

**PROGRAMA DE DOCTORADO:
"CIENCIA, TECNOLOGÍA, NATURALEZA Y SOCIEDAD"
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA, 1988-1990.**

**TESIS PRESENTADA EN EL:
DEPARTAMENT DE TEORIA I HISTÒRIA DE L'EDUCACIÓ
UNIVERSITAT DE BARCELONA
NOVIEMBRE DE 2008.**

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y VALORES:
EL PROCESO DE INCORPORACIÓN DE LOS VALORES
EN EL ESTUDIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA
EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA EN CATALUÑA**

Tesis Doctoral presentada por:

Roberto Méndez Stingl

Dirigida por:

M^a Rosa Buxarrais Estrada (U. B.) i Eduard Aibar Puentes (U. O. C.)

AGRADECIMIENTOS

Cuando se presenta una tesis doctoral a los 47 años, los agradecimientos, afortunadamente, son innumerables. En el primer lugar de esta difícil selección, quiero agradecer a los directores de esta tesis, María Rosa Buxarrais y Eduard Aibar, por sus consejos, su confianza, su disponibilidad, su paciencia, en resumen, por haber sido los directores que cualquier doctorando quisiera tener.

A Àlvar Àlvarez y Antonio Martínez por haberme acompañado en esta empresa que empezó hace casi 20 años en los que, siempre desde la más profunda complicidad, compartimos innovaciones, éxitos, abandonos y derrotas.

A Xavi Bachs por hacerme participe de su *heroico* proyecto TECSO y ponerme en contacto con Joan Solomon; con ellos comencé a interesarme realmente por los aspectos didácticos de la filosofía de la ciencia y la tecnología.

Y si hablo de didáctica, me resulta imposible no recordar y agradecer a Manel Codina y José María Gutiérrez por el camino que aún recorreremos en la creación de materiales y la formación de profesores.

Como no hay nada más útil que aprender practicando junto a personas competentes, debo agradecer profundamente a mis colegas del IES Ventura Gassol, Xaro Abadía, Núria Alberdi, Anna Biosca, Ricard Cámara, Paco Carrillo, Carles Casals, Jordi González, Lucía González, Cristina Graell, Rosa Navarro, Pepa Palomar, Joan Querol, Núria Sauret, Pepa Sugranyes, Marga Simó, Maribel Valero y Maite Verdú. Aunque, en realidad, lo que deseo agradecerles, por encima de todo, son todos estos años de compañerismo y amistad.

Y es imposible terminar esta lista de agradecimientos sin mencionar a aquellos amigos extra-académicos, entre los que quiero nombrar a Carlos Domínguez, a Alex Rigol, a Miquel Calvo y a Roderic Guigo.

Los agradecimientos son aún más intensos con mi familia. A mi padre, a la memoria de mi madre, a mi hermana, a Patricio, a Andrea, a Felipe, a Merche. Y, por supuesto a Paula y a Pol. A todos ellos quiero expresarles mi cariño y agradecerles el papel tan importante que tienen en todos los aspectos de mi vida.

A Begoña, a quien tanto quiero, le dedico la tesis.

I. PERSPECTIVA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

1. Introducción. Presentación y justificación de la investigación	11
1.1. Motivaciones y formulación del objeto de estudios	13
1.2. Finalidades y presupuestos iniciales	17
1.3. Metodología, justificación y aportación del trabajo	19
1.4. Estructura y forma de la tesis doctoral	27

II. MARCO TEÓRICO. LA EVOLUCIÓN DE LA CONCEPCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

2. Los valores y la sociedad en la historia de la filosofía de la ciencia (de la Edad Moderna hasta la década de 1970)	31
2.1. La revolución científica elimina los valores de la investigación y el desarrollo científico: F. BACON y G. GALILEI	33
2.2. El racionalismo mecanicista de R. DESCARTES	41
2.3. El empirismo de D. HUME y la falacia naturalista	47
2.4. El positivismo lógico y la separación radical entre ciencia y valores	49
2.5. El falsacionismo de K. POPPER y cómo los valores se cuelan a través de las expectativas	55
2.6. La revolución copernicana de T. KUHN	59
2.7. El anarquismo epistemológico de P. FEYERABEND	61
3. Los valores y la sociedad en la historia de la filosofía de la tecnología (desde el siglo XIX hasta la década de 1970)	63
3.1. La corriente analítica	67
3.2. La corriente humanista	73
4. La nueva concepción de la ciencia y de sus relaciones con la tecnología, la sociedad y los valores	83
4.1. Las deficiencias de la concepción tradicional de la ciencia y la tecnología	85
4.2. STS: Ciencia, tecnología y sociedad	91
4.3. STS: Estudios sociales de la ciencia y la tecnología	95
4.4. La nueva concepción de la ciencia y tecnología y de sus relaciones con la sociedad y los valores	119

III. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y VALORES EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA EN CATALUÑA

5. Experiencias y modelos de la introducción de la nueva concepción de la ciencia en la educación secundaria	155
5.1. Orígenes y objetivos de los principales proyectos europeos	157
5.2. Introducción de los estudios CTS en la educación secundaria	161
5.3. Categorías existentes de los estudios CTS en el currículum	165
5.4. El desarrollo de los proyectos CTS en la educación secundaria europea más relevantes para Cataluña	173
6. Sociedad y valores en el área de Tecnología	179
6.1. Sociedad y valores en el currículum de Tecnología de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO)	183
6.2. El proyecto TECSO	187
6.3. Los créditos variables: una puerta abierta a la sociedad y los valores	193
6.4. Sociedad y valores en el currículum de Tecnología de bachillerato	195
6.5. Conclusiones: La sociedad y los valores no forman parte realmente de la educación en el área de Tecnología	199
7. Sociedad y valores en el área de Ciencias Experimentales	205
7.1. Sociedad y valores en el currículum de Ciencias Experimentales de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO)	209
7.2. Proyectos, programas y traducciones de contenidos CTS desarrollados en Cataluña en el área de ciencias	213
7.3. El crédito variable <i>La naturaleza de la ciencia</i>	219
7.4. Sociedad y valores en el currículum de Ciencias del Bachillerato	221
7.5. Conclusiones: Apenas infusión de sociedad y valores en el área de Ciencias Experimentales	225
8. Ciencia, tecnología y valores en el área de Filosofía	231
8.1. Ciencia, tecnología, y valores en el área de Filosofía de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO)	235
8.2. Ciencia, tecnología y valores en el currículum de Filosofía de Bachillerato	239
8.3. Conclusiones: Aparición y desaparición súbita de los contenidos CTS del currículum del área de Filosofía	241

9. Ciencias para el Mundo Contemporáneo: una revolución en la nueva ley de educación	243	
9.1. El lugar de Ciencias para el mundo contemporáneo en la estructura del nuevo bachillerato (LOE) de Cataluña	245	
9.2. El currículum de Ciencias para el mundo contemporáneo	251	
9.3. Conclusiones, valoraciones y propuestas	265	
BIBLIOGRAFÍA	277	
ANEXOS	289	
ANEXO I	El examen de selectividad de Tecnología Industrial	291
ANEXO II	El examen de selectividad de Biología	295
ANEXO III	El examen de selectividad de Ciencias de la tierra y del medio ambiente	299
ANEXO IV	El examen de selectividad de Física	203
ANEXO V	El examen de selectividad de Química	305
ANEXO VI	El currículum de Ciencias para el mundo contemporáneo del Ministerio de Educación y Ciencia	309
ANEXO VII	El currículum de Ciències per al món contemporani del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya	317

***I. PERSPECTIVA GENERAL DE LA
INVESTIGACIÓN***

1

INTRODUCCIÓN.

PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

DE LA INVESTIGACIÓN

La debilidad de la ciencia tradicional no reside en lo que esta enseña, sino en lo que no enseña. John Ziman

1.1. MOTIVACIONES Y FORMULACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

Posiblemente la mayor innovación de la nueva ley orgánica de educación 2/2006 de 3 de mayo (LOE), sea la creación de una nueva materia, **Ciencias para el mundo contemporáneo**, dirigida a todos los alumnos de primero de bachillerato, independientemente de la modalidad que hayan elegido cursar. Para comprender y justificar dicha innovación es necesario retrotraerse hasta 1959, cuando C. P. Snow publicó *Las dos culturas*, donde denunciaba la progresiva separación entre las humanidades y las ciencias. Desde ese momento, y de forma sistemática desde los años ochenta, se han hecho grandes esfuerzos para superar esta división. Fruto de ello ha sido la consolidación en la mayoría de países occidentales de un nuevo campo interdisciplinar conocido como *Ciencia, tecnología y sociedad (Science, technology and society, STS)*, o también como *Estudios de la ciencia y la tecnología (Science & Technology Studies, STS)*.

