenido en el *Grupo Control*, en el que un 35,2%

de los alumnos está de acuerdo con esta afirmación. Del mismo modo, un 58,6% de los *alumnos tratados* piensan que el tecnólogo es responsable de su trabajo y de las consecuencias negativas que de él puedan derivarse, mientras que en el *Grupo Control* este porcentaje baja a un 22,7%.

Por último, hemos presentado a los alumnos una proposición en la que se plantea una relación lineal entre el progreso científico y tecnológico, el progreso económico y, finalmente, el progreso social. Hemos comprobado que casi la mitad de los alumnos *tratados* (48,3%) critican que el resultado final del progreso tecnocientífico sea el progreso social. Por el contrario, un porcentaje muy similar de alumnos *no tratados* (48,9%) se muestra de acuerdo con esta proposición.

Como vemos, los resultados hasta aquí mostrados apoyan nuestra segunda hipótesis, según la cual es posible transformar las visiones deformadas de los estudiantes mediante la elaboración y puesta a prueba de materiales y estrategias adecuadas que contribuyan a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

Estos resultados se completan con los obtenidos mediante un segundo diseño, el **Cuestionario A2**, en el que se plantea a los alumnos tres preguntas abiertas relacionadas con los graves problemas que afectan hoy en día a la humanidad, sus causas y las posibles soluciones. Estos resultados los analizamos en el apartado siguiente.

### **7.2.2 Análisis de los resultados de las respuestas dadas por los alumnos al Cuestionario A2, diseñado para poner a prueba la 2ª hipótesis**

Presentamos aquí los resultados obtenidos al aplicar el **Cuestionario A2**, que ha sido contestado por 28 alumnos de 3º de ESO del *Grupo Experimental* durante el mes de mayo de 2008. Para pasar a los alumnos el Cuestionario A2 se dejó transcurrir dos semanas desde que contestaron el Cuestionario A1 (que, a su vez, recordemos, se pasó 7 meses después de realizado el tratamiento). La muestra es la misma que para el Cuestionario A1, con la diferencia de un alumno, ya que había abandonado el centro en el momento de pasar este segundo cuestionario.

Con este diseño, lo que pretendemos es ver en qué medida los *alumnos tratados* conocen la actual situación de emergencia planetaria, sus causas y posibles soluciones, así como el papel que en todo ello juega el desarrollo tecnológico y compararlos con el grupo de *alumnos no tratados*.

Según nuestra hipótesis de trabajo los resultados obtenidos con los alumnos del *Grupo Experimental* serán, en general, mejores que los que se obtienen en el *Grupo Control* y cuyos resultados ya presentamos en el capítulo 4.

Para comprobar si existen cambios en la percepción de los estudiantes acerca de las relaciones tecnología-sociedad-ambiente y la actual situación planetaria, se les entregará el diseño ya empleado con los estudiantes que no trabajaron nuestra unidad, para así poder comparar los resultados (**Cuadro 7.2.8**).

**Cuadro 7.2.8**  
**Diseño dirigido a analizar la referencia que los alumnos hacen a los problemas globales de la situación del mundo tras emplear la unidad didáctica**

<p style="text-align: center;"><b>Cuestionario A2</b></p> <p>Toda educación y, claro está, también la educación tecnológica, ha de contribuir a la comprensión de los problemas a los que se enfrenta la humanidad e impulsar las posibles soluciones. Para que nos ayudes a planificar esta tarea, te agradeceríamos que contestases lo más completa y sinceramente posible las siguientes cuestiones:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Enumera problemas importantes a los que, en tu opinión, se enfrenta hoy día la humanidad.</li><li>2) ¿Cuáles pueden ser las causas principales de dichos problemas?</li><li>3) ¿Cuáles son las medidas que piensas se deberían adoptar?</li></ol> <p>Nombre y apellidos: _____ Curso y grupo: _____</p>
--

Antes de analizar los resultados obtenidos, mostraremos algunos ejemplos de las contestaciones dadas por los *alumnos tratados*, encontrándose todas las respuestas en el **Anexo VIII**. En los ejemplos hemos subrayado las menciones que se hacen a cada uno de los aspectos de la red de análisis (Capítulo 4, p. 243) y hemos añadido entre paréntesis el ítem al que se refiere.



**Alumno 9**

- 1) La sequía (1.3), la pobreza (2.3) (hambre (2.3), falta de agua para alimentación (1.3)), explotación de menores (2.4), guerras (2.4), grandes inundaciones, destrucción de zonas verdes (1.4) (grandes construcciones (1.1) e incendios provocados adrede), ganas de dominio y poder (1), machismo, racismo, (2.3) contaminación (atmosférica, de las aguas, lumínica, acústica). (1.2)
- 2) Causas económicas, poder (1), manera de pensar la sociedad, derroche, (2.1) cambio climático. (1.2)
- 3) Concienciar a la población sobre el respeto hacia el medio ambiente. Esto se puede hacer desde el centro escolar, anuncios publicitarios, etc. (3.2) Respetar el Protocolo de Kyoto. (3.1) Respeto hacia las personas. (4.2) Equilibrio en la distribución de los bienes. (4.2) Reciclar y reutilizar. (3.2) Uso de energías renovables. (3.3) Intentar ahorrar lo más posible como por ejemplo agua. (3.2)

Como vemos en la contestación de este alumno aparecen mencionados 12 aspectos, alguno de ellos en más de una ocasión. En su respuesta a la primera pregunta se refiere a seis ítems de la red. En primer lugar hace referencia al 1.3 (agotamiento de recursos naturales). También aparecen mencionados los aspectos 1.1 (problema de la urbanización creciente) al nombrar las “grandes construcciones”, 1.2 (contaminación ambiental) señalando la “contaminación atmosférica, de las aguas, lumínica y acústica” y 1.4 mencionando las “grandes inundaciones y destrucción de zonas verdes”. Cuando nombra “la pobreza, el hambre, la explotación de menores, ganas de dominio y poder, machismo, racismo” está haciendo referencia al 2.3 (desequilibrios entre grupos humanos, así como a los conflictos asociados). También aparecen referencias al ítem 2.4 (conflictos y violencias asociados a los desequilibrios) al mencionar la “guerra”.

Posteriormente se refiere al aspecto 2.1 (hiperconsumo de las sociedades desarrolladas) al mencionar el “derroche” como una de las causas de los problemas.

Como posibles soluciones se refiere a tres aspectos. En primer lugar al ítem 3.1 (instituciones y acciones para crear un nuevo orden mundial) ya que menciona “respetar el Protocolo de Kyoto”. En segundo lugar aparece el ítem 3.2 (Educación para la sostenibilidad) ya que comenta que es necesario “concienciar a la población sobre el respeto hacia el medio ambiente. Esto se puede hacer desde el centro escolar, anuncios

*publicitarios, etc.*”, mencionando también la importancia de “*reciclar y reutilizar*” y del “*ahorro de agua*”. Por último también se refiere al aspecto 3.3 (Impulso de tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible) puesto que habla del “*uso de energías renovables*”. Para finalizar, también consideramos que hace mención al ítem 4.2 (Derechos económicos, sociales y culturales) ya que se refiere al “*respeto hacia las personas*” y al “*equilibrio en la distribución de los bienes*”.

Otro ejemplo del análisis hecho a las contestaciones sería:

### Alumno 1

- 1) Pobreza y hambre en el Tercer Mundo (2.3). Contaminación ambiental (1.2). Destrucción de ecosistemas (1.4) debido a la construcción de ciudades y apartamentos en las costas (1.1). Se destruyen bosques (1.3) y también zonas de playa donde anidan algunas especies, (1.4) como las tortugas. Problema del agua. Escasez de recursos como por ejemplo el petróleo (1.3) y por eso la gasolina cada vez más cara. Paro (2.3). Terrorismo. Guerras (2.4). El cambio climático. (1.2)
- 2) Contaminación: usamos demasiado el coche, las fábricas tiran mucho humo a la atmósfera (1.2), no reciclar, vertidos químicos en los ríos y los mares. Pobreza y hambre: reparto desigual de las riquezas porque unos países tienen mucho y otros no tienen nada. Además, los países ricos malgastan recursos consumiendo mucho (2.3; 2.1) sin preocuparse de nada.  
El problema del agua: porque la población va creciendo (2.2) y se gasta más sin preocuparnos de consumir lo que se necesita (2.1). Por ejemplo, hay mucha gente que tiene un chalet y llena todos los veranos la piscina y eso son muchos litros de agua que podrían usarse para regar los campos. También hay cada vez más campos de golf que gastan mucha agua para mantenerlos.  
Con el petróleo pasa lo mismo, porque nunca nos ha preocupado y cogemos el coche para todo (2.1), hasta que se gaste y tendremos que buscar otra forma de desplazarnos.  
Destrucción de ecosistemas: porque cada vez hay ciudades más grandes y se construye en todas partes sin respetar la naturaleza (1.1) (1.4).  
Guerras: por culpa de gente que manda y quiere tener poder y riquezas (2.3).

3) Las medidas que se deben adoptar para mí son difíciles. Yo creo que deberían haber organizaciones internacionales que se encargaran de poner unas normas para asegurar que todo el mundo tiene de todo lo que necesita (3.1) y que se cumplan los derechos humanos (4). También habría que concienciar a la gente para que fuera posible el desarrollo sostenible (0), gastando menos, reciclando, etc. (3.2) Además habría que investigar nuevas fuentes de energía menos contaminantes y renovables (3.3) como la eólica. La energía solar en España estaría muy bien porque tenemos mucho sol durante todo el año.

Como vemos en la contestación de este alumno aparecen mencionados 13 aspectos, que corresponden a dos tercios del total. Entre los aspectos mencionados merece la pena destacar la referencia hecha a dos de ellos. Por una parte la mención hecha al fem 0 (desarrollo sostenible) con la frase “*también habría que concienciar a la gente para que fuera posible el desarrollo sostenible*”. Por otra, la hecha al aspecto 4 (necesidad de universalizar los derechos humanos) ya que este alumno señala como posible acción positiva “*asegurar que todo el mundo tiene de todo lo que necesita y que se cumplan los derechos humanos*”.

También merece la pena destacar que algunos aspectos de la red de análisis aparecen mencionados en varias ocasiones, incluso desde varias perspectivas. En el ejemplo anterior, hemos visto que este alumno se refiere al aspecto 1.2 (Contaminación ambiental) mencionando directamente la “*contaminación ambiental*”, el “*cambio climático*” y el humo producido por las fábricas. Otro aspecto mencionado por este alumno en varias ocasiones es el 2.1 (Hiperconsumo de las sociedades desarrolladas), ya que se ha referido a que “*los países ricos malgastan recursos consumiendo mucho*” (desde una perspectiva general) y a que “*ogemos el coche para todo*” (desde una perspectiva individual).

Mostramos a continuación un último ejemplo:

**Alumno 16**

1) Contaminación (del aire, de la tierra, del agua, acústica, lumínica...) (1.2).

Crecimiento incontrolado de la población (2.2), construcción (1.1). Crecimiento del efecto invernadero, conocido como el cambio climático (1.2). Desaparición de suelos cultivables. Explotación de recursos: pesca, tala de árboles, caza... (1.3) (1.4) Terrorismo (2.4).

- 2) Explotación: de recursos naturales (1.3). Gases nocivos ? que provocan el agujereamiento de la capa de ozono (1.2). Derrochamiento de agua (2.1). Intentar resolver “pacíficamente” el terrorismo. Utilización de armas ligeras (2.4). Explotaciones pesqueras (1.3).
- 3) El protocolo de Kyoto: (3.1) que es un acuerdo político que casi ningún país cumple. Se creó para contaminar menos. Lo del 0,7%. (3.1) Aplicar el desarrollo sostenible (0). Utilizar energías renovables (3.3).

Como puede apreciarse, este alumno menciona diez aspectos de la red de análisis. Estos resultados los compararemos, un poco más adelante, con los obtenidos con los alumnos *no tratados* (que ya presentamos en el Capítulo 4), analizando el promedio de aspectos de la red de análisis mencionados por los alumnos de cada grupo.

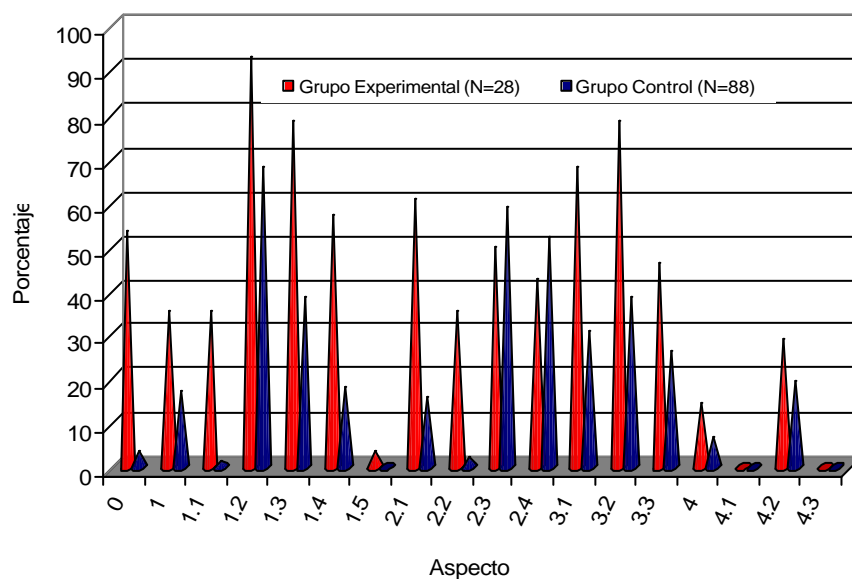
Al igual que ocurría en el ejemplo anterior, este alumno se refiere en varias ocasiones a un mismo aspecto de la red de análisis. Por ejemplo, menciona el ítem 3.1 (*Instituciones y acciones para crear un nuevo orden mundial*) ya que se refiere al “*Protocolo de Kyoto*” y a la cesión del 0,7% del PIB a los países menos desarrollados (aunque expresado con sus palabras...).

Una vez mostrados varios ejemplos de respuestas de *alumnos tratados*, presentamos los resultados globales obtenidos. Para facilitar la comparación de las respuestas de los alumnos del *Grupo Experimental* y del *Grupo Control*, mostraremos los porcentajes de alumnos de ambos grupos que se refieren a cada aspecto de la red de análisis, en una tabla (**Cuadro 7.2.8**) y en un gráfico (**Gráfico 7.2.3**):

**Cuadro 7.2.8**  
**Porcentaje de alumnos del Grupo Experimental y del**  
**Grupo Control que se refieren a cada aspecto de la red de análisis**

ASPECTOS DE LA SITUACIÓN DEL MUNDO	G.Exp (N=28)	G.Control (N=88)	$t_d$
	% (SD)	% (SD)	
0. Desarrollo sostenible	53,6 (9,4)	3,4 (3,4)	5,00
1. La necesidad de acabar con un crecimiento agresivo para el medio ambiente	35,7 (9,1)	17,1 (7,1)	1,62
1.1. Problema de la urbanización creciente	35,7 (9,1)	1,1 (2)	3,73
1.2. Contaminación ambiental	92,9 (3,5)	68,2 (8,8)	2,45
1.3. Agotamiento de los recursos naturales	78,6 (8,2)	38,6 (9,2)	3,32
1.4. Degradación de ecosistemas	57,1 (9,4)	18,2 (7,3)	3,29
1.5. Destrucción de la diversidad cultural	3,57 (3,5)	0 (--)	1,02
2. Causas del crecimiento no sostenible	60,7 (9,2)	15,9 (6,9)	3,89
2.1. Hiperconsumo de las sociedades desarrolladas	35,7 (9,1)	2,3 (2,8)	3,53
2.3. Desequilibrios entre grupos humanos	50,0 (9,5)	59,1 (9,3)	-0,69
2.4. Conflictos y violencias asociados a los desequilibrios	42,9 (9,4)	52,3 (9,4)	-0,71
3. Acciones positivas:			
3.1. Instituciones y acciones para crear un nuevo orden mundial	67,9 (8,8)	30,7 (8,7)	3,00
3.2. Educación para la sostenibilidad	78,6 (7,8)	38,6 (9,2)	3,32
3.3. Impulso de tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible	46,4 (9,4)	26,1 (8,3)	1,62
4. Necesidad de universalizar los derechos humanos	14,3 (6,6)	6,8 (4,8)	0,92
4.1. Derechos de opinión y asociación	0 (--)	0 (--)	0
4.2. Derechos económicos, sociales y culturales	28,6 (8,5)	19,3 (7,5)	0,82
4.3. Derechos de solidaridad	0 (--)	0 (--)	0

**Gráfico 7.2.3**  
**Gráfico comparativo del porcentaje de menciones realizadas por los alumnos**  
**del Grupo Experimental y del Grupo Control a cada uno de los aspectos de la red de análisis**



Lo primero que podemos apreciar, si nos fijamos en el **Cuadro 7.2.8**, es que en general los porcentajes obtenidos en el *Grupo Experimental* son mayores que los obtenidos en el *Grupo Control*.

Un dato que, pensamos, puede ser interesante para nuestro análisis es el número de alumnos de cada grupo que mencionan, al menos, la mitad de los aspectos de la red de análisis. Este dato lo mostramos en el **Cuadro 7.2.9**:

**Cuadro 7.2.9**  
Número de alumnos que mencionan, al menos, la mitad de los aspectos de la red de análisis

	Grupo Experimental (N=28)	Grupo Control (N=88)
Número de alumnos que mencionan, al menos, la mitad de los aspectos de la red de análisis	12 (42,9%)	1 (1,1%)

Como vemos, la diferencia entre el número de alumnos que mencionan, al menos, un 50% de los aspectos de la red de análisis, es elevada.