La incorporación al sistema educativo de Cataluña de **Ciencias para el mundo contemporáneo** en el marco del desarrollo de la LOE, supone dar un paso importante en el proceso de *alfabetización* científica de la sociedad. Ciertamente ya la LOGSE (1990) se había hecho eco de la nueva visión de la ciencia y la tecnología y había incorporado en el currículum de las diversas áreas objetivos y contenidos que relacionaban estas materias tan artificialmente separadas. Los contenidos del currículum deberían integrar en el estudio de la ciencia los llamados ejes transversales -los valores, la interculturalidad, el sexismo, la educación para la paz o la educación medioambiental- con el objetivo de llegar a comprender cómo los valores y la sociedad participan en la configuración de la ciencia y la tecnología, al mismo tiempo que la ciencia y la tecnología modifican y transforman profundamente las formas de la vida de las sociedades en las que se desarrollan.

Tradicionalmente el estudio de los valores se ha centrado en la conducta interpersonal, en cómo los individuos deben comportarse entre sí —cómo un gobernante debe tratar a los gobernados y viceversa, o cómo deben tratarse los ciudadanos entre sí—, porque el punto de partida ha sido la capacidad de elección que pueden tener los seres humanos. En los últimos trescientos años, como

resultado del desarrollo científico y tecnológico, y de los enormes poderes que estos han puesto en manos del ser humano, el campo de intervención del estudio de los valores se ha ampliado para llegar a incluir las relaciones entre los seres humanos y el mundo no humano: los animales, la naturaleza e, incluso, los artefactos. Este nuevo ámbito de la ética es evidente en aquellas profesiones ligadas más íntimamente a la ciencia y la tecnología modernas, especialmente en campos como la ética medioambiental, la ética nuclear, la ética biomédica (posiblemente el terreno donde más se haya aceptado y desarrollado, dado que la mayoría de hospitales cuentan con comités de bioética), la ética ingenieril o la ética relacionada con la información y el conocimiento. **Cada vez es más importante que la población comprenda y reflexione sobre cómo incide el desarrollo tecnocientífico sobre sus vidas y tenga herramientas conceptuales e institucionales para afrontar esta situación, al mismo tiempo que es necesario que los científicos e ingenieros sean conscientes de los valores implicados en sus actividades y de su responsabilidad frente a sus consecuencias.**

Una de las cuestiones básicas de la que es reflejo el planteamiento de **Ciencias para el mundo contemporáneo** es que el tratamiento de los valores de la ciencia y la tecnología actuales está muy lejos de las formas moralistas clásicas y de los enfoques convencionales que son poco útiles para evaluar lo que es indiscutiblemente nuevo. La nueva tarea implica replantear la imagen que, en general, transmiten la educación y los medios de comunicación, y que obedece a la concepción de la ciencia y la tecnología heredada de la revolución científica y construida fundamentalmente por filósofos y sociólogos desde finales del siglo XIX. Al aceptar de forma acrítica la neutralidad de la ciencia, agentes de socialización tan importantes como la educación y los medios de comunicación, suelen obviar el carácter determinante que valores y fines particulares tienen en la configuración del desarrollo científico y tecnológico.

La visión convencional defiende que las innovaciones tecnológicas son fruto de la aplicación directa de los resultados de la investigación básica (ciencia), y que la sociedad no interviene en el proceso de innovación más que desde el papel pasivo del consumo; los cambios sociales son consecuencia directa del progreso autónomo de la ciencia y la tecnología. Esta es la conocida tesis del determinismo tecnológico: la introducción de nuevas tecnologías es la causa de los grandes cambios sociales. Paralelamente, al no tener en cuenta el componente situado y contextual de la actividad científica, la historia de la ciencia se reduce en muchos

casos a una historia secuencial de descubrimientos y una hagiografía de las grandes personalidades científicas; la historia de la tecnología, a su vez, se reduce a una narración que encadena invenciones de máquinas, herramientas y artefactos cada vez más eficientes; y todo ello en un proceso histórico que prescinde de los deseos, necesidades, valores y propósitos de los actores sociales. La ética aparece al final, *a posteriori*, y su papel se reduce a evaluar los usos, impactos y efectos de la tecnología.