Otro dato interesante es la media de aspectos tratados por los alumnos de cada grupo. Hemos creído conveniente dividir los resultados del *Grupo Control* por cursos (3º y 4º ESO) para comprobar si existe diferencia entre ellos, ya que los alumnos del *Grupo Experimental*, como recordaremos, son de 3º ESO y en caso de diferencias significativas dentro del *Grupo Control*, centraríamos nuestro estudio en la comparación de grupos del mismo curso. En el **Cuadro 7.2.10** mostraremos el promedio de aspectos mencionados por los alumnos del *Grupo Experimental* y del *Grupo Control*, tanto el global como separado por cursos:

**Cuadro 7.2.10**  
Media de aspectos mencionados por los alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control

	G. Experimental (N=28) N (SD)	G. Control (N=88)	
Media de aspectos mencionados	8,3 (4,1)	<b>Total: N (SD)</b>	
		4 (1,6)	
		<b>3º ESO (N=49) N (SD)</b>	<b>4º ESO (N=39) N (SD)</b>
		3,8 (1,7)	4,2 (1,3)

Como podemos apreciar en el Cuadro 7.2.10, el promedio de aspectos mencionados por los alumnos del *Grupo Experimental* duplica al de aspectos mencionados por el *Grupo Control*. También cabe destacar que la diferencia entre el promedio de aspectos

mencionados por los alumnos de 3º ESO y de 4º ESO del *Grupo Control* no resulta significativa, ya que la  $t_d$  de la diferencia ( $t_d = 1$ ) es inferior al valor que podemos encontrar en las tablas (1,66) para  $p = 0,05$ , por lo que no es necesario establecer la división por cursos.

Si nos centramos en el número de aspectos mencionados por cada grupo observamos que apenas existe diferencia, ya que en el *Grupo Experimental* se mencionan dieciséis aspectos por quince en el *Grupo Control*. Sin embargo, al elevar el nivel de exigencia y contabilizar aquellos aspectos mencionados por, al menos, la mitad de los alumnos las diferencias son bastante mayores, tal y como se muestra en el **Cuadro 7.2.11**:

**Cuadro 7.2.11**  
**Número de aspectos mencionados por, al menos, la mitad de los alumnos del Grupo Experimental y del Grupo Control**

	Grupo Experimental (N=28)	Grupo Control (N=88)
Número de ítems mencionados por, al menos, la mitad de los alumnos.	8	3

Al comparar los resultados de ambas muestras es especialmente significativo el aumento de referencias en aspectos tales como el desarrollo sostenible (ítem 0), pasando de un 3,4% a un 53,6%; el problema de la urbanización creciente (ítem 1.1), de un 1,1% a un 35,7%; la contaminación ambiental (ítem 1.2), de un 68,2 a un 92,9%; el agotamiento de recursos naturales (ítem 1.3), de un 38,6 a un 78,6%; la degradación de ecosistemas (ítem 1.4), de un 18,2 a un 57,1%; el hiperconsumo (ítem 2.1), de un 15,9 a un 60,7% y la explosión demográfica (ítem 2.2), que pasa de un 2,3 a un 35,7%.

Respecto a las acciones positivas, el aumento de los porcentajes es significativo, ya que aspectos como la necesidad de instituciones y acciones para crear un nuevo orden mundial (ítem 3.1), pasa de un 30,7 a un 67,9%; la educación para la sostenibilidad (ítem 3.2), de un 38,6 a un 78,6% y el impulso de tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible, de un 26,1 a un 46,4%.

Por otra parte, hay una serie de aspectos en los que obtenemos resultados similares: son aquellos en los que el *Grupo Control* ya daba resultados aceptables y que parecen responder a concepciones socialmente aceptadas. Por ejemplo, en desequilibrios entre grupos humanos (ítem 2.3), obtenemos un 50% en el Grupo Experimental, mientras que

en el Grupo Control el porcentaje es del 59,1% y en el aspecto que se refiere a los conflictos y violencias asociados a los desequilibrios obtenemos un 42,9% en el *Grupo Experimental* y un 52,3% en el *Grupo Control*.

Existe un conjunto de aspectos que no han sido mencionados o lo han sido de forma anecdótica, por ambos grupos. Los ítems correspondientes al apartado 4 de la red de análisis (Necesidad de universalizar los derechos humanos) obtienen porcentajes muy bajos: 14,3% el ítem 4 y 28,6% el que hace referencia a los derechos económicos, sociales y culturales (ítem 4.2). Resulta claro, pues, que el tratamiento realizado a este respecto mediante el programa de actividades ha resultado insuficiente y hemos tomado nota del mismo para próximas ediciones del programa de actividades.

Otros aspectos que, pensamos, deben trabajarse en mayor profundidad ya que los porcentajes obtenidos son bajos, son el referido a la necesidad de acabar con un crecimiento agresivo para el medio ambiente (35,7%) y destrucción de la diversidad cultural (3,6%).

Por esto, aunque es cierto que el grupo de *alumnos tratados* hace referencia a casi todos los ítems de la red de análisis y en mayor medida que los *no tratados* y nos hace ver que es posible tratar todos los aspectos, es necesario hacer mayor hincapié en aquellos aspectos menos trabajados en la unidad. Esto nos demuestra que el trabajo realizado obtiene resultados aceptables pero, como comentamos anteriormente, la unidad didáctica no se puede dar por concluida, ya que siempre se pueden introducir mejoras en lo ya existente. Insistiremos en ello en las conclusiones y perspectivas de esta investigación, que pasamos a presentar seguidamente.

### **Referencias bibliográficas en el capítulo 7**

ABRAMOVITZ, J. N. (1998). La conservación de los bosques del planeta. En Brown L. R., Flavin, C., French, H. et al., *La situación del mundo, 1998*. Barcelona: Icaria.

AUSUBEL, D. P. (1968). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. Existe una nueva versión en la que han colaborado Novak y Hanesian: Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1978). *Educational psychology a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

BALAIRÓN, L. (2005). El cambio climático: interacciones entre los sistemas humanos y los naturales". En Nombela, C. (Coord.), *El conocimiento científico como referente político del siglo XXI*. Fundación BBVA.



## 7. Presentación y análisis de resultados de la segunda hipótesis

BANCO MUNDIAL (2000). *En el umbral del siglo XXI. Informe sobre el desarrollo mundial, 1999-2000*. Madrid: Mundi Prensa.

BOVET, P., REKACEWICZ, P., SINAÍ, A. y VIDAL, A. (Eds.) (2008). *Atlas Medioambiental de Le Monde Diplomatique*, París: Cybermonde.

BROWN, L. R. (1993). El inicio de una nueva era. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1993*. Barcelona: Ed. Apóstrofe.

BROWN, L. R. (1998). El futuro del crecimiento. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1998*. Barcelona: Ed. Icaria.

BROWN, L. R. y MITCHELL, J. (1998). La construcción de una nueva economía. En The Worldwatch Institute, *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria.

BURDET, R. & SUDJIC, D. (2008). *The Endless City*. London: Phaidon.

BUTTON, J. and FRIENDS OF THE EARTH (1990). *¡Háztelo Verde!* Barcelona: Integral.

BYBEE, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.

CARSON, R. (1980). *Primavera Silenciosa*, Barcelona: Grijalbo.

CASTELLS, M. (2000). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol 3. Fin de milenio*. Madrid: Alianza.

COLBORN, T., MYERS, J. P., y DUMANOSKI, D. (1997). *Nuestro futuro robado*. Madrid: Ecoespaña.

COMÍN, P. y FONT, B. (1999). *Consumo sostenible*, Barcelona: Icaria.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.

DALY, H. (1997). Criterios operativos para el desarrollo sostenible. En Daly, H. y Schutze, C., *Crisis ecológica y sociedad*. Valencia: Ed. Germania.

DELÉAGUE, J. P. y HÉMERY, D. (1998). Energía y crecimiento demográfico. En Le Monde diplomatique, edición española, *Pensamiento crítico versus pensamiento único*. Madrid: Ed. Debate.

DELIBES, M. y DELIBES DE CASTRO, M. (2005). *La Tierra herida. ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?* Barcelona: Destino.

DIAMOND, J. (2006). *Colapso*. Barcelona: Debate.

DUARTE, C. (Coord.) (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC.

EHRlich, P.R. y EHRlich, A.H. (1994). La explosión demográfica. *El principal problema ecológico*. Barcelona: Salvat.

FERNÁNDEZ, I., GIL PÉREZ, D., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005). La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: Un requisito esencial para la renovación de la educación científica. En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. Capítulo 2. Pp 29-62.

FIEN, J. (1995). Teacher for sustainable world: The environmental and Development Education Project for Teacher Education. *Environmental Education Research*, 1(1), 21-33.

FLAVIN, C. y DUNN, S. (1999). Reinención del sistema energético. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo, 1999*. Barcelona: Icaria.

FOLCH, R. (1998). *Ambiente, emoción y ética*. Barcelona: Ariel.

FURIÓ, C., CARRASCOSA, J., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué problemas plantean la obtención y el consumo de recursos energéticos? En: Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: ORLEAC/UNESCO.

GARCÍA, E. (1999). *El Trampolín Fáustico. Ciencia, mito y poder en el desarrollo sostenible*. Valencia: Tilde.

GARCÍA RODEJA I. (1999). El sistema Tierra y el efecto invernadero. *Alambique*, 20, 75-84.

GEO (GLOBAL ENVIRONMENTAL OUTLOOK 2) (2000). United Nations Environment Programme. Global State of the Environment report 2000. <http://www.grida.no/geo2000/>.

GIDDENS, A. (2000). *Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas*. Madrid: Taurus.

GIL-PÉREZ, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.

GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. FURIÓ, C.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori.

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005c). ¿Qué desafíos tiene planteados hoy la humanidad? Educación para el desarrollo sostenible. En: Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. Capítulo 14. PP 297- 326.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90.

GIL PÉREZ, D., VILCHES, A., TOSCANO, J.C. y MACÍAS, O. (2006). Década de la Educación para un futuro sostenible (2005-2014). Un necesario punto de inflexión en la atención a la situación del planeta. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40, 125-178.

GIRARDET, H. (2001). *Creando ciudades sostenibles*. Valencia: Tilde.

GONZÁLEZ, E. y DE ALBA, A. (1994). Hacia unas bases teóricas de la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 66-71.

GORE, A. (1992). *La Tierra en juego. Ecología y conciencia humana*. Barcelona: Ed. Emecé.

HAYDEN, T. (2008). *2008 El estado del planeta*. National Geographic España. Madrid: RBA.

HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995). Exploring the future: a missing dimension in environmental education. *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007). Working Group III Report: *Mitigation of Climate Change*, In "Climate Change 2007" IPCC, *Fourth Assessment Report (AR4)*. Accesible en: <http://www.ipcc.ch/>

JÁUREGUI, R., EGEA, F. y DE LA PUERTA, J. (1998). *El tiempo que vivimos y el reparto del trabajo*. Barcelona: Editorial Paidós.

LEWIN, R. (1997). *La sexta extinción*. Barcelona: Tusquets Editores.

LINN, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.

LÓPEZ CERREZO, J. A. y LUJÁN, J. L. (2000). *Ciencia y política del riesgo*, Madrid: Alianza.

LUJÁN, J. L. y ECHEVERRÍA, J. (2004). *Gobernar los riesgos. Ciencia y valores en la sociedad del riesgo*. Madrid: Biblioteca Nueva/ OEI.

LYNAS, M. (2004). *Marea alta. Noticia de un mundo que se calienta y cómo nos afectan los cambios climáticos*. Barcelona: RBA Libros S. A.

MAALUF, A. (1999). *Las identidades asesinas*. Madrid: Alianza.

MARQUES, L., VILCHES, A., GIL-PÉREZ, D., PRAIA, J. & THOMSON, D. (2008). The Current Planetary Crisis: a Missing Dimension in Science Education. In Azeiteiro U.M et al. (Eds.) *Environmental Education, Communication and Sustainability*. Frankfurt and Main: Peter Lang.

MAYOR ZARAGOZA, F. (1997). Entrevista realizada por González E., *El País*, domingo 22 de junio, pág. 30.

MAYOR ZARAGOZA, F. (2000). *Un mundo nuevo*. Barcelona: Círculo de Lectores.

McGINN, A. P. (1998). La promoción de una pesca sostenible. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1998*. Barcelona: Ed. Icaria.

McNEILL, J. R. (2003). *Algo nuevo bajo el Sol*. Madrid: Alianza.

MILLAR, R. y DRIVER, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.

MYERS, N. (1987). *El Atlas Gaia de la Gestión del Planeta*. Madrid: Hermann Blume.

NACIONES UNIDAS (2001). *World Population Prospects. The 2000 Revision Highlights*. Population Division Department of Economic and Social Affairs United Nations New York.

NAREDO, J. M. (1997). Sobre el rumbo del mundo. *Le Monde diplomatique*, Ed. española, año II, n° 20, pp. 1 y 30-31.

NOVO, M. (2006). *El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa*. Madrid: UNESCO-Pearson. Capítulo 3.

O'MEARA, M. (1999). La nueva visión para las ciudades. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1999*. Barcelona: Ed. Icaria.

PEARCE, F. (2007). *La última generación*. Benasque (Huesca): Barrabes Editorial.

RAMONET, I. (1997). *El mundo en crisis*. Madrid: Debate.

RENNER, M. (1999). El fin de los conflictos violentos. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1998*. Barcelona: Ed. Icaria.

SACHS, J. (2008). *Economía para un planeta abarrotado*. Barcelona: Debate.

SÁNCHEZ, J. A. y RODRÍGUEZ, F. J. (2004) Ciencia y Tecnología para la Paz. En Molina, B. y Muñoz, F. A. (Eds.) *Manual de paz y conflictos*. Editorial Universidad de Granada. Granada.

SARTORI, G. y MAZZOLENI, G. (2003). *La Tierra explota. Superpoblación y Desarrollo*. Madrid: Taurus.

SASSEN, S. (2000). *Cities in a world economy*. Pine Forges Press: Thousand Oaks.

SEMPERE, J. y RIECHMANN, J. (2000) *Sociología y medio ambiente*. Madrid. Ed. Síntesis .

SEN, A. (1999). *Desarrollo y libertad*. Barcelona: Planeta.

SILVER, D. y VALLELY, B. (1998). *Lo que Tú Puedes Hacer para Salvar la Tierra*. Salamanca: Lóguez.

SOLOMON, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.

STIGLITZ, J. E. (2002). *El malestar de la globalización*. Madrid: Taurus.

TILBURY, D. (1995). *Environmental education for sustainability: defining de new focus of environmental education in the 1990s*. *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212.

TUXILL, J. (1999). Valoración de los beneficios de la biodiversidad. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo*, 1999. Barcelona: Icaria.

TUXILL, J. y BRIGHT, C. (1998). La red de la vida se desgarrar. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo*. 1998. Barcelona: Icaria.

VERCHER, A. (1998). *Derechos humanos y medio ambiente*. Claves de Razón práctica, 84, 14-21.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2008). De la emergencia planetaria a la construcción de un futuro sostenible. En *Ciencias para el mundo contemporáneo*. Madrid: FECYT. Pp 275-327.

VILCHES, A., GIL-PÉREZ, D., TOSCANO, J.C. y MACÍAS, O. (2008). «Contaminación sin fronteras» [artículo en línea]. OEI. [Fecha de consulta: dd/mm/aa]. <<http://www.oei.es/decada/accion005.htm>>

WINNER, L. (1987) *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*. Barcelona, Gedisa

WORLDWATCH INSTITUTE (1984-2009). *The State of the World*. New York: W.W. Norton.

## **CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS**

Como señalábamos en el Capítulo 1, el objetivo de esta investigación ha consistido en analizar las concepciones acerca de la tecnología y sus relaciones con la ciencia y la sociedad transmitidas por la educación tecnológica y, a la luz de dicho análisis, diseñar y someter a prueba contenidos y estrategias de enseñanza que contribuyan a una mejor comprensión y apreciación de la actividad tecnocientífica y de su papel social. Más concretamente, en esta investigación nos proponíamos contestar a las siguientes preguntas:

- **¿Qué imagen de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente se transmite en las clases de Tecnología de Educación Secundaria Obligatoria?**
- **¿Se presta suficiente atención a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad en las clases de Tecnología?**
- **¿Se presta suficiente atención a los problemas a los que se enfrenta actualmente la humanidad, los cuales han llevado a una situación de auténtica emergencia planetaria?**
- **¿Es posible, utilizando una metodología adecuada, modificar las concepciones distorsionadas o incompletas que posean los alumnos sobre la tecnología y su relación con la ciencia y la sociedad?**

Para ello, hemos dedicado la primera parte de esta investigación al análisis de la imagen que la enseñanza habitual de la tecnología transmite acerca de la naturaleza de ésta y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

Así, en el Capítulo 2 presentábamos la primera hipótesis intentando, de este modo, dar respuesta a las tres primeras preguntas, fundamentándola en numerosas investigaciones en didáctica de las ciencias, en las que se ha puesto de manifiesto la escasa atención prestada a la tecnología por parte de la educación general y, más concretamente, por parte de la educación científica. Como han señalado diversos autores, esta falta de atención a la tecnología sería el resultado de concepciones erróneas acerca de la misma y de sus relaciones con la ciencia. Por otra parte, también se ha fundamentado esta primera hipótesis en investigaciones que muestran la escasa atención prestada a las relaciones CTSA por parte de la educación científica.