Sin embargo, la nueva concepción surgida de los estudios CTS sostiene que, al mismo tiempo que la tecnología construye y transforma la sociedad, los grupos y actores sociales, con sus valores e intereses diversos, configuran la tecnología de forma significativa y que, por tanto, es imposible explicar el desarrollo tecnológico sin considerar el papel que estos desempeñan: la historia de la tecnología no sigue una lógica propia e independiente del medio social. Ni la sociedad, ni los valores, ni la tecnología, ni la ciencia son entidades separadas y autónomas; para comprenderlas y explicarlas correctamente es necesario estudiar la ciencia y la tecnología en acción y en situación, es decir, considerando sus procesos de elaboración y no únicamente los resultados listos para el uso. Estudiar la tecnología en acción, es decir, trenzada con la ciencia, la sociedad y los valores, permite reconocer que la innovación tecnológica se caracteriza por su dinámica, su multidireccionalidad (la posibilidad de seguir múltiples caminos de desarrollo imprevisibles), su complejidad –irreductible a un proceso secuencial y lineal (ciencia básica, ciencia aplicada, tecnología, difusión, uso). Es precisamente, esta multidireccionalidad la que nos indica que los conflictos éticos y las actitudes encontradas frente a la ciencia y la tecnología no aparecen sólo con su uso, sino que los valores también son componentes esenciales del proceso de innovación científico-tecnológico desde sus primeras fases.

En definitiva, **un nuevo enfoque en la enseñanza de las ciencias se justifica porque mediante la actividad tecnocientífica el ser humano modifica el entorno con la intención de satisfacer sus necesidades y deseos, y mejorar sus condiciones de vida.** La ciencia y la tecnología son, al mismo tiempo, manifestaciones sociales que forman parte del tejido cultural de cada grupo humano en un momento determinado y sus productos reflejan las necesidades, aspiraciones y valores de una colectividad. Además, la actividad científica y tecnológica es capaz de modificar la sociedad, vertebrarla de otra manera, cambiar su nivel de riqueza y bienestar, transformar sus sistemas de valores y alterar el medio físico. Y en todo ese proceso la dimensión ética requiere una especial

atención, porque la tecnociencia actual trastoca constantemente las opciones de valores y las formas de vida. Y las sociedades industriales y post-industriales, que son muy vulnerables puesto que se encuentran ante la perspectiva del agotamiento de muchos recursos naturales, que han creado riesgos imponderables, así como graves conflictos de valores e incertidumbres respecto al progreso colectivo y el bienestar individual, no pueden renunciar a educar en la responsabilidad y contribuir a la formación de ciudadanos capaces de comprender fenómenos de naturaleza compleja, reflexionar sobre ellos, elaborar juicios de valor propios, y capaces de tomar decisiones y participar activamente en la vida social.

1.2. FINALIDADES Y PRESUPUESTOS INICIALES

El **objetivo básico** de esta tesis doctoral es analizar en qué medida la nueva concepción de la ciencia y la tecnología que resulta de los denominados *Science & Technology Studies* o *Science, Technology and Society* (STS) –o estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en castellano- ha tenido un reflejo en los currícula de la educación secundaria que se desarrollaron a partir de la LOGSE (1990), fundamentalmente en los objetivos y contenidos de las materias de las áreas de Ciencias experimentales y de Tecnología; y, sobre todo, en qué medida se integra en la nueva materia común **Ciencias para el mundo Contemporáneo** implantada por la LOE (2006).

Como **objetivos derivados** destacamos los siguientes:

- Rastrear el origen de la concepción tradicional de la ciencia y la tecnología que se refleja en las materias del área de Ciencias experimentales y Tecnología en la educación secundaria en Cataluña.
- Analizar las principales aportaciones de los *Science & Technology Studies* (STS) en dos ámbitos concretos: las relaciones de la ciencia y la tecnología con los distintos aspectos y dimensiones de la sociedad, por un lado, y el papel de los valores en el desarrollo científico y tecnológico, por otro.
- Contrastar si los conocimientos planteados en los currícula en relación a la incorporación de los valores en el estudio de la ciencia y la tecnología se traducen en planteamientos concretos en las pruebas de acceso a la universidad de dichas materias.
- Identificar y analizar los principales programas europeos de CTS dirigidos a la educación secundaria, así como describir y valorar con más detalle aquellos que han tenido especial incidencia en la educación secundaria de Cataluña.
- Analizar en qué medida la nueva materia, **Ciencias para el mundo contemporáneo**, refleja esta nueva concepción de la ciencia y la tecnología, valorar las posibilidades que se abren y **proponer metodologías de desarrollo adecuadas**.