Apoyándonos en estas investigaciones, nos hemos planteado si la Tecnología, como área independiente y con poca tradición en la enseñanza obligatoria en España, sale al paso de estas concepciones erróneas o, si por el contrario, las refuerza.

Nuestra primera hipótesis relativa a las concepciones acerca de la imagen de la naturaleza de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, transmitida por la educación tecnológica es la siguiente:

**La enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo, en general, una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).**

Para facilitar la fundamentación de la hipótesis y, de este modo, profundizar más en los diferentes aspectos que la componen, la hemos planteado dividida en dos partes:

**La enseñanza habitual de la tecnología no presta atención a las complejas relaciones entre ciencia y tecnología, dando una imagen empobrecida de esta última y, en general, presentándola como “ciencia aplicada”.**

**La enseñanza habitual de la tecnología no presta atención a las complejas relaciones entre tecnología, sociedad y el medio ambiente, presentándola como algo neutro, sin mostrar cómo la tecnología modifica la sociedad y el**

**medio ambiente, y cómo la sociedad es determinante en el desarrollo tecnológico.**

Como consecuencia derivada de esta primera hipótesis, cabe esperar que los alumnos al finalizar los estudios obligatorios de tecnología muestren grandes deficiencias en la comprensión de aspectos relevantes de la actividad tecnológica. En concreto pensamos que:

**Los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tendrán una correcta comprensión de la relación existente entre la ciencia y la tecnología. Más aún, después de varios años de estudiar tecnología, la concebirán como “ciencia aplicada”.**

**Tras varios años de estudiar tecnología, los alumnos no mostrarán una correcta comprensión de las relaciones tecnología, sociedad y medio ambiente.**

Para poner a prueba esta hipótesis, así como las consecuencias mencionadas, hemos realizado un diseño múltiple que se ha concretado en ocho instrumentos presentados en el Capítulo 3. De estos ocho diseños, seis de ellos estaban dirigidos a sacar a la luz la imagen de la actividad tecnológica transmitida por la enseñanza habitual de la Tecnología. Los dos restantes fueron concebidos para analizar las concepciones de los estudiantes de secundaria obligatoria acerca de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Como ya señalamos, el objetivo que perseguimos mediante la utilización de diferentes diseños es la búsqueda de coherencia en los resultados.

Así, en primer lugar, realizamos un análisis del tratamiento que los libros de texto de secundaria hacen de la naturaleza de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Posteriormente analizamos las concepciones de los profesores de tecnología en formación, planteándoles una pregunta abierta para conocer qué es para ellos la Tecnología. También analizamos las concepciones de profesores en activo y en formación, planteando un cuestionario semicerrado con proposiciones que transmitían visiones simplistas respecto a la naturaleza de la tecnología y sus relaciones



con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Por último, analizamos las concepciones de los docentes en activo, mediante tres herramientas: el análisis de exámenes que utilizan para evaluar a los alumnos, las valoraciones críticas que realizan ante un examen preparado por nuestro equipo y, finalmente, entrevistando a seis profesores de tecnología.

El análisis de las concepciones de los alumnos ha consistido en un cuestionario semicerrado, similar al utilizado con los docentes en activo y en formación, y en un cuestionario abierto, en el que se planteaban tres preguntas acerca de los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, sus causas y las posibles soluciones.

Los resultados obtenidos, que expusimos y analizamos en el Capítulo 4, nos permiten enunciar las siguientes conclusiones, por lo que se refiere a la puesta a prueba de la primera hipótesis:

- **Ni los libros de texto ni los profesores de tecnología prestan, en general, suficiente atención a la naturaleza de la tecnología y a su relación con la ciencia, transmitiendo una imagen distorsionada y empobrecida de la misma como mera “ciencia aplicada”, ya que:**
  - *Los libros de texto no tratan, en general, las relaciones ciencia-tecnología ni a lo largo de la historia ni en la actualidad. No hacen referencias explícitas a la visión que asocia tecnología y “ciencia aplicada” y tampoco contribuyen a combatirla mostrando las numerosas aportaciones de la tecnología al desarrollo científico.*
  - *Al preguntar a un grupo de profesores en formación “¿Qué es la tecnología?”, todos ellos se mostraron de acuerdo con que la tecnología es la “aplicación de la ciencia”.*
  - *En el análisis de 180 exámenes de tecnología (que contienen en total 1491 preguntas, utilizados por profesores de tecnología para evaluar a sus alumnos, encontramos que sólo el 1,2% de las preguntas se refieren a la naturaleza de la tecnología y a las relaciones ciencia-tecnología. Pero si analizamos detenidamente, como hemos hecho, cada una de las preguntas*

*encontramos que realmente ninguna de ellas plantea de una forma clara y explícita una discusión acerca de dichas relaciones.*

- *Al plantear a un grupo de docentes dos proposiciones que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”, tan sólo un 17,6% se muestra en desacuerdo con la primera de ellas y un 5,9% con la segunda. Es más, los porcentajes de profesores en activo que mencionan aspectos importantes de las relaciones ciencia-tecnología son, igualmente, muy bajos. Por ejemplo, menos de la cuarta parte de los encuestados se refiere a la existencia de desarrollos tecnológicos sin concurso de la ciencia y tan sólo un profesor se ha referido a la creciente imbricación existente en la actualidad entre ciencia y tecnología.*
  - *Al preguntar a los docentes sobre los objetivos básicos que deberíamos perseguir en el área de tecnología, ninguno de ellos se ha referido a la importancia de comprender la relación entre ciencia y tecnología. Es más, cuando se les plantea abiertamente que comenten las ideas que conviene que los estudiantes adquieran acerca de las relaciones ciencia-tecnología, cuatro de los seis profesores entrevistados hablan explícitamente de tecnología como “ciencia aplicada”.*
  - *Al pedir a un grupo de profesores de Tecnología en activo que analice críticamente un examen de carácter global preparado por nuestro equipo, el cual se ha concebido de modo que, como sucede habitualmente, no aparezca mención alguna a las relaciones ciencia-tecnología, ninguno se ha referido a la necesidad de incluir alguna cuestión sobre dichas relaciones.*
- **Ni los libros de texto ni los profesores de tecnología prestan, en general, suficiente atención a las relaciones tecnología-sociedad-ambiente, ya que:**
- *Los libros de texto no muestran, en general, las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) de los desarrollos tecnocientíficos en la actualidad, ya que tan sólo un 9,7% de los capítulos analizados prestan cierta atención a este aspecto. Tampoco abordan habitualmente la influencia que tiene la sociedad sobre el desarrollo tecnológico, contribuyendo de este modo a mostrar una imagen socialmente descontextualizada de la tecnología.*

- *En los exámenes utilizados por los docentes tan solo el 3,0% de las preguntas analizadas plantean las relaciones tecnología-sociedad, estando la mayor parte de ellas (2,4%) centradas exclusivamente en las repercusiones sociales (incluidas las medioambientales) del desarrollo tecnológico.*
- *Al plantear a un grupo de docentes varias proposiciones que transmiten diferentes concepciones de las relaciones tecnología-sociedad, menos de un tercio de los profesores en activo encuestados (29,4%) opinan que los tecnólogos son corresponsables de las consecuencias negativas de la tecnología. Por otra parte, ningún profesor en activo se ha referido a la necesidad de acciones educativas para hacer frente a los problemas que afectan hoy en día a la humanidad y tan solo uno se ha referido a la importancia del compromiso individual.*
- *Al preguntar a los docentes sobre los objetivos básicos que deberíamos perseguir en el área de tecnología, sólo dos profesores se refieren a las relaciones entre tecnología y sociedad. Por otra parte, ninguno de los entrevistados habla de la importancia de comprender la influencia de las formas de organización social en la actividad tecnológica y tan sólo un profesor ha mencionado la importancia de analizar de manera crítica las repercusiones del desarrollo tecnológico en la sociedad.*
- *Al plantear a los docentes entrevistados cómo consideran que habría que abordar las relaciones tecnología-sociedad, encontramos respuestas en las que olvidan aspectos fundamentales de dichas relaciones. Por ejemplo, tan solo uno de los docentes se refiere a la necesidad de contemplar el papel de la sociedad en el desarrollo tecnocientífico.*
- *Al mostrar a un grupo de doce profesores un examen en el que las relaciones tecnología-sociedad-ambiente no aparecen, apenas hemos encontrado referencias a la necesidad de tener en cuenta los aspectos de la tecnología y las relaciones CTSA, objeto de nuestra investigación.*
- **Los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tienen una correcta comprensión de la relación existente entre la tecnología, la ciencia y la sociedad, concibiendo la tecnología como mera “ciencia aplicada”, ya que:**

- *La mayoría de los alumnos encuestados no tienen una imagen adecuada de la actividad tecnológica y concibe la tecnología como “ciencia aplicada”. Destaca que sólo el 6,8% de los alumnos hace referencia a la existencia de tecnología sin el necesario concurso de la ciencia y sólo un 4,5% se refiere a la gran imbricación existente hoy en día entre ciencia y tecnología.*
- *Al plantear a un grupo de 88 alumnos de 3º y 4º de ESO dos proposiciones que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”, más de la mitad de ellos (55,7%) se muestran plenamente de acuerdo con dicha imagen.*
- *Un elevado porcentaje de alumnos (40,9%) confía en que las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas. Son muy pocos alumnos (3,4%) los que se refieren a la necesidad de contemplar, junto a las tecnologías avanzadas, medidas políticas y/o sociales y medidas educativas para afrontar los graves problemas a los que hoy en día nos enfrentamos.*
- *El 15,9% de los alumnos encuestados piensan que la tecnología es la principal responsable de los problemas medioambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad y tan solo el 9% han destacado que la tecnología contribuye, tanto positiva como negativamente, a los problemas medioambientales. Casi la mitad de los alumnos (48,9%) relacionan directamente el progreso social y el desarrollo tecnocientífico.*
- *Sólo el 22,7% cree que el tecnólogo es corresponsable de las consecuencias negativas que se deriven de su trabajo y más de un tercio (35,2%) opina que los tecnólogos deben limitarse a favorecer el desarrollo tecnológico, sin responsabilidades y deben ser “otros” los que juzguen si debe o no aplicarse su trabajo.*
- *En general, los alumnos no tienen una visión global de los graves problemas que afectan hoy a la humanidad, sus causas y sus posibles soluciones. Llama especialmente la atención que tan solo el 26,1% de los alumnos se hayan referido a la necesidad de impulsar tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible. Por otra parte, menos de la cuarta parte de los alumnos encuestados mencionan la necesidad de acabar con un crecimiento*

*agresivo para el medio ambiente y tan sólo un 3,4% se refieren a la necesidad de apostar por el desarrollo sostenible.*

En definitiva, pensamos que los resultados obtenidos en esta primera parte de la investigación apoyan nuestra hipótesis sobre la escasa e inadecuada atención que la enseñanza habitual de la tecnología presta, en general, a la naturaleza de la misma y a su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

Sin embargo, en esta investigación pretendíamos ir más allá del análisis descriptivo: el objetivo de la segunda parte de este trabajo ha sido el diseño y puesta en práctica de una propuesta alternativa de enseñanza, basada en un modelo de orientación constructivista de enseñanza/aprendizaje (en el sentido de favorecer la participación de los estudiantes en la construcción de los conocimientos) y concretada en el diseño, la elaboración y puesta en práctica de un programa de actividades, que nos permitiera la transformación de la imagen actual de la tecnología que, como hemos mostrado a lo largo de este trabajo, olvida o deforma, en general, aspectos fundamentales de la tecnología y de las relaciones CTSA. Este propósito ha dado pie a la formulación de la segunda hipótesis de nuestra investigación, que se presentó y fundamentó en el Capítulo 5 y que recordamos a continuación:

**Es posible transformar las visiones deformadas de los estudiantes mediante la elaboración y puesta a prueba de materiales y estrategias adecuadas que contribuyan a una correcta comprensión de la naturaleza de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Se contribuiría de este modo a formar ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.**

Para poner a prueba nuestra hipótesis confeccionamos un programa de actividades (que se presentó y desarrolló en el Capítulo 6) cuyo objetivo fundamental es que los alumnos adquieran una imagen de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia y la sociedad

más adecuada, formándose a su vez como futuros ciudadanos capaces de participar en la toma de decisiones fundamentadas y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible. Este programa de actividades se puso en práctica durante el curso 2007-2008 con un grupo de alumnos de 3º de ESO, aunque el curso anterior ya se había realizado un ensayo piloto llevado a cabo con un grupo de estudiantes a lo largo de dos meses. El desarrollo del programa de actividades finalmente utilizado en el aula fue presentado en el Capítulo 7.

Tras poner en práctica el programa de actividades con los alumnos, utilizamos dos diseños para poner a prueba la validez de la segunda hipótesis. Estos diseños consistían en la utilización, siete meses después de trabajado el programa de actividades, de los mismos cuestionarios que ya se usaron con alumnos que no habían participado en el programa y poder, así, comparar los resultados obtenidos.

El análisis de los resultados obtenidos con los estudiantes que han participado en el programa de actividades nos permite enunciar las siguientes conclusiones:

- **Los alumnos que han participado en el programa de actividades poseen una imagen más adecuada de la tecnología y de su relación con la ciencia que los alumnos *no tratados*, ya que:**
  - *Al presentarles dos proposiciones que transmiten una imagen de la tecnología como mera “ciencia aplicada”, un porcentaje muy superior al de alumnos no tratados critica explícitamente dicha imagen (79,3% frente a 3,4% de los alumnos no tratados). Por otra parte, tan sólo el 6,9% de los alumnos tratados refuerza dicha imagen, contrastando con el 55,7% de los alumnos no tratados.*
  - *Mencionan en mayor medida que los no tratados, aspectos clave de la relación ciencia-tecnología. Así, por ejemplo, el 79,3% señala la existencia de tecnología sin concurso de la ciencia (frente al 6,8% de los alumnos no tratados).*

- **Los alumnos que han participado en el programa de actividades poseen una imagen más adecuada de la relación existente entre tecnología y sociedad que los alumnos *no tratados*, ya que:**
  - *Al plantearles si las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, fundamentalmente, de tecnologías más avanzadas, se muestran críticos y señalan la necesidad de incorporar otro tipo de medidas junto a las tecnológicas. De hecho, ningún alumno se ha mostrado de acuerdo con este planteamiento reduccionista que ve en la tecnología la única solución (frente al 40,9% de los alumnos no tratados que sí lo están).*
  - *Señalan en mayor medida que los alumnos no tratados (58,6% frente a 22,7%), la responsabilidad del tecnólogo por las consecuencias negativas que puedan derivarse de su trabajo.*
  - *No están de acuerdo con que exista una relación lineal entre progreso tecnológico y progreso social. Sin embargo, en el caso de los alumnos no tratados, casi la mitad (48,9%) relacionan directamente el progreso social y el desarrollo tecnocientífico.*
- **Los alumnos que han participado en el programa de actividades adquieren, de forma más durable y significativa, una visión global de la situación de emergencia planetaria, sus causas y posibles soluciones, y una percepción más adecuada de la problemática abordada, así como actitudes y comportamientos favorables para hacerle frente, ya que:**
  - *La media de aspectos relativos a la situación del mundo, citados por los estudiantes tras su participación en el desarrollo del programa de actividades, se duplica, pasando de 4 aspectos a 8,3. A su vez, el porcentaje de alumnos que mencionan, al menos, la mitad de los aspectos de la red de análisis aumenta considerablemente, pasando de un 1,1% a un 42,9%.*
  - *El porcentaje de estudiantes que menciona cada uno de los aspectos de la red de análisis tras su participación en el desarrollo del programa aumenta también de manera considerable con respecto al porcentaje inicial. En particular, es especialmente significativo el aumento de referencias en aspectos tales como el desarrollo sostenible, pasando de un 3,4 a un 53,6%;*

*el agotamiento de recursos naturales, de un 38,6 a un 78,6%, el problema de la urbanización creciente, de un 1,1 a un 35,7% o el hiperconsumo, de un 15,9 a un 60,7%. En otros aspectos no se producen diferencias estadísticamente significativas, como por ejemplo los relativos a los desequilibrios entre grupos humanos o a los conflictos y violencias asociados a dichos desequilibrios, lo que constituye un indicativo de la necesidad de trabajar estos aspectos con más detenimiento.*

- *Por último, es de destacar que las respuestas de los estudiantes que han participado en la puesta en práctica del programa de actividades son mucho más ricas, en general, que las de los estudiantes no tratados, ya que cuando se refieren a un determinado aspecto lo hacen de una forma mucho más completa, más fundamentada, y relacionada con otros problemas.*

En definitiva, pensamos que los resultados obtenidos apoyan nuestra conjetura de que es posible diseñar y poner en práctica un programa de actividades para favorecer la reflexión de los estudiantes y la (re)construcción de su imagen acerca de la actividad tecnológica y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, así como la obtención de una visión global de la situación de emergencia planetaria, sus causas y posibles soluciones, adquiriendo, *de forma más durable y significativa*, una percepción más adecuada de la problemática abordada, así como actitudes y comportamientos favorables para hacerle frente.

### **Algunas perspectivas y problemas pendientes**

Como señalábamos en el capítulo anterior, esta investigación ha mostrado que el trabajo realizado produce resultados aceptables, pero no totalmente satisfactorios, por lo que no podemos darla por concluida. Somos conscientes de que es posible seguir introduciendo mejoras en el programa de actividades y de que nos queda mucho trabajo por delante para conseguir que los alumnos adquieran una imagen más adecuada de la actividad tecnológica y su relación con la ciencia y la sociedad, así como de los graves problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad, sus causas y las medidas para hacerles frente.



Más concretamente, por lo que se refiere a las perspectivas que abre esta investigación sobre las visiones de la actividad tecnológica que proporciona la enseñanza de la tecnología en la Secundaria Obligatoria, podemos referirnos, entre otras, a las siguientes:

- ? Analizar si los cambios introducidos en el currículo por la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, contribuye a superar las visiones deformadas de la tecnología y su relación con la ciencia y la sociedad, atendiendo en mayor medida al estudio de los graves problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad, sus causas y las medidas para hacerles frente.
- ? Revisar y ampliar el programa de actividades presentado en esta investigación, incidiendo en aquellos aspectos en los que no se han obtenido resultados satisfactorios y evaluar los resultados obtenidos.
- ? Elaborar actividades y ponerlas a prueba, de modo que puedan integrarse a lo largo del temario y permitan a los alumnos comprender la naturaleza de la tecnología y su relación con la ciencia y la sociedad, así como su contribución a los graves problemas a los que actualmente se enfrenta la humanidad, sus causas y sus posibles soluciones.
- ? Revisar y actualizar nuestra unidad didáctica para que pueda ser utilizada en un taller para docentes y, de este modo, poder incorporar sus aportaciones y tener en cuenta su evaluación.

Una segunda línea de investigación podría ir dirigida a la transformación de las concepciones y práctica docente de los profesores, a través, en particular, de su incorporación al diseño del programa de actividades (lo que exige la discusión de las visiones deformadas que se pretenden modificar), así como a su puesta en práctica y análisis de los resultados obtenidos.

Éstas son, por tanto, algunas de las perspectivas que nos hemos planteado para la continuación de esta investigación/innovación, que esperamos traducir en recomendaciones fundamentadas y útiles para que la enseñanza habitual de la Tecnología muestre una imagen más adecuada del papel que desempeña en la sociedad y, sobre todo, su contribución (tanto negativa como positiva) a la actual situación de emergencia planetaria. Una imagen que puede ser, como hemos pretendido mostrar, fundamental para la formación de ciudadanas y ciudadanos capaces de participar en la

toma de decisiones y de adoptar comportamientos orientados al logro de un desarrollo sostenible.

**REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS**

Para facilitar el manejo de la bibliografía utilizada proporcionaremos dos índices bibliográficos:

El primero, denominado *Referencias bibliográficas*, consiste en una relación alfabética numerada de todas las referencias bibliográficas incluidas en la memoria, indicando, entre corchetes, los capítulos en los que aparecen.

El segundo es un *Índice onomástico* alfabético de todos los autores referenciados, indicando en cada caso los números de las referencias correspondientes en el listado general del primer apartado, de forma que puede verse fácilmente cuáles son los trabajos de los que son autores o coautores y en qué capítulos aparecen referenciados.

## **1. Referencias bibliográficas**

1. ABELL, S. K. y SMITH, D. C. (1994). What is science?: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16 (4), 475-487. [2, 4]
2. ABRAMOVITZ, J. N. (1998). La conservación de los bosques del planeta. En Brown L. R., Flavin, C., French, H. et al., *La situación del mundo, 1998*. Barcelona: Icaria. [7]
3. ABRAMS, E. y WANDERSEE, J.H. (1995). How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. *International Journal of Science Education*, 17(6), 683-694. [2]
4. ACEVEDO, J. A. (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique*, 3, 75-84. [Presentación e índice]

5. ACEVEDO, J. A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 35-44. [1, 2, 4]
6. ACEVEDO, J.A. (1997). Cómo puede contribuir la Historia de la Técnica y la Tecnología a la educación CTS. En R. Jiménez y A. Wamba (Eds.): *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 287-292. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. [1]
7. ACEVEDO, J.A. (1998a). Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. En E. Banet y A. de Pro (Eds.): *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias. Vol I*. DM Murcia, 7-16. En línea: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo12.htm> [1]
8. ACEVEDO, J. A. (1998b). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las ciencias*, 16(3), 409-420. [2, 4]
9. ACEVEDO, J. A. (2001). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. Sala de Lecturas CTS+I de la OEI. <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo5.htm> (Versión corregida y actualizada de la publicada en *Alambique* 3, 75-84). [2]
10. ACEVEDO J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), pp. 198-219. [1, 2]
11. ACEVEDO, J. A. y VÁZQUEZ, A. (2003). (Editorial) Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.2 N° 3*. [1, 2]
12. ACEVEDO DÍAZ, J. A., VÁZQUEZ ALONSO, A. y MANASSERO MAS, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2 N° 2*. [1, 2, 4]
13. ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M<sup>a</sup>A. y ACEVEDO, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 3. En línea en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero3/Art9.pdf> [Presentación e índice]
14. AGENDA 21, (1992). [Ver NACIONES UNIDAS, (1992)] [1]
15. AGUILAR, T. (1999). *Alfabetización Científica y Educación para la Ciudadanía. I.E.P.S (Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas)*. Madrid: Nancea ediciones. [1]
16. AIKENHEAD, G.S. (1985a). Science curricula and social responsibility. En R.W. Bybee (Ed.): *Science-Technology-Society*, pp. 128-143. Washington DC: NSTA. [1, 2, 4]
17. AIKENHEAD, G. S. (1985b). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69 (4), 453-475. [6]
18. AIKENHEAD, G.S. (1987). High-School graduates' beliefs about Science-Technology-Society III Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education* 71 [4], 459-487. [2]
19. AIKENHEAD, G.S. (1988). An Analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 [8], 607-629. [2]
20. AIKENHEAD, G.S. (2002). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. Cross (Ed.): *A Vision for Science Education: Responding to the Work of Peter J. Fensham*. New York: Routledge Press. [1]
21. ALEXOPOULOU, E. y DRIVER, R. (1996). Small-group discussion in physics: peer interaction modes in pairs and fours. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (10), 1099-1114. [5]
22. ALONSO, M., (1994). *La evaluación en la enseñanza de la Física como instrumento de aprendizaje*. Tesis doctoral (Universidad de Valencia). Resumen en Alonso, 1996. *Resúmenes de Premios Nacionales a la Investigación e Innovación Educativas, 1994* (CIDE, MEC). [6]

23. ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1991). Propuesta de evaluación en Física y análisis de la evaluación habitual. *Resúmenes de Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativa, 1990*. (CIDE: MEC) [6]
24. ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1992a). Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación: Obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5(2), 18-38. [6]
25. ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1992b). Los exámenes en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 10(2), 127-138. [6]
26. ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1995). Concepciones docentes sobre la evaluación en ciencias. *Alambique*, 4, 6-15. [6]
27. ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15-26. [6]
28. ANDERSSON, B. (1999). Evaluating students' knowledge, understanding and viewpoints concerning "The State of the World" in the spirit of "developmental validity". University of Göteborg. Sweden. En *Research in Science Education. Past, Present, and Future*. Vol 1. Second International Conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.). August 31-September 4, Kiel, Germany, 149-151. [2]
29. ANDERSON, R. D. y MITCHENER, C. P. (1994). Research on Science Teacher Education. In D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 3-44. New York: McMillan. [2]
30. APPLETON, K. y ASOKO, H. (1996). A cas Study of a teacher's progress toward using a construtivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Teacher Education*, 80 (2), 165-180. [2, 4]
31. ATKIN, J. M. y HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, 1-20. [1]
32. AUCEJO, A. (2005). *La Física i la Química aplicades a la Universitat de València* València: Universitat de València. [6]
33. AUSUBEL, D. P. (1968). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. Existe una nueva versión en la que han colaborado Novak y Hanesian: Ausubel, D. P. Novak, J. D. y Hanesian, H. (1978). *Educational psychology a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston. [5, 7]
34. BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. París: Vrin. [2]
35. BALAIRÓN, L. (2005). El cambio climático: interacciones entre los sistemas humanos y los naturales". En Nombela, C. (Coord.), *El conocimiento científico como referente político del siglo XXI*. Fundación BBVA. [7]
36. BANCO MUNDIAL (2000). *En el umbral del siglo XXI. Informe sobre el desarrollo mundial, 1999-2000*. Madrid: Mundi Prensa. [7]
37. BARROW, D. A. (1991). Critical reflection: A Source of Wonderful Ideas for Changing Classroom Practices. *Journal of Elementary Science Education*, 3 (2), 26-39. [2]
38. BELL, B. (1998). Teacher development in Science Education. En Fraser, B.J y Tobin, K.G. (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber. [2]

39. BELL, B. F. y PEARSON, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14 (3), 349-361. [2]
40. BOVET, P., REKACEWICZ, P., SINAÍ, A. y VIDAL, A. (Eds.) (2008). *Atlas Medioambiental de Le Monde Diplomatique*, París: Cybermonde. [7]
41. BOYER, R. y TIBERGHIE, A. (1989). Las finalidades de la enseñanza de la Física y la Química vistas por profesores y alumnos franceses. *Enseñanza de las Ciencias* 7 [3], 213-222. [2]
42. BRICKHOUSE, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 53-62. [2, 4]
43. BRICKHOUSE, N. W. (1993). What count as successful instruction? An account of a teacher's self-assessment. *Science Education*, 77 (2), 115-129. [2, 4]
44. BRICKHOUSE, N. W. y BODNER, G. M. (1992). The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (5), 471-485. [2, 4]
45. BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199. [2, 4]
46. BRISCOE, C. (1993). Using cognitive referents in making sense of teaching. A chemistry teacher's struggle to change assessment practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 971-987. [2, 4]
47. BRISCOE, C. y PETERS, J. (1997). Teacher collaboration across and within schools: Supporting individual change in elementary science teaching. *Science Education*, 81 (1), 51-65. [2, 4]
48. BROWN, L. R. (1993). El inicio de una nueva era. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1993*. Barcelona: Ed. Apóstrofe. [7]
49. BROWN, L. R. (1998). El futuro del crecimiento. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1998*. Barcelona: Ed. Icaria. [7]
50. BROWN, L. R. y MITCHELL, J. (1998). La construcción de una nueva economía. En The Worldwatch Institute, *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Icaria. [7]
51. BUCH, T. (2003). CTS desde la perspectiva de la educación tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32. Mayo-Agosto 2003. En línea en <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a07.htm> [Presentación e índice, 1, 2]
52. BULLEJOS, J. (1983). Análisis de actividades en textos de Física y Química de 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 147-158. [3]
53. BUNGE, M. (1966). Technology as applied science. *Technology and Cultura* 7(3), 329-347. [2]
54. BUNGE, M. (1976). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel. [2]
55. BURBULES, N. y LINN, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241. [5]
56. BURDET, R. & SUDJIC, D. (2008). *The Endless City*. London: Phaidon. [7]
57. BUTTON, J. and FRIENDS OF THE EARTH (1990). *¡Háztelo Verde!* Barcelona: Integral. [7]
58. BUTTON, J. and FRIENDS OF THE EARTH (1990). *¡Háztelo Verde!* Barcelona: Integral. [6]
59. BYBEE, R. (1991). Planet Earth in crisis: How should science educators respond? *The American Biology Teacher* 53 (3), 146-153. [1, 2, 5, 7]

60. BYBEE, R. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. En Gräber, W. y Bolte, C. (Eds). *Scientific Literacy*, 37-68. Kiel: IPN. [1, 2, 4]
61. BYBEE, R. (2000). Achieving technological literacy: a national imperative, *The Technology Teacher*, Septiembre 2000, pp. 23-28. [1, 2]
62. BYBEE, R. y DE BOER, G.B. (1994). Research on goals for the science curriculum, en Gabel, D.L. *Handbook of Research en Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan P.C. [1, 4]
63. CAAMAÑO, A. (2001). Presencia de CTS en el currículo escolar español, en Membiela (Ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*, 121-133. Madrid: Narcea. [2]
64. CAAMAÑO, A., FERNÁNDEZ, L., MARCO, B., MEDIR, M., MEMBIELA, P., OBACH, D., PAREJO, C., SOLBES, J. y VILCHES, A. SOLOMON, J. (1995). *Monografía: La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad. Alambique*, 3. [2, 4]
65. CAJAS, F. (1999). Public understanding of science: Using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education*, 21 (7) 765-773. [Presentación e índice, 2]
66. CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (2), pp. 243-254. [Presentación e índice, 1, 2]
67. CALERO, M. (2007). La atención de la prensa a la situación de emergencia planetaria. *Tesis doctoral*. Universitat de València. [4]
68. CAMPANARIO, J. M. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3) p. 351-364. [3]
69. CAMPANARIO, J. M. (2003). De la necesidad, virtud: cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 161-172. [3]
70. CARDWELL, D. (1996). *Historia de la Tecnología*. Madrid: Alianza Universidad. [Presentación e índice]
71. CARRASCOSA, J. (1983). Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: selección bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), pp. 63-65. [5]
72. CARRASCOSA, J. (1985). Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: selección bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3), 230-234. [5]
73. CARRASCOSA, J. (1987). Tratamiento didáctico en la enseñanza de las ciencias de los errores conceptuales. *Tesis doctoral*. (Servei de Publicacions de la Universitat de Valencia: Valencia). [3, 5]
74. CARRASCOSA, J. (2005a). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), pp. 183-208.  
En línea en: [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_2/Vol\\_2\\_Num\\_2.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_2/Vol_2_Num_2.htm) [2, 4]
75. CARRASCOSA, J. (2005b). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), pp. 388-402.  
En línea en: [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_3/Vol\\_2\\_Num\\_3.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_3/Vol_2_Num_3.htm) [2, 4]
76. CARRASCOSA, J., FERNÁNDEZ, I., GIL, D. y OROZCO, A. (1993). Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y las características del trabajo científico. *Enseñanza de las Ciencias. Volumen Extra*. 43-46. [2]



77. CARRASCOSA, J., GIL, D. y VALDÉS, P. (2004). El problema de las concepciones alternativas, hoy. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 18, 41-63. [2, 4]
78. CARRASCOSA, J., GIL PÉREZ, D. y VALDÉS, P. (2005). *¿Cómo hacer posible el aprendizaje significativo de conceptos y teorías?* En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. [5]
79. CARSON, R. (1980). *Primavera Silenciosa*, Barcelona: Grijalbo. [7]
80. CASTELLS, M. (2000). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol 3. Fin de milenio*. Madrid: Alianza. [7]
81. CHALMERS, A.F. (1992). *La ciencia y cómo se elabora*. Madrid: Siglo XXI. [2]
82. CHAMPAGNE, A., GUNSTONE, R. y KLOPFER, L.E. (1985). *Effecting changes in cognitive structures among physics students*. En West L.H.T. and Pines A.L. (eds), *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando: Academic Press. [5]
83. CHAMPAGNE, A., KLOPFER, L.E. y ANDERSON, J. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics, *American Journal of Physics*, 48, 1074-1079. [5]
84. CHUN, S., OLIVER, J.S., JACKSON, D.F. y KEMP, A. (1999). *Scientific Literacy: An Educational Goal of the Past Two Centuries*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA. [1]
85. CLARK, C. y PETERSON, P. (1986). *Teacher' thought processes*. In M. Wittrock (Ed). *Handbook of research on Teaching*. New York: McMillan. [2, 4]
86. CLEMENT, J. (1983). *A conceptual model discussed by Galileo and intuitively used by physics students*. En Genter D. and Stevens A.L. (Eds), *Mental Models*. New York: Erlbaum, Hillsdalle. [5]
87. CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445. [2]
88. COLBORN, T., MYERS, J. P., y DUMANOSKI, D. (1997). *Nuestro futuro robado*. Madrid: Ecoespaña. [7]
89. COMÍN, P. y FONT, B. (1999). *Consumo sostenible*, Barcelona: Icaria. [7]
90. COLOMBO, L., PESA, M. y SALINAS, J. (1986). La realimentación en la evaluación en un curso de Laboratorio de Física, *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 122-128. [6]
91. COLOMBO, L., SALINAS, J. y PESA, M. (1991). La generación autónoma de “conflictos cognoscitivos” para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 237-242. [5, 6]
92. COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza. [1, 2, 6, 7]
93. CONCARI, S. B. y GIORGI, S. M. (2000). Los problemas resueltos en textos universitarios de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 381-390. [3]
94. CONCARI, S. B., POZZO, R. L. y GIORGI, S. M., (1999) Un estudio sobre el rozamiento en libros de física de nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 273-280. [3]

95. CORNETT, J. W., YEOTIS, C. y TERWILLINGER, L. (1990). Teacher personal practice theories and their influences upon teacher curricular and instructional actions: A case study of a secondary science teacher. *Science Education*, 74(5), 517-530. [2, 4]
96. COUNCIL OF THE MINISTERS OF EDUCATION OF THE EUROPEAN COMMUNITY (1988). *Resolution on Environmental Education, Official Journal of the European Communities*, (C177/8). [1, 2]
97. CRONIN-JONES, L.L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 235-250. [2, 4]
98. CROSS, R.T. (1999). The public understanding of science: implications for education. *International Journal of science education*, 21, 699-702. [1]
99. DALY, H. (1997). Criterios operativos para el desarrollo sostenible. En Daly, H. y Schutze, C., *Crisis ecológica y sociedad*. Valencia: Ed. Germania. [6, 7]
100. DAVID, L. y GORDON, C. (2008). *¿Qué es el calentamiento global?*, Barcelona: Paidós. [6]
101. DE BERG, K.C. (1997). The development of the concept of work: a case where history can inform pedagogy. *Science & Education*, 6, 511-527. [5]
102. DE BOER, G.E. (1997). Historical perspectives on scientific literacy. En W. Gräber y C. Bolte (Eds.): *Scientific Literacy: An International Symposium*, 69-86. Kiel: IPN, University of Kiel. [1]
103. DE BOER, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601. [1,
104. DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). Marco general de acción de la declaración de Budapest, <http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm> [1]
105. DE HART-HURD, P. (1998). Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 34, 407-416. [1]
106. DEL CARMEN, L. y JIMÉNEZ, M. P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*, 11, (7-14). [3]
107. DELÉAGUE, J. P. y HÉMERY, D. (1998). Energía y crecimiento demográfico. En *Le Monde diplomatique*, edición española, *Pensamiento crítico versus pensamiento único*. Madrid: Ed. Debate. [7]
108. DELIBES, M. y DELIBES DE CASTRO, M. (2005). *La Tierra herida. ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?* Barcelona: Destino. [6, 7]
109. DELORS, J. (Coord.) (1996). *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI*. Madrid: Santillana. Ediciones UNESCO. [1, 2]
110. DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998). The epistemology of students : The "thingified" nature of scientific knowledge. En Fraser B. y Tobin K. (Eds.). *International Handbook of Science Education*, 115-116. London: Kluber. [2]
111. DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNE, B. y RUEL, F. (1993). La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67. [2, 4]
112. DE VRIES, M. J. (1996). Technology Education: Beyond the "Technology is Applied Science" Paradigm. *Journal of Technology Education*, 8 (1), 7-15.
113. En línea en: <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v8n1/deVries.html> [Presentación e índice, 2]

114. DE VRIES, M. J. y TAMIR, A. (1997a). Shaping Concepts of Technology : What Concepts and How to Shape Them. *International Journal of Technology and Design Education*, 7, 3-10. [Presentación e índice]
115. DE VRIES, M. y TAMIR, A. (1997b). Preface, *International Journal of Technology and Design Education*, 7, pp. 1-2. [1]
116. DIAMOND, J. (2006). *Colapso*. Barcelona: Debate. [7]
117. DI SESSA, A.A. (1982). Unlearning aristotelian physics: a study of knowledge-based in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122. [5]
118. DOMÉNECH, J.L. (2000). L'ensenyament de l'energia en l'educació secundària. Anàlisi de les dificultats i una proposta de millora. *Tesis Doctoral*. Universitat de València. [3, 5]
119. DOMÍNGUEZ, M. C. (2004). Dificultats en la comprensió dels conceptes de substància química, substància simple i compost. Proposta de millora basada en estratègies d'ensenyament-aprenentatge per investigació orientada. *Tesis Doctoral*. Universitat de València. [5]
120. DRIVER, R. y EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*. 10, 37-70. [5]
121. DRIVER, R., GÜESNE, E. y TIBERGUIEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Morata. [5]
122. DRIVER, R. y OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122. [2, 5]
123. DUARTE, C. (Coord.) (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC. [6, 7]
124. DUSCHL, R. (1990). *Restructuring science education: The role of theories and their importance*. New York: Teacher College Press, Columbia University. [5]
125. DUSCHL, R. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14. [6, 5]
126. DUSCHL, R. A. y HAMILTON, R. (1998). *Conceptual change in science and in the learning of science*. En B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.), 1998. *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers. [5]
127. DUSCHL, R. A. y WRIGHT, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 467-501. [2, 4]
128. EDWARDS, M. (2000). *La atención a la situación del mundo en la educación científica*. Tesis de Tercer Ciclo. Universitat de València, España. [4]
129. EDWARDS, M. (2003). *La atención a la situación del mundo en la educación científica*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València. [4, 6]
130. EDWARDS, M., GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A. y PRAIA, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), 47-63. [2, 4]
131. EHRLICH, P.R. y EHRLICH, A.H. (1994). La explosión demográfica. *El principal problema ecológico*. Barcelona: Salvat. [7]
132. ENGEL, E. y DRIVER, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70 (4), 473- 496. [2, 5]

133. ESTANY, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica. [2]
134. FANG, R.J., TENG C-C., y CHEN, C-C. (2007). How Taiwanese and Americans Think About Technology. *Journal of Technology Education*. Vol. 18. No. 2, Spring 2007, p. 7. [Presentación e índice]
135. FENSHAM, P. J. (2002a). Time to change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), 9-24. [1]
136. FENSHAM, P. J. (2002b). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2), 133-149. [1]
137. FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València. [2, 3, 4]
138. FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488. [Presentación e índice, 2, 3, 5]
139. FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: OREALC/ UNESCO. [Presentación e índice, 2, 7]
140. FERNÁNDEZ, I., GIL, D., VILCHES, A., VALDÉS, P., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y SALINAS, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3). Monográfico: Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias.
141. En línea en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero3/Art8.pdf>. [Presentación e índice, 2, 3, 4]
142. FERNÁNDEZ, I. y OROZCO, A. (1995). *La transformación de las concepciones espontáneas sobre la ciencia*. Tesis de Tercer Ciclo. Universidad de Valencia. [2]
143. FERREIRA GAUCHÍA, C., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2006). Imagen de la tecnología transmitida por los textos de educación tecnológica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 20, 23-46. [5]
144. FEYERABEND, P. (1989). *Contra el Método*. Barcelona: Ariel. [2]
145. FIEN, J. (1995). Teacher for sustainable world: The environmental and Development Education Project for Teacher Education. *Environmental Education Research*, 1(1), 21-33. [2, 7]
146. FLAVIN, C. y DUNN, S. (1999). Reinención del sistema energético. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo, 1999*. Barcelona: Icaria. [6, 7]
147. FOLCH, R. (1998). *Ambiente, emoción y ética*. Barcelona: Ariel. [7]
148. FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue. [1]
149. FOUREZ, G. M., ENGLEBERT-LECOMTE, V., GROOTAERS, D., MATHY, P., y TILMAN, F. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique*. Bruselas, de Boeck Université. Traducción castellana, 1997, *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Ed. Colihue. [1]
150. FRASER, B. J. y TOBÍN, K. G. (Eds.) (1998). *Internacional Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers. [2, 5]

151. FREDETTE, N. y LOCHHEAD, J. (1981). Students conceptions of electric current. *The Physics Teacher*, 18, 194-198. [5]
152. FURIÓ, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199. [2, 4]
153. FURIÓ, C., CARRASCOSA, J., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué problemas plantean la obtención y el consumo de recursos energéticos? En: Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: ORLEAC/UNESCO. [7]
154. FURIÓ, C. y GIL, D. (1978). *El programa-guía: una propuesta para la renovación de la Didáctica de la Física y la Química en el Bachillerato*. ICE. Universitat de València. [5]
155. FURIÓ C. y GUIASOLA J. (1998). Construcción del concepto de potencial eléctrico mediante el aprendizaje por investigación. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11(1), 25-37. [5]
156. FURIÓ, C. y GUIASOLA, J. (2001). La enseñanza del concepto de *campo eléctrico* basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*. 19(2). 319-334. [5]
157. FURIÓ, C., HERNÁNDEZ, J. y HARRIS, H. (1987). Parallels between adolescents' conception of gasses and the History of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64 (7), 617-618. [5]
158. FURIÓ, C., PAYÁ, J. y VALDÉS, P. (2005). *¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica?* En Gil-Pérez, D., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.) (2005) *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. (476 páginas). Accesible también en <http://www.oei.es/decada/libro.htm>. ISBN 956-8302-27-9. [5]
159. FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, J. y ROMO, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 365-376. [1]
160. GABEL, D. L. (Ed) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* New York: MacMillan Pub Co. [2, 5]
161. GALLAGHER, J.J. (1971). A broader base for science education. *Science Education*, 55, 329-338. [2, 4]
162. GALLAGHER, J.J. (1989). *Research on secondary school science teachers' practices, knowledge and beliefs: A basis for restructuring*. En M. Matyas, K. Tobin y B. Fraser (Eds.). *Looking into windows: Qualitative research in science education* (pp. 43-57). (American Association for the Advancement of Science. Washington, DC). [2, 4]
163. GALLAGHER, J. J. (1991). Perspectiva and Practicing Secondary School Science Teachers Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), 121-133. [2]
164. GALLAGHER, J.J. y TOBIN, K. (1987). Teacher management and student engagement in high school science. *Science Education*, 71(4), 535-555. [2, 4]
165. GALLEGO A. P. (2007). Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 4(1), 141-151. [2, 4]
166. GARCÍA, E. (1999). *El trampolín Fáustico: ciencia, mito y poder en el desarrollo sostenible*. Valencia: Ediciones Tilde. [6, 7]
167. GARCÍA CARMONA, A. (2006). Concepciones del alumnado de secundaria sobre las finalidades de la física y su papel en la tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 188-197. [2, 4]

168. GARCÍA GÓMEZ, J. (2002). La auditoría ambiental como instrumento educativo. Una experiencia en la formación del profesorado, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 16, 99-112. [2]
169. GARCÍA GÓMEZ, J. y NANDO ROSALES, J. (1998). ¿Son coherentes las actitudes del profesorado ante la educación ambiental con su comportamiento docente? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 12, 65-77. [2]
170. GARCÍA, J. y NANDO ROSALES, J. (2000). *Estrategias didácticas en educación ambiental*. Málaga: Aljibe. [2]
171. GARCÍA RODEJA, I. (1999). El sistema Tierra y el efecto invernadero, *Alambique*, 20, 75-84. [6, 7]
172. GARCÍA PALACIOS, E. M., GONZÁLEZ GALBARTE, J. C., LÓPEZ CERREZO, J. A., LUJÁN, J. L., MARTÍN GORDILLO, M., OSORIO, C. y VALDÉS, C. (2001). Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual. *Cuadernos de Iberoamérica*. Madrid: OEI. [3]
173. GARDNER, P.L. (1994). Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28. [1, 4]
174. GARDNER, P.L. (1997). The roots of technology and science: a philosophical and historical view. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), 13-20. [1, 2]
175. GASKELL, P.J. (1992). Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, 14(3), 265-272. [2, 3]
176. GENÉ A. (1991). Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las Ciencias*. 9(1), 22-27. [5]
177. GENÉ, A. y GIL, D. (1987). Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado. *Endecha Pedagógica*, 18, 28-30. [2, 4]
178. GEO (GLOBAL ENVIRONMENTAL OUTLOOK 2) (2000). United Nations Environment Programme. Global State of the Environment report 2000. <http://www.grida.no/geo2000/>. [7]
179. GIDDENS, A. (2000). *Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas*. Madrid: Taurus. [7]
180. GIERE, R.N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press. [2]
181. GIL-PÉREZ, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33. [5, 7]
182. GIL, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212. [Presentación e índice, 2, 3, 5]
183. GIL, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 154-164. [2]
184. GIL, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32. [5]
185. GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985). La metodología de la superficialitat i l'aprenentatge de les ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 113-119. [5]
186. GIL, D y CARRASCOSA, J. (1992). Approaching pupils' learning to scientific construction of knowledge: some implications of the History and Philosophy of Science in science teaching. *Proceedings*

of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in science teaching. Pp. 375-389. Kingston, Ontario. Canadá. [2]

187. GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1994). 'Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching'. *Science Education*, 78(3), 301-315. [5]

188. GIL, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ C., GALLEGO, R., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTINEZ TORREGROSA, J., PESSOA DE CARVALHO A., SALINAS, J., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512. [2, 5]

189. GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE Universitat de Barcelona, Horsori. [2, 3, 5, 6, 7]

190. GIL, D. y DE GUZMÁN, M. (1993). *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e Innovaciones*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Editorial Popular. [5]

191. GIL, D., FURIÓ, C. y GAVIDIA, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64. [2]

192. GIL-PÉREZ, D., GAVIDIA, V., VILCHES, A. y EDWARDS, M. (1999). Visiones de los profesores de ciencias sobre las problemáticas a las que la comunidad científica y la sociedad deberían prestar una atención prioritaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 13, 81-97. [6]

193. GIL-PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. Y VILCHES, A. (Eds.) (2005a). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Santiago: OREALC/UNESCO. 14. pp 297- 326. (476 páginas). Accesible también en <http://www.oei.es/decada/libro.htm>. ISBN 956-8302-27-9. [5, 6]

194. GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12. [5]

195. GIL, D. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37. [1, 2]

196. GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2003). Technology as "applied science": a serious misconception of the nature of technology and the *nature of science*. Pp. 342-352. 7th International History, Philosophy of Science and Science Teaching Conference Proceedings. Pp. 342-352. Winnipeg. [2]

197. GIL- PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2004). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16 (3), 259-272. [1, 2, 3, 5]

198. GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). Contribution of Science and technological Education to Citizens' Culture. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 5(2), 253-263. [Presentación e Índice, 2, 5]

199. GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué desafíos tiene planteados hoy la humanidad? Educación para el desarrollo sostenible. En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Santiago: OREALC/UNESCO. 14. PP 297- 326. [6, 7]

200. GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). ¿Cómo empezar? En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. (2005) PP 67-79. [6]

201. GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., ASTABURUAGA, R. y EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56. [2, 6]
202. GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90. [2, 7]
203. GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, Vol. 14, Nos. 3-5 July, 309-320 [Presentación e Índice, 1, 2, 3, 5]
204. GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. & FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2008). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education, <http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>). [2, 6]
205. GIL PÉREZ, D., VILCHES, A., TOSCANO, J.C. y MACÍAS, O. (2006). Década de la Educación para un futuro sostenible (2005-2014). Un necesario punto de inflexión en la atención a la situación del planeta. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40, 125-178. [2, 7]
206. GILBERT, J. K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo, *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 15-24. [1, 2]
207. GIORDAN, A. (1978). Observation - Experimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, 44, 66-73. Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, número 13. [2]
208. GIORDAN, A. (1982). *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Pablo del Río. [5]
209. GIRARDET, H. (2001). *Creando ciudades sostenibles*. Valencia: Tilde. [7]
210. GLASERSFELD, E. (1989). Cognition, Construction of Knowledge and Teaching, *Synthese*, 80, 121-140. [2]
211. GÓMEZ, I., IZQUIERDO, M. y SANMARTÍ, N. (1990). Los procedimientos. *Cuadernos de Pedagogía*, 180, 28-31. [2]
212. GONZÁLEZ, M. (2001). *La atención a los problemas del planeta en los museos de ciencias*. Trabajo de investigación Tercer Ciclo. Universitat de Valencia. España. [4]
213. GONZÁLEZ, E. y DE ALBA, A. (1994). Hacia unas bases teóricas de la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 66-71. [2, 6, 7]
214. GONZÁLEZ, M., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2002). Los Museos de Ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. *Tecne, Epistme y Didaxis*, 12, 98-112. [4]
215. GONZÁLEZ, M., LÓPEZ CERREZO, J. A., y LUJÁN, J. L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid, Tecnos. [1, 2, 4]
216. GORE, A. (1992). *La Tierra en juego. Ecología y conciencia humana*. Barcelona: Ed. Emecé. [1, 6, 7]
217. GROSSLIGHT, L., UNGER, C., JAY, E. Y SMITH, C. L. (1991). Understanding Models and their use in Science: Conceptions of middle end high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822. [2]
218. GUILBERT, L y MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2, 7-30. [2]



219. GUIASOLA, J. y DE LA IGLESIA, R. (1997). 'Erein Projectua': Proyecto de Ciencias para la ESO basado en el planteamiento de situaciones problemáticas, *Alambique*, 13, 83-93. [5]
220. GUSTAFSON, B. J. Y ROWELL, P. M. (1995). Elementary preservice teachers: Construncting conceptions about learning science, teaching science and nature of science. *International Journal of Science Education*, 17(5), 589-605. [2]
221. HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de S. García (1996): *Representar e intervenir*. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, México D.F.: UNAM/Paidós. [2]
222. HAMMERICH, P. L. (1998). *Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy*. In: W. F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998) "The nature of science in science education. Rationales and estrategias", pp. 127-133. (Kluwer Academic Publishers. Netherland). [2]
223. HANEY, J. J., CZERNIAK, CH. M. y LUMPE, A. T. (1996). Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 971-993. [2]
224. HANSON, N.R. (1958). *Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero (1977): *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Madrid: Alianza. [2]
225. HARTY, H., SAMUEL, J. V. y ANDERSON, H. O. (1991). Understanding the Nature of Science and Attituds Towards Science and Science Teaching of Preservice Elementary Teachers in Three Preparation Sequences. *Journal of Elementary Science Education*, 3(1), 13-22. [2]
226. HASHWEH, M.Z. (1986). Towards an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8 (3), 229-249. [5]
227. HASHWEH, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63. [2]
228. HAYDEN, T. (2008). *2008 El estado del planeta*. National Geographic España. Madrid: RBA. [6, 7]
229. HAYMAN, J. L. (1981). *Investigación y Educación*. Barcelona: Paidós. [3]
230. HEMPEL, C.G. (1976). *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza. [2]
231. HEWSON, P.W. (1990). La enseñanza de "Fuerza y Movimiento" como cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 25-35.
232. HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: implications for teachers education. *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440. [4]
233. HEWSON, P. W. y HEWSON, M. G. (1988). An aprópiate conception of teaching science: a view from studies of science learning. *Science Education*, 75 (5), 597-614.
234. HEWSON, P.W., KERBY, H.W. y COOK, P.A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 503-520. [2, 4]
235. HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995). Exploring the future: a missing dimension in Environmental Education. *Environmental Education Research* 1 (2), 185-193. [2, 6, 7]
236. HIERREZUELO, J.A. (1989). *La ciencia de los alumnos: su utilización en la Didáctica de la Física y Química*. Barcelona: Laia MEC. [5]

237. HILL, A. M. (1998). Problem Solving in Real-Life Contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 10 (2), 181-206. [2]
238. HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57. [2, 5]
239. HODSON, D. (1986). The role of assessment in the "Curriculum Cycle": a survey of science department practice, *Research in Science and Technological Education*, 4 (1), 7-17. [6]
240. HODSON, D. (1992a). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *Internacional Journal of Science Education*, 14(5), 541-566. [2, 4]
241. HODSON, D. (1992b). Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science. *Science Education*, 1(2), 115-144. [2]
242. HODSON, D. (1993). Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24 (1&2) 41-52. [2, 4]
243. HODSON, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalization and Politisation of Science Education, *Curriculum Studies*, 2(1), 71-98. [2]
244. HUGHES, T. P. (1983). *Networks of Power*; Baltimore: The Johns Hopkins University Press. [2]
245. HUIBREGTSE, I., KORTHAGEN, F. y WUBBELS, T. (1994). Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development. *International Journal of Science Education*, 16(5), 539-561. [2, 4]
246. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007). Working Group III Report: *Mitigation of Climate Change*, In "Climate Change 2007" IPCC, *Fourth Assessment Report (AR4)*. Accesible en: <http://www.ipcc.ch/> [7]
247. INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION (ITEA) (2000). *Standards for Technological Literacy: Content for Study of Technology*. Virginia: Reston. [Presentación e índice, 1, 6]
248. ISLAS, S. M. y GURIDI, V. M. (1999). El quehacer científico *versus* el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 281-290. [3]
249. IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N., y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales, *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-90. [2, 5]
250. JACOBY, B. A. y SPARGO, P. E. (1989). Ptolomy revisited? The existent of a mild instrumentalism in some selected high school physical science textbooks. *Interchange*, (20), pp. 33-53. [3]
251. JÁUREGUI, R., EGEEA, F. y DE LA PUERTA, J. (1998). *El tiempo que vivimos y el reparto del trabajo*. Barcelona: Editorial Paidós. [7]
252. JENKINS, E.W. (1994). Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, 26, 6, 601-611. Traducción castellana (1999): Comprensión pública de la ciencia y enseñanza de la ciencia para la acción. *Revista de Estudios del Currículum*, 2, 2, 7-22. [2]
253. JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1995). La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal. Publicación del departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Extremadura. [2]
254. JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2002). Presentación de las monografías: ciencia y cultura, cultura y evolución. *Alambique*. 32, 5-8. [1]

255. JIMÉNEZ, M.P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento en el lenguaje de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 203-216. [5]
256. JIMÉNEZ, M.P. y OTERO, L. (1990). La ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía* 180, 20-22. [2, 4]
257. JOUNG, W. (1993). Uses of cognitive science to science education, *Science & Education*, 2(1), 31-36. [5]
258. KEMP, A.C. (2002). Implications of diverse meanings for "scientific literacy". Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC. En P.A. Rubba, J.A. Rye, W.J. Di Biase y B.A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*, pp. 1202-1229. Pensacola, FL (ERIC Document Reproduction Service No. ED 438 191): AETS. [1]
259. KEMPA, R. F. y AYOB, A. (1995). Learning from group work in science. *International Journal of Science Education*, 17(6), 743-754. [5,
260. KING, B.B. (1991). Beginning Teachers Knowledge of and Attitude Towards History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), 135-141. [2,
261. KLINE, S. J. (1985). What is technology? *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 5(3), 215-218. [2,
262. KRASILCHIK, M., (1979). Biology teaching in Brazil: a case of curricular transformation. *Journal of Biological Education*, 13(4), 311-314. [5,
263. KUHN, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica. [2,
264. KYLE, W.C. (1995). Scientific literacy: Where do go from here? *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10). 1007-1009. [1,
265. LAKATOS, I. (1982). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos. [2,
266. LAKATOS, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial. [2,
267. LAKIN, S. y WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the "nature of science"? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190. [2,
268. LARKIN, J. H. y RAINARD, B. (1984). A research methodology for studying how people think. *Journal of research in Science Teaching*, 21, 235-254. [3,
269. LASZLO, E. (2004). *Tú puedes cambiar el mundo. Manual del ciudadano global para lograr un planeta sostenible y sin violencia*. Madrid: Nowtilus. [6]
270. LAUDAN, L. (1984). *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press. [2,
271. LAUGKSCH, R.C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*, 84, 1, 71-94. [1, 2,
272. LAYTON, D. (1988). Revaluing the T in STS. *International Journal of Science Education*, 10(4), 367-378. [2,
273. LAYTON, D., DAVEY, A. y JENKINS, E. W. (1986). Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy. *Studies in Science Education*, 13, 27-52. [2, 4

274. LAZAROWITZ, R. y TAMIR, P. (1994). *Research on using laboratory instruction in science*. En Gabel, D. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: McMillan Pub Co. [5,
275. LEDERMAN, N. G. y GESS-NEWSOME, J. (1991). Metamorphosis, adaptation or evolution?: Preservice Science Teachers Concerns and Perceptions of Teaching and Planning. *Science Education*, 75(4), 443-456. [2, 4
276. LEDERMAN, N. G. y ZEIDLER, D. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71(5), 721-734. [2,
277. LEE, O. (1997). Scientific Literacy for All: What Is It, and How Can We Achieve It? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3). 219-222. [1,
278. LEWIN, R. (1997). *La sexta extinción*. Barcelona: Tusquets Editores. [7]
279. LINN, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216. [7]
280. LLORENS, J. A. (1991). *Comenzando a aprender Química*. Madrid: Visor. [5,
281. LLORENS, J. A., LLOPIS, R. y De JAIME, M<sup>a</sup> C. (1987). El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la Química en la Enseñanza Media. Una propuesta metodológica para su análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 33-44. [5,
282. LÓPEZ ALCANTUD, J. (2007). La atención a la situación del mundo en el tratamiento de la energía realizado por la educación Tecnológica. *Tesis doctoral*. Universitat de València. [4, 5, 6,
283. LÓPEZ ALCANTUD, J., GIL PÉREZ, D., VILCHES, A. y GONZÁLEZ, E. (2004). El estudio de la energía en la educación tecnológica: una ocasión privilegiada para analizar la situación del mundo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 18, 81-104. [5,
284. LÓPEZ CERREZO, J. A. y LUJÁN J.L. (coords.) (1998). Filosofía de la tecnología, *Teorema* (numero monográfico), XVII/3. [2,
285. LÓPEZ CERREZO, J. A. y LUJÁN, J. L. (2000). *Ciencia y política del riesgo*, Madrid: Alianza. [7]
286. LÓPEZ CUBINO, R. (2001). *El área de Tecnología en Secundaria*. Madrid: Narcea. [Presentación e índice, 3,
287. LORBASCH, A.W., TOBIN, K., BRISCOE, C. y LaMASTER, S.V. (1992). An interpretation of assessment methods in middle school science. *International Journal of Science Education*, 14(3), 305-317. [6,
288. LUJÁN, J. L. y ECHEVERRÍA, J. (2004). *Gobernar los riesgos. Ciencia y valores en la sociedad del riesgo*. Madrid: Biblioteca Nueva/ OEI. [7]
289. LUNETTA, V. (1998). *The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching*. En Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.), *International Handbook of Science Education*, London: Kluwer Academic Publishers. [5,
290. LYNAS, M. (2004). *Marea alta. Noticia de un mundo que se calienta y cómo nos afectan los cambios climáticos*. Barcelona: RBA Libros S. A. [7]
291. LYONS, L. L., FREITAG, P. K. y HEWSON, P. W. (1997). Dichotomy in thinking Dilema in actions: Researcher and teacher perspectives on a chemistry teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 239-254. [2,
292. MAALUF, A. (1999). *Las identidades asesinas*. Madrid: Alianza. [7]

293. MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A., CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO, J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación Científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 28. Enero-Abril 2002. 128-155. [Presentación e índice, 1, 2, 3, 4
294. MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (1998). *Opinions sobre ciencia, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports. [2,
295. MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2001). Actitudes y creencias de los estudiantes relacionadas con CTS, en Membiela, P. (coord.). La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía, pp. 169-162. Madrid: Narcea. [2,
296. MANASSERO, M<sup>a</sup> A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J.A. (2001). El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm> Versión en castellano del 1 del libro de Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. [1,
297. MAOR, D. y TAYLOR, P. C. (1995). Teacher epistemology and scientific inquiry in computerized classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(8), 839-854. [2, 4
298. MARCO, B. (2000). La alfabetización científica, en Perales, F. y Cañal, P. (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoi: Marfil. [1, 2, 4
299. MARLAN, P. y OSBORNE, P. B. (1990). Classroom theory, thinking and action. *Teaching and Teaching Education*, 6, 93-109. [2,
300. MARQUES, L., VILCHES, A., GIL-PÉREZ, D., PRAIA, J. y THOMSON, D. (2008). The Current Planetary Crisis: a Missing Dimension in Science Education. In Azeiteiro U.M et al. (Eds.) *Environmental Education, Communication and Sustainability*. Frankfurt and Main: Peter Lang. [7]
301. MARQUES, R., PEDROSA, A., PAIXAO, F., MARTINS, I., CAAMAÑO, A., VILCHES A., y MARTÍN DÍAZ, M. J. (Coord.) (2008). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Enseñanza de las Ciencias. Educación Científica y desarrollo Sostenible*. V Seminario Ibérico/ I Iberoamericano de CTS no Ensino das Ciências. Aveiro: Universidade de Aveiro. (Actas accesibles en: <http://www.ua.pt/cidfff/educ/PageText.aspx?id=8703>). [2, 4
302. MARTÍN GORDILLO, M. y GONZÁLEZ GALBARTE, J. C. (2002). Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 28, enero-abril, Madrid: OEI. [2,
303. MARTÍN GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica, en *Revista Iberoamericana de Educación*, num. 32, Mayo-Agosto, Madrid, OEI, <http://www.campus-oei.org/revista/rie32.htm> [3,
304. MARTÍN, J. y SOLBES, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en Física. *Enseñanza de las ciencias*, 19(3), 393-402. [5,
305. MARTÍNEZ, M. (1997). Consideraciones teóricas sobre educación en valores. En Filmus D. Compilador, *Las transformaciones educativas en Iberoamérica. Tres desafíos: democracia, desarrollo e integración*. Buenos Aires: Ed. Troquel. [6,
306. MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1987). La resolución de problemas de Física como investigación: un instrumento de cambio metodológico. Tesis doctoral. Facultad de Físicas. Universidad de Valencia. [3,
307. MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C. Y VERDÚ, R. (2005). *¿Cómo diseñar los contenidos de un tema o de un curso?* En Gil-Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. Y Vilches, A. (Eds.) (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una*

*propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. (476 páginas). Accesible también en <http://www.oei.es/decada/libro.htm>. ISBN 956-8302-27-9. [6,

308. MARTINS, I. P. (Coord.) (2000) *O movimento CTS na Península Ibérica*. Actas del Seminario Ibérico CTS. Aveiro, 6-8 julio 2000. Aveiro: Universidade de Aveiro. [2, 4

309. MARTINS, I. (Coord.) (2004). *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro. [2, 4

310. MAYER, M. (1998). Educación ambiental: de la acción a la investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 217-231. [6,

311. MAYOR ZARAGOZA, F. (1997). Entrevista realizada por González E., *El País*, domingo 22 de junio, pág. 30. [7]

312. MAYOR ZARAGOZA, F. (2000). *Un mundo nuevo*. Barcelona: Círculo de Lectores. [7]

313. McCOMAS, W.F., Ed. (1998). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. [2,

314. McCOMAS, W. F., CLOUGH, M. P. y ALMAZROA, H. (1998). *The role and character of the nature of science in science education*. En W. F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". Pp. 3-39. (Kluwer Academic Publishers. Netherland). [2,

315. McDERMOTT, L.C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*. July, 24-34. [5,

316. McDERMOTT, L.C. (1993a). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Primera parte). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6 (1), 19-32. [5,

317. McDERMOTT, L.C. (1993b). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Segunda parte). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6 (2), 19-28. [5,

318. MCGINN, A. P. (1998). La promoción de una pesca sostenible. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1998*. Barcelona: Ed. Icaria. [7]

319. McNEILL, J. R. (2003). *Algo nuevo bajo el Sol*. Madrid: Alianza. [7]

320. MEICHTRY, Y. (1993). The impact of science curricula on students views about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 429-443. [2,

321. MELLADO, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science Education*, 6, 331-354. [2,

322. MELLADO, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Teacher Education*, 82, 197-214. [2,

323. MEMBIELA, P. (1997). Alfabetización científica y ciencia para todos en la educación obligatoria. *Alambique*, 13. 37-44. [1,

324. MEMBIELA, P. (Coord.) (2001). *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea. [2, 4

325. MILLAR, R. y DRIVER, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62. [7]

326. MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos-Servicio Editorial del País Vasco. [2,

327. MITCHENER, C. P. y ANDERSON, R. D. (1989). Teachers' perspective: Developing and implementing an STS curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 351-369. [2, 4]
328. MORENO, A. (1988). *Aproximación a la física. Una historia de visionarios, rebeldes y creadores*. Madrid: Mondadori. [2]
329. MORENO, E. y GARCÍA GÓMEZ, J. (2008). La educación ambiental y el desarrollo sostenible: conceptualización del profesorado de formación inicial de secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 203-218. [2]
330. MORENTIN, M. y GUIASOLA, J. (2005). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en los futuros maestros y maestras de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso. [2, 4]
331. MORIN, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós. [2]
332. MOSTERÍN J. (1990). Prólogo al libro de Estany A., *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica. [2]
333. MUMBY, H. y RUSELL, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. En Fraser, B.J. y Tobin, K.G (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers. [2]
334. MYERS, N. (1987). *El Atlas Gaia de la Gestión del Planeta*. Madrid: Hermann Blume. [7]
335. NACIONES UNIDAS (1992). *UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles*. París: UNESCO. [1, 2]
336. NACIONES UNIDAS (2001). *World Population Prospects. The 2000 Revision Highlights*. Population Division Department of Economic and Social Affairs United Nations. New York. [7]
337. NAREDO, J. M. (1997). Sobre el rumbo del mundo. *Le Monde diplomatique*, Ed. española, año II, nº 20, pp. 1 y 30-31. [7]
338. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. (1995). (Ver NATIONAL RESEARCH COUNCIL)
339. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996), *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press. [1, 5]
340. NIINILUOTO, I. (1997). Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad? *Arbor*, 620, 285-299. [2]
341. NOVAK, J. D. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza. [5]
342. NOVO, M. (2006). El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa. Madrid: UNESCO-Pearson. 3. [7]
343. NUSSBAUM, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, 11, 530-540. [2]
344. OLIVER, J.S., JACKSON, D.F., CHUN, S., KEMP, A., TIPPINS, D.J., LEONARD, R., KANG, N.H. y RASCOE, B. (2001). The Concept of Scientific Literacy: A View of the Current Debate as an Outgrowth of the Past Two Centuries. *Electronic Journal of Literacy through Science*, 1(1). [1]
345. O'MEARA, M. (1999). La nueva visión para las ciudades. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo, 1999*. Barcelona: Ed. Icaria. [7]
346. OROZCO, A. y FERNÁNDEZ, I. (1995). *El problema de las concepciones espontáneas sobre la ciencia*. Tesis de Tercer Ciclo. Universidad de Valencia. [2]

347. ORR, D. W. (1995). Educating for the Environment. Higher Education's Challenge of the Next Century. *Change*, May/June, 43-46. También en ORR D. W., 1996. Educating for the Environment. Higher Education's Challenge of the Next Century. *The Journal of Environmental Education* 27 (3), 7-11. [2]
348. OSBORNE, R. y WITTRICK, M. (1983). Learning Science: a generative process. *Science Education*, 67, 490-508. [5]
349. OSORIO, C. (2002). Enfoques sobre la tecnología. En línea en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <<http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/osorio.htm>> [1, 2, 4]
350. OSORIO, C. (2003). Aproximaciones a la Tecnología desde los enfoques en CTS. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*. <http://www.campusoei.org/salactsi/osorio5.htm>. [2]
351. OTERO, J. (1997). El conocimiento de la falta de conocimiento de un texto científico. *Alambique*, 11, pp. 15-22. [3]
352. PACEY, A. (1983). *The Culture of Technology*. Cambridge: Cambridge MIT Press. Trad. de Ríos, R., 1990. *La cultura de la tecnología*. México DF: FCE. [2]
353. PACEY, A. (1990): *La cultura de la tecnología*. México, Fondo de Cultura Económica. [2, 4]
354. PACEY, A. (1999), *Meaning in Technology*, Cambridge: The MIT Press. [2]
355. PAJARES, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: clearing up a muddled construct. *Review of Educational Research*, 62, 307-322. [2, 4]
356. PAYÁ, J. (1991). Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física y la Química. Un análisis crítico y una propuesta fundamentada. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. [3]
357. PEARCE, F. (2007). *La última generación. Benasque (Huesca)*. Barrabes Editorial. [7]
358. PEDRINACI, E. (1994). Epistemología, historia de las ciencias y abejas. *Investigación en la escuela*, 23, 95-102. [3]
359. PERALES PALACIOS, F. J. (2006). *Percepción ambiental en futuros maestros de Educación Primaria*. Comunicación presentada en los XII Encuentros de didáctica de las Ciencias Experimentales, Zaragoza.) [2]
360. PERALES, F.J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil. [1, 2, 5]
361. PÉREZ, H. (2003). La teoría de la relatividad y su didáctica en el bachillerato: análisis de dificultades y una propuesta de tratamiento. *Tesis Doctoral*. Universitat de València. [5]
362. PESSOA DE CARVALHO A. y GIL-PÉREZ D. (1995), *Formação de professores de ciências. Tendências e inovações*. São Paulo: Cortez Editora. [5]
363. PESSOA, A. y CASSASIN, A. (2007). *Salvar la Tierra*. Barcelona: Egedsa. [6]
364. PIAGET, J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: A. Redondo. [5]
365. PIBURN, M. D. y BAKER, D. R. (1993). If I were the teacher... Qualitative study of attitude toward science. *Science Education*, 77 (4), 393-406. [5]
366. POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278. [2, 3]



367. POPPER, K.R. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos. [2]
368. PORLÁN, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185. [2]
369. PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada Editora. [2]
370. PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-167. [2, 4]
371. PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288. [2, 4]
372. POZO, J.I. (1992). *El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos*. En Coll (eds), *Los contenidos de la Reforma (Enseñanza de conceptos, procedimientos y actitudes)*. Madrid: Santillana. [5]
373. PRAIA, J. y CACHAPUZ, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 350-354. [2, 4]
374. PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D. y EDWARDS, M. (2000). Percepções de professores de ciências portuguesas e espanhóis da situação do mundo. *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro: Universidade de Aveiro. 147-160. [4]
375. PRICE, R. F. y CROSS, R. T. (1995). Conceptions of science and technology clarified: improving the teaching of science. *International Journal of Science Education*, 17(3), pp. 285-293. [1, 4]
376. PUJOL, R. M<sup>a</sup>. (2002). Educación científica para la ciudadanía en formación, *Alambique*, 32, pp. 9-16 [1]
377. QUINTANILLA, M. A. (1998). Técnica y Cultura. *Teorema. Revista internacional de filosofía*, Vol. XVII/3. Pp 49-69. [2, 4]
378. QUINTANILLA, M.A. y SÁNCHEZ RON, J.M. (1997). *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Madrid: Santillana. [2]
379. RAMONET, I. (1997). *El mundo en crisis*. Madrid: Debate. [7]
380. RAMSEY, J. (1993). The Science Education Reform Movement: implications for social responsibility. *Science Education*, 77, 2, 235-258. [2, 4]
381. RASINEN, A. (2003). An analysis of the technology education curriculum of six countries. *Journal of Technology Education*, 15 (1). [Presentación e índice, 1]
382. REID, D.J. y HODSON, D. (1989): *Science for all*. Londres: Casell. Traducción de M.J. Martín-Díaz y L.A. García-Lucía (1993): *Ciencia para todos en Secundaria*. Madrid: Narcea. [2, 4]
383. REID, D.V. y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea. [1]
384. RENNER, M. (1999). El fin de los conflictos violentos. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo*. 1998. Barcelona: Ed. Icaria. [7]
385. REYES, L., SALCEDO, L. E. y PREAFAN, G. A. (1999). *Acciones y creencias: Tesoro oculto del educador. Tomo I*. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Facultad de Educación Santa Fe de Bogotá, D.C. [2, 4]

386. RIBA, M. (2003). *Mañana. Guía de desarrollo sostenible*. Barcelona: Intermón Oxfam. [6]
387. RÍOS, E. (2005). Las interacciones ciencia, tecnología y Sociedad en los ciclos formativos de Sistemas Eléctricos. *Tesis Doctoral*. Servei de Publicacions. Universitat de València. [5]
388. RÍOS, E. y SOLBES, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6,1. [5]
389. ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALWERG-HENRIKSSON, H. y HEMMO, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission. Community Research. (En línea : [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)). [5]
390. ROTH, W. M. (1994). Student views of collaborative concept mapping: an emancipatory research project. *Science Education*, 78 (1), 1-34. [5]
391. ROTH, W. M. (1997). Instructional structures during a grade 4-5. Open-design engineering unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (3), 273-302. [5]
392. ROTH, W.M. y LUCAS, K.B. (1997). From “Truth” to “Invented Reality”: A Discourse Analysis of High School Physics Students’ Talk about Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 145-179. [2]
393. ROTH, W.M. y ROYCHONDHURY, A. (1994). Students’ Epistemologies and Views about Knowing and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30. [2]
394. RYAN, A.G. (1990). Los efectos de la región, número de asignaturas de ciencias cursadas y sexo sobre la opinión de los estudiantes canadienses en cuestiones de ciencia, técnica y sociedad. *Enseñanza de las Ciencias* 8(1), 3-10. [2]
395. SACHS, J. (2008). *Economía para un planeta abarrotado*. Barcelona: Debate. [7]
396. SALINAS, J., CUDMANI, L. y JAÉN, M. (1995). Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 17(1), 55-61. [2]
397. SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144. [5]
399. SÁNCHEZ CAZORLA, J. A. y RODRÍGUEZ ALCÁZAR, F. J. (2004). *Ciencia y Tecnología para la paz*. En Molina, B y Muñoz, F. A. (Eds.) (2004). *Manual de Paz y Conflictos*. Granada: Universidad de Granada. [6, 7]
400. SÁNCHEZ RON, J. M. (1994). ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? En Nadal J. (Ed.), *El mundo que viene* (pp. 221-246). Madrid: Alianza. [2]
401. SÁNCHEZ RON, J. M. (1998). Falsos mitos: Ciencia Vs. Tecnología. Reflexiones sobre política científica. *Fundación Repsol*. [2]
402. SANMARTÍN, J. (1990). *Tecnología y futuro humano*. Barcelona, Anthropos. [Presentación e índice, 1, 2, 4]
403. SARTORI, G. y MAZZOLENI, G. (2003). *La Tierra explota. Superpoblación y Desarrollo*. Madrid: Taurus. [7]
404. SASSEN, S. (2000). *Cities in a world economy*. Pine Forges Press: Thousand Oaks. [7]
405. SCHIBECI, R.A. (1986). Images of science, scientistes and science education, *Science Education* 70 [2], 139-149. [2]

406. SELLEY, N.J. (1989). The philosophy of school science. *Interchange*, 20(2), 24-32. [2]
407. SEMPERE, J. y RIECHMANN, J. (2000) *Sociología y medio ambiente*. Madrid. Ed. Síntesis. [7]
408. SEN, A. (1999). *Desarrollo y libertad*. Barcelona: Planeta. [7]
409. SHAMOS, M.H. (1993). STS: A Time for Caution. En R.E. Yager (Ed): *The Science, Technology, Society Movement*. Washington DC: NSTA. [2]
410. SHAMOS, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick (NJ): Rutgers University Press. [1]
411. SHUELL, T.J. (1987). Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science. *Science Education*, 71 (2), 239-250. [5]
412. SIERRA, R. (1983). *Técnicas de Investigación Social. Teoría y Ejercicios*. Madrid: Paraninfo. [3]
413. SILVER, D. y VALLELY, B. (1998). *Lo que Tú Puedes Hacer para Salvar la Tierra*. Salamanca: Lóguez. [6, 7]
414. SJØBERG, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. En S. Sjøberg y E. Kallerud (Eds.): *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy*, pp. 9-28. Oslo: NIFU. Versión electrónica en <http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>. [2, 4]
415. SMITH, H. A. (1980). *What are the needs in pre-college science, mathematics and social science education? A view from the field*. In NSF: A report on the implications to the science community of three NSF sponsored studies of the state of pre-college science education. Pp. 55-78. (NSF: Washington, D.C.). [2, 4]
416. SOLBES, J. (1986). Introducción a los conceptos básicos de Física Moderna. *Tesis doctoral*. Universitat de València. [5]
417. SOLBES, J. y TRAVER, M. J. (1996). La utilización de la Historia de la Ciencia en la enseñanza de la física y química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 103-112. [2, 3]
418. SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). Interacciones Ciencia Técnica Sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7 (1), 14-20. [2, 3]
419. SOLBES, J. y VILCHES, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones CTS. *Enseñanza de las Ciencias*. 10 (2), 181-186. [2, 3, 5]
420. SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386. [2, 3, 4, 5, 6]
421. SOLBES, J. y VILCHES, A. (1998). Las interacciones CTS en los nuevos textos de secundaria. En Banet, E. y De Pro, A. (Coord.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1 pp. 142-147. Murcia: D. M. [2, 3]
422. SOLBES, J. y VILCHES, A. (2000). La introducción de las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las ciencias y su evolución. *Educación Química*, 11(4), 387-394. [2]
423. SOLBES, J. y VILCHES, A. (2001). Percepciones del alumnado de ESO y bachillerato acerca de las interacciones CTS. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, VI Congreso, pp. 27- 28. [2]
424. SOLBES, J. y VILCHES, A. (2002). Visiones de los estudiantes de secundaria acerca de las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2). [2]
425. SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004). Papel de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3),337-348. [2]

426. SOLBES, J. VILCHES, A. y GIL, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. *En Pedro Membiela (Ed.), Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Narcea (2001). 15, pp. 221-231. [2]
427. SOLER, A. J. (2004). El Mètode de Projectes Tecnològics com un entorn favorable d'aprenentatge en el context de la Teoria de l'Activitat. *Tesis Doctoral*. Universitat de Barcelona. [6]
428. SOLOMON, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82. [5, 7]
429. SOLOMON, J. (1988). Una perspectiva social de los esquemas conceptuales. *Investigación en la escuela*, 5, 17-20. [5]
430. SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G. (eds.) (1994): *STS Education: international perspectives on reform*. Nueva York: Teachers College Press. [2, 4]
431. SOLOMON, J., DUVEEN, J. y SCOUT, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16(3), pp. 361-373. [2]
432. SONGER, N. B. y LINN, M. C. (1991). How do students views of science influence knowledge integration? *Journal of research in Science Teaching*, 28(9), 761-784. [2]
433. STIGLITZ, J. E. (2002). *El malestar de la globalización*. Madrid: Taurus. [7]
434. STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: From logic to evidence. *Science Education*, 76, 1-16. [2, 3]
435. SUCHTING, W.A. (1992). Constructivism Deconstructed. *Science & Education*, 1(3), 223-254. [2]
436. SWAIN, J., MONK, M. y JOHNSON, S. (1999). A quantitative study of the differences in ideas generated by three different opportunities for classroom talk. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 389-399. [5]
437. TARÍN, F. (2000). El principio de conservación de la energía y sus implicaciones didácticas. *Tesis doctoral*. Universitat de València. [5]
438. TENREIRO-VIEIRA, C. (2002). O Ensino das Ciências no Ensino Básico: Perspectiva Histórica e Tendências Actuais. *Revista de Psicologia, Educação e Cultura*, 6, 1. 185-201. [1]
439. THE EARTH WORKS GROUP (2000). *Manual práctico de reciclaje*. Barcelona: Blume. [6]
440. THE EARTH WORKS GROUP (2006). *50 cosas sencillas que tú puedes hacer para salvar la Tierra*, Barcelona: Naturart. [6]
441. THOMAZ, M.F., CRUZ, M.N., MARTINS, I.P. y CACHAPUZ, A.F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 315-322. [2, 4]
442. TIBERGHEN, A., JOSSEM, E. y BAROJAS, J. (1998). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. (I.C.P.E Book. International Commission on Physics Education). [5]
443. TILBURY, D. (1995). Environmental education for sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212. [2, 6, 7]
444. TIPPINS, D.J., OLIVER, J.S., JACKSON, D., CHUN, S., KEMP, A., LI, H., RASCOE, B., NICHOLS, S.E. y RADCLIFFE, L. (1998). *Scientific literacy: Exploring the metaphor*. Paper presented at the Annual Meeting of the Association of Educators of Teachers of Science, Minneapolis, MN. [1]

445. TOBIN, K. (1998). *Issues and trends in the teaching of science*. En Fraser, B.J. y Tobin, K.G. (eds), 1998 *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers. [5]
446. TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y GALLARD, A. J. (1992). *Research on Instruccional Strategies for Teaching Science*. In D. L. Gabel (Ed) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: National Science Teachers Association. [2]
447. TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y HOOK, K. (1994). Referents for changing a science curriculum: A case study of one teacher's change in beliefs. *Science Education*, 3, 245-264. [2, 4]
448. TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza. [2]
449. TRAVÉ, G. y POZUELOS, F. (1999). Superar la disciplinariedad y la transversalidad simple: hacia un enfoque basado en la educación global. *Investigación en la Escuela* 37, 5-13. [2]
450. TRAVER, M.J. (1996). *La història de les ciències en l'ensenyament de la Física i la Química*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València. [2, 3]
451. TUXILL, J. (1999). Valoración de los beneficios de la biodiversidad. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H., *La situación del mundo*, 1999. Barcelona: Icaria. [7]
452. TUXILL, J. y BRIGHT, C. (1998). La red de la vida se desgarrará. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. *La situación del mundo*. 1998. Barcelona: Icaria. [7]
453. UNESCO. (1987). Elementos para una estrategia internacional de acción en materia de educación y formaciones ambientales para el decenio de 1990. En *Congreso Internacional UNESCO-PNUMA sobre educación y formación ambientales*, Moscú, UNESCO. [1, 2]
454. UNESCO (1994). Science and Technology 2000+ Education for all. The Project 2000+ Declaration. París: UNESCO. [2]
455. UNESCO-ICSU (1999a). *Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest (Hungría), 26 junio - 1 julio de 1999. En línea en <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm> [2]
456. UNESCO-ICSU (1999b). *Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest (Hungría), 26 junio - 1 julio de 1999. [Versión electrónica] en <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestmarco.htm> [2]
457. UNESCO-PROAP (Principal Regional Office for Asia and the Pacific), ICASE y SEAMEO-RECSAM (2001). *The training of trainers manual. For Promoting Scientific and Technological Literacy (STL) for All*. Bangkok: UNESCO-PROAP.
458. Versión electrónica en <http://www.unescobkk.org/education/aceid/STL/STL00book.pdf> [2]
459. VALDÉS P., SIFREDO, C., NUÑEZ J. y VALDES R. (1999). *Enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas*. La Habana: Academia. [5]
460. VALDÉS, R. y VALDÉS, P. (1999). *Tres ideas básicas de la didáctica de las ciencias*. En: Valdés P., Sifredo C., Núñez J. y Valdés R., *Enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas*. La Habana: Academia. [5]
461. VALDÉS, P., VALDÉS, R., GUIASOLA, J. y SANTOS, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 28. Enero-Abril, 2002, 101-128. [Presentación e índice, 2, 4]
462. VALDÉS, P., VALDÉS, R. y MACEDO, B. (2001): «Transformaciones en la educación científica a comienzos del siglo XXI», en: *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* (en prensa). [2]

463. VERCHER, A. (1998). *Derechos humanos y medio ambiente*. Claves de Razón práctica, 84, 14-21. [7]
464. VIENNOT, L. (1976). *Le Raisonnement Spontané en Dynamique élémentaire*. Thèse d'Etat. Université Paris 7. Herman, Paris. [5]
465. VILCHES, A. (1993). Las interacciones Ciencia, Técnica, Sociedad y la enseñanza de las ciencias físico-químicas. *Tesis Doctoral*. Universitat de València. [5]
466. VILCHES, A. (2007). Una unidad clave para la implicación del alumnado: ¿Cómo empezar? *Alambique*, 52, 28-38. [6]
467. VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible*. *Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press. [2, 5, 6, 7]
468. VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2007a). La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 22, 67-85. [2]
469. VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2007b). Emergencia planetaria: Necesidad de un planteamiento global. *Educatio Siglo XXI*, 25, 19-49. (Accesible en la web <http://www.um.es/ojs/index.php/educatio/>). [2]
470. VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2008). De la emergencia planetaria a la construcción de un futuro sostenible. En *Ciencias para el mundo contemporáneo*. Madrid: FECYT. pp 275-327. [7]
471. VILCHES, A., GIL-PÉREZ, D., EDWARDS, M. y PRAIA, J. (2001). Science teachers' perceptions of the current situation of planetary emergency. In Psillos, D. et al. (Eds.). *Science Education Research in the Knowledge Based Society*. Proceedings of the Third International Conference of ESERA. Thessaloniki. Pages 683-685. [4]
472. VILCHES, A., GIL-PÉREZ, D., TOSCANO, J.C. y MACÍAS, O. (2008). «Contaminación sin fronteras» [artículo en línea]. OEI. [Fecha de consulta: dd/mm/aa]. <<http://www.oei.es/decada/accion005.htm>> [7]
473. VILCHES, A., VÁQUEZ DORRÍO, B y GIL PÉREZ, D. (2008). Hands-on sustainability: How can we contribute to the construction of a sustainable future? *International Journal on Hands-on Science* 1 (1), 15-20. [ISSN (print): 1646-8937; (online): 1646-8945]. Accessible en: [http://www.aect.pt/ijhsci/wp-content/uploads/2008/09/IJHSCI\\_volume1\\_numero1\\_2008\\_online.pdf](http://www.aect.pt/ijhsci/wp-content/uploads/2008/09/IJHSCI_volume1_numero1_2008_online.pdf) [6]
474. WANDERSEE, J.H., MINTZES, J.J. y NOVAK, J.D. (1994). *Research on alternative conceptions in science*. En Gabel D.L (ed), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co. [5]
475. WHEATLEY G.H. (1991). Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning, *Science Education*, 75(1), 9-21. [5]
476. WHITE, T.R. y GUNSTONE, F.R. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal Science Education*, 11, 577-586. [5]
477. WILSON, M. et al. (1981). *Research Methods in Education and the Social Sciences*. Keynes, Great Britain: The Open University Press. [4]
478. WINNER, L. (1979). *Tecnología Autónoma*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A. [2]
479. WINNER, L. (1987) *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*. Barcelona, Gedisa. [7]
480. WORLDWATCH INSTITUTE (1984-2009). *The State of the World*. New York: W.W. Norton. (Versiones en castellano, *La situación del mundo*, Barcelona: Icaria). [1, 2, 7]

481. WYNNE, B. (1983). Redefining the Issues of Risk and Public Acceptance. En: Futures, Febrero, 13-32. [2]

482. YAGER, R.E. (1992). Constructivist Learning Model: A Must for STS Classrooms. En R.E. Yager (Ed). *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*. ICASE Yearbook. Peterfield: ICASE. [2, 4]

483. YERRICK, R., PARKE, H. y NUGENT, J. (1997). Struggling to promote deeply rooted change: the filtering effect of teachers' beliefs on understanding transformational views of teaching science. *Science Education*, 81(2), 137-159. [2, 4]

484. ZEIDLER, D. L. y LEDERMAN, N. G. (1989). The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 771-783. [2]

## **2. Índice onomástico**

Incluye todos los autores referenciados en la memoria, indicando en cada caso los números de las referencias correspondientes en el listado de Referencias Bibliográficas, de forma que puede encontrarse fácilmente cuáles son los trabajos de los que son autores o coautores y en qué capítulos aparecen referenciados.

ABELL, S. K. [1]

ABRAMS, E. [3]

ACEVEDO, J. A. [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 293, 296]

ACEVEDO, P. [13]

AGENDA 21 [14]

AGUILAR, T. [15]

AIKENHEAD, G.S. [16, 17, 18, 19, 20, 430]

ALEXOPOULOU, E. [21]

ALMAZROA, H. [314]

ALONSO, M. [22, 23, 24, 25, 26, 27]

ANDERSSON, B. [28]

ANDERSON, H. O. [225]

ANDERSON, J. [83]

ANDERSON, R. D. [29, 327]

APPLETON, K. [30]

ASOKO, H. [30]

ASTABURUAGA, R. [201]

ATKIN, J. M. [31]

AUCEJO, A. [32]

AUSUBEL, D.P. [33]

AYOB, A. [259]

BAKER, D. R. [365]

- BAROJAS, J. [442]  
BELL, B. [38, 39]  
BODNER, G. M. [44]  
BOYER, R. [41]  
BRICKHOUSE, N. W. [42, 43, 44]  
BRISCOE, C. [45, 46, 47, 287]  
BUCH, T. [51]  
BUNGE, M. [53, 54]  
BULLEJOS, J. [52]  
BURBULES, N. [55]  
BUTTON, J. [57,58]  
BYBEE, R. [59, 60, 61, 62]  
CAAMAÑO, A. [63, 64, 293, 301]  
CACHAPUZ, A. [138, 140, 203, 293, 373, 441]  
CAJAS, F. [65, 66]  
CALERO, M. [67]  
CAMPANARIO, J. M. [68, 69]  
CAÑAL, P. [293, 360]  
CARDWELL, D. [70]  
CARRASCOSA, J. [71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 138, 153, 185, 186, 187, 188, 189]  
CARVALHO, A. M. P. [293]  
CHALMERS, A.F. [81]  
CHAMPAGNE, A. [82, 83]  
CHEN, C-C. [134]  
CHUN, S. [84, 344, 444]  
CLARK, C. [85]  
CLEMENT, J. [86]  
CLOUGH, M. P. [314]  
CLEMINSON, A. [87]  
COLOMBO, L. [90,91]  
COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO [92]  
CONCARI, S. B. [93,94]  
COOK, P.A. [234]  
CORNETT, J. W. [95]  
COUNCIL OF THE MINISTERS OF EDUCATION OF THE EUROPEAN COMMUNITY [96]  
CRONIN-JONES, L.L. [97]  
CROSS, R.T. [98, 375]  
CRUZ, M.N. [441]  
CSERMELY, P. [389]  
CUDMANI, L. [396]



CZERNIAK, CH. M. [223]  
DALY, H. [99]  
DAVEY, A. [273]  
DE ALBA, A. [213]  
DE BERG, K.C. [101]  
DE BOER, G.B. [62]  
DE BOER, G. E. [102, 103]  
DECLARACIÓN DE BUDAPEST [104]  
DE GUZMÁN, M. [190]  
DE HART-HURD, P. [105]  
DE JAIME, M<sup>a</sup> C. [281]  
DE LA IGLESIA R. [219]  
DEL CARMEN, L. [106]  
DELORS, J. [109]  
DÉSAUTELS, J. [110, 111]  
DE VRIES, M. J. [112, 114, 115]  
DI SESSA, A.A. [117]  
DOMÉNECH, J. L. [118]  
DOMÍNGUEZ, M. C. [119]  
DRIVER, R. [21, 120, 121, 122, 132, 325]  
DUMAS-CARRÉ, A. [188]  
DUNN, S. [146]  
DUSCHL, R. [124, 125, 126, 127]  
DUVEEN, J. [431]  
EASLEY, J. [120]  
EDWARDS, M. [128, 129, 130, 192, 201, 202, 374, 471]  
ENGEL, E. [132]  
ENGLBERT-LECOMTE, V. [149]  
ESPINET, M. [249]  
ESTANY, A. [133]  
FANG, R-J. [134]  
FENSHAM, P. J. [135, 136]  
FERNÁNDEZ, I. [76, 137, 138, 139, 140, 142, 203, 346]  
FERNÁNDEZ, L. [64]  
FERREIRA GAUCHÍA, C. [143, 204]  
FEYERABEND, P. [144]  
FIEN, J. [145]  
FLAVIN, C. [146]  
FOUREZ, G. [148, 149]  
FRASER, B. J. [150]

- FREDETTE, N. [151]  
FREITAG, P. K. [291]  
FRIENDS OF THE EARTH [57, 58]  
FURIÓ, C. [152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 188, 189, 191]  
GABEL, D. L. [160]  
GAGNE, B. [111]  
GALLAGHER, J.J. [161, 162, 163, 164]  
GALLARD, A. J. [446]  
GALLEGO A. P. [165]  
GALLEGO, R. [188]  
GARCÍA, E. [166]  
GARCÍA CARMONA, A. [167]  
GARCÍA GÓMEZ. J. [168, 169, 170, 329]  
GARCÍA PALACIOS, E. M. [172]  
GARCÍA RODEJA, I. [171]  
GARDNER, P.L. [173, 174]  
GARRITZ, A. [293]  
GASKELL, P.J. [175]  
GAVIDIA, V. [191, 192]  
GENÉ A. [176, 177, 188]  
GESS-NEWSOME, J. [275]  
GIERE, R.N. [180]  
GIL PÉREZ, D. [23, 24, 25, 26, 27, 76, 77, 78, 130, 138, 139, 140, 143, 153, 154, 177, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 214, 183, 293, 300, 362, 374, 426, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473]  
GILBERT, J.K. [206]  
GIORGI, S. M. [93, 94]  
GIORDAN, A. [207, 208]  
GLASERSFELD, E. [210]  
GÓMEZ, I. [211]  
GONZÁLEZ, M. [188, 213, 283, 293]  
GONZÁLEZ, E. [212, 214, 215]  
GONZÁLEZ GALBARTE, J. C. [172, 302]  
GORE, A. [216]  
GRAS-MARTÍ, A. [293]  
GROOTAERS, D. [149]  
GROSSLIGHT, L. [217]  
GÜESNE, E. [121]  
GUILBERT, L. [218]  
GUISASOLA J. [155, 156, 159, 188, 219, 293, 330, 461]  
GUNSTONE, R. [82, 476]

- GURIDI, V. M. [248]  
GUSTAFSON, B. J. [220]  
HACKING, I. [221]  
HAMILTON, R. [126]  
HAMMERICH, P. L. [222]  
HANEY, J. J. [223]  
HANSON, N.R. [224]  
HARRIS, H. [157]  
HARTY, H. [225]  
HASHWEH, M.Z. [226, 227]  
HAYMAN, J. L. [229]  
HELMS, J. [31]  
HEMMO, V. [389]  
HEMPEL, C.G. [230]  
HERNÁNDEZ, J. [157]  
HEWSON, M.G. [232, 233]  
HEWSON, P.W. [231, 232, 233, 234, 291]  
HICKS, D. [235]  
HIERREZUELO, J.A. [236]  
HILL, A. M. [237]  
HOLDEN, C. [235]  
HODSON, D. [238, 239, 240, 241, 242, 243, 382, 383]  
HOOK, K. [447]  
HUGHES, T. P. [244]  
HUIBREGTSE, I. [245]  
INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION. [247]  
ISLAS, S. M. [248]  
IZQUIERDO, M. [211, 249]  
JACKSON, D. [84, 344, 444]  
JACOBY, B. A. [250]  
JAÉN, M. [396]  
JAY, E. [217]  
JENKINS, E.W. [252, 273]  
JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. [106, 253, 254, 255, 256]  
JOHNSON, S. [436]  
JORDE, D. [389]  
JOSSEM, E. [442]  
JOUNG, W. [257]  
KANG, N.H. [344]  
KEMP, A. [84, 258, 344, 444]

KEMPA, R. F. [259]  
KERBY, H.W. [234]  
KING, B.B. [260]  
KLINE, S. J. [261]  
KLOPFER, L.E. [82, 83]  
KORTHAGEN, F. [245]  
KRASILCHIK, M. [262]  
KUHN, T.S. [263]  
KYLE, W.C. [264]  
LAKATOS, I. [266, 267]  
LAKIN, S. [267]  
LaMASTER, S.V. [287]  
LARKIN, J. H. [268]  
LAROCHELLE, M. [110, 111]  
LAUDAN, L. [270]  
LAUGKSCH, R.C. [271]  
LAYTON, D. [272, 273]  
LAZAROWITZ, R. [274]  
LEDERMAN, N.G. [275, 276, 484]  
LEE, O. [277]  
LENZEN, D. [389]  
LEONARD, R. [344]  
LI, H. [444]  
LINN, M. [55, 279, 432]  
LLOPIS, R. [281]  
LLORENS, J. A. [280, 281]  
LOCHHEAD, J. [151]  
LÓPEZ ALCANTUD, J. [282, 283]  
LÓPEZ CEREZO, J. A. [172, 215, 284, 285, 293]  
LÓPEZ CUBINO, R. [286]  
LORBASCH, A.W. [287]  
LUCAS, K.B. [392]  
LUJÁN, J. L. [172, 215, 284, 285, 288]  
LUMPE, A. T. [223]  
LUNETTA, V. [289]  
LYONS, L. L. [291]  
MACEDO, B. [193, 293, 462]  
MACÍAS, O. [205, 272]  
MAIZTEGUI, A. [293]  
MANASSERO, M. A. [12, 13, 294, 295, 296]

MAOR, D. [297]  
MARCO, B. [64, 298]  
MARLAN, P. [299]  
MARQUES, L. [202, 300, 301]  
MARTÍN, J. [304]  
MARTÍN DEL POZO, R. [370, 371]  
MARTÍN DÍAZ, M. J. [301]  
MARTÍN GORDILLO, M. [172, 302, 303]  
MARTÍNEZ, M. [305]  
MARTÍNEZ TORREGROSA, J. [23, 24, 25, 26, 27, 189, 193, 194, 293, 306, 307]  
MARTINS, I. [301, 308, 309, 441]  
MATHY, P. [149]  
MAYER, M. [310]  
McCOMAS, W. F. [313, 314]  
McDERMOTT, L.C. [315, 316, 317]  
MEDIR, M. [64]  
MEICHTRY, Y. [320]  
MELLADO, V. [321, 322]  
MELOCHE, D. [218]  
MEMBIELA, P. [323, 324]  
MINTZES, J.J. [474]  
MITCHAM, C. [326]  
MITCHENER, C. P. [29, 327]  
MONK, M. [436]  
MORENO, A. [293, 328]  
MORENO, E. [329]  
MORENTIN, M. [330]  
MORIN, E. [331]  
MOSTERÍN J. [332]  
MUMBY, H. [333]  
NACIONES UNIDAS [335, 336]  
NANDO ROSALES, J. [169, 170]  
NATIONAL RESEARCH COUNCIL [339]  
NICHOLS, S.E. [444]  
NIINILUOTO, I. [340]  
NOVAK, J. D. [341, 474]  
NUGENT, J. [483]  
NUÑEZ, J. [459]  
NUSSBAUM, J. [343]  
OBACH, D. [64]

OLDHAM, V. [122]  
OLIVEIRA, T. [202]  
OLIVER, J.S. [84, 344, 444]  
OROZCO, A. [76, 142, 346]  
ORR, D. W. [347]  
OSBORNE, P. B. [299]  
OSBORNE, R. [348]  
OSORIO, C. [172, 303, 349, 350]  
OTERO, J. [351]  
OTERO, L. [256]  
PACEY, A. [352, 353, 354]  
PAJARES, M. F. [355]  
PAREJO, C. [64]  
PARKE, H. [483]  
PAYÁ, J. [158, 356]  
PEARSON, J. [39]  
PEDRINACI, E. [358]  
PERALES, F.J. [359, 360]  
PÉREZ, H. [361]  
PESA, M. [90, 91]  
PESSOA, A. [188, 362, 363]  
PETERS, J. [47]  
PETERSON, P. [85]  
PIAGET, J. [364]  
PIBURN, M. D. [365]  
POMEROY, D. [366]  
POPPER, K.R. [367]  
PORLÁN, R. [368, 369, 370, 371]  
POZO, J.I. [372]  
POZUELOS, F. [449]  
POZZO, R. L. [94]  
PRAIA, J. [130, 138, 140, 202, 203, 293, 300, 373, 374, 471]  
PREAFAN, G. A. [385]  
PRICE, R. F. [375]  
PUJOL, R. M<sup>a</sup>. [376]  
QUINTANILLA, M. A. [377, 378]  
RADCLIFFE, L. [444]  
RAINARD, B. [268]  
RAMSEY, J. [380]  
RASCOE, B. [344, 444]

- RASINEN, A. [381]  
REID, D.V. [382, 383]  
REYES, L. [385]  
RÍOS, E. [387, 388]  
RIVERO, A. [369, 370, 371]  
ROCARD, M. [389]  
RODRÍGUEZ ALCÁZAR, F. J. [399]  
ROMO, V. [159]  
ROTH, W. M. [390, 391, 392, 393]  
ROWELL, P. M. [220]  
ROYCHONDHURY, A. [393]  
RUEDA, C. [293]  
RUEL, F. [111]  
RUSELL, T. [333]  
RYAN, A.G. [394]  
SALCEDO, L. E. [385]  
SALINAS, J. [90, 91, 140, 188, 203, 396]  
SALTIEL, E. [398]  
SAMUEL, J. V. [225]  
SÁNCHEZ CAZORLA, J. A. [399]  
SÁNCHEZ RON, J.M. [378, 400, 401]  
SANMARTÍ, N. [402]  
SANMARTÍN, J. [402]  
SANTOS, T. [461]  
SCHIBECI, R.A. [405]  
SCOUT, L. [431]  
SELLEY, N.J. [406]  
SHAMOS, M. [409, 410]  
SHUELL, T.J. [411]  
SIERRA, R. [412]  
SIFREDO, C. [193, 307, 459]  
SILVER, D. [413]  
SJØBERG, S. [414]  
SMITH, C. L. [217]  
SMITH, D. C. [1]  
SMITH, H. A. [415]  
SOLBES, J. [64, 304, 388, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426]  
SOLER, A. J. [427]  
SOLOMON, J. [64, 428, 429, 430, 431]  
SONGER, N. B. [432]

- SPARGO, P. E. [250]  
STINNER, A. [434]  
SUCHTING, W.A. [435]  
SWAIN, J. [436]  
TAMIR, A. [114, 115]  
TAMIR, P. [274]  
TARÍN, F. [437]  
TAYLOR, P. C. [297]  
TENG C-C. [134]  
TENREIRO-VIEIRA, C. [438]  
TERWILLINGER, L. [95]  
THOMAZ, M.F. [441]  
TIBERGHIE, A. [41, 442]  
TILBURY, D. [443]  
TILMAN, F. [149]  
TIPPINS, D.J. [344, 444, 446, 447]  
TOBIN, K. G. [164, 287, 445, 446, 447]  
TOSCANO, J.C. [205, 472]  
TOULMIN, S. [448]  
TRAVÉ, G. [449]  
TRAVER, M. J. [417, 450]  
TRICÁRICO, H. [188, 293]  
UNESCO. [453, 454]  
UNESCO-ICSU. [455, 456]  
UNESCO-PROAP. [457]  
UNGER, C. [217]  
VALDÉS, C. [172]  
VALDÉS, P. [77, 78, 139, 140, 158, 188, 193, 203, 293, 459, 460, 461, 462]  
VALDÉS, R. [460, 461, 462]  
VALLELY, B. [413]  
VÁZQUEZ, A. [11, 12, 13, 294, 295, 296]  
VERDÚ, R. [307]  
VIENNOT, L. [398, 464]  
VILCHES, A. [64, 130, 139, 140, 143, 153, 159, 192, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 214, 283, 293, 300, 301, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473]  
WALWERG-HENRIKSSON, H. [389]  
WANDERSEE, J.H. [3, 474]  
WELLINGTON, J. [267]  
WHEATLEY, G.H. [475]  
WHITE, T.R. [476]



WILSON, M. [477]

WINNER, L. [478, 479]

WITTROCK, M. [348]

WORLDWATCH INSTITUTE [480]

WRIGHT, E. [127]

WUBBELS, T. [245]

WYNNE, B. [481]

YAGER, R.E. [482]

YEOTIS, C. [95]

YERRICK, R. [483]

ZEIDLER, D. [276, 484]