1.3. METODOLOGÍA, JUSTIFICACIÓN Y APORTACIÓN DEL TRABAJO

La metodología de investigación utilizada en este proyecto de tesis atiende a dos tipos de intenciones: investigar para saber y, por tanto, ocuparse de la descripción y la comprensión, e investigar para diseñar y dirigir estrategias y, en consecuencia, ocuparse de la acción e incidir en la realidad que es objeto de estudio. Desde este horizonte, se puede afirmar que es un proyecto diseñado en base a técnicas de investigación cualitativa. Si bien no se inscribe en ninguna corriente concreta - etnográfica, observacional, participación, estudio de caso, interaccionismo simbólico, etc.-, comparte características comunes a todas ellas (Taylor y Bogdan, 1986). Entre las principales características presentes en este trabajo, destacan las siguientes:

Hace énfasis en la validez de las investigaciones a través de la **proximidad a la realidad empírica** que brinda esta metodología. Intenta comprender los fenómenos desde el interior de los mismos, y no evita la interacción entre el investigador y el objeto de la investigación;

El texto es la base para la reconstrucción y la interpretación. Se trata de una investigación que produce datos descriptivos y utiliza las propias palabras escritas en los documentos investigados. No se prueban, sino que se **generan teorías e hipótesis**;

No tiene reglas de procedimiento. El método de recogida de datos no se especifica previamente. Las variables no quedan definidas operativamente, ni suelen ser susceptibles de medición. La base está en la intuición. **La investigación es de naturaleza flexible** y recursiva;

Parte de una perspectiva holística: considera el fenómeno como un todo. Se pone el énfasis en la necesidad de interpretar qué está pasando –para entender la educación como un todo- y el significado que tiene para sus participantes;

Está más orientada a determinar el significado del fenómeno que su cuantificación. En general **no permite un análisis estadístico.** Busca un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad. No se trata de probar o de medir en qué grado una cierta cualidad se encuentra en un cierto acontecimiento dado, sino de descubrir tantas cualidades como sea posible. Se habla de **comprensión en**

profundidad en lugar de exactitud: se trata de obtener un entendimiento lo más profundo posible;

Se centra en el **análisis de contenido de los documentos** y en el **estudio de casos**. Cada caso se estudia en profundidad antes de compararlos con los otros (Reyes, 2000);

Los investigadores cualitativos participan en la investigación a través de la **interacción con los objetos y/o sujetos estudiados**. Los valores están implícitos en la investigación;

Conviene subrayar que en todo momento se intenta cumplir con los **criterios de rigor propios de este tipo de metodología**. En primer lugar, el **valor de verdad:** sobre la cuestión de la credibilidad se hace hincapié unos párrafos más abajo; en segundo lugar, la **aplicabilidad:** sobre la transferabilidad se hace hincapié cuando, en este mismo apartado se hace referencia a las conclusiones de la tesis; en tercer lugar, la **consistencia;** y en cuarto lugar, la **neutralidad**, que como también se señala en las referencias a la metodología del capítulo 9, no se trata de buscar la objetividad, sino de garantizar la confirmabilidad, como se ha hecho a través de entrevistas en profundidad.

En definitiva, es evidente que en su proceder y en su construcción, el presente trabajo no se limita a actuar como si fuera una lupa que amplifica la realidad, sino que introduce una reflexión teórica, en la que el concepto de teoría debe ser entendido en su acepción de acto de contemplación a través del cual se procura construir una representación conceptual y holística, y dar forma cognitiva a partir de los hechos y fenómenos objeto de contemplación (Martínez y Buxarrais, 1992). Trasciende, por tanto, su pretensión explicativa y comprensiva, para situarse en un marco desde el cual busca la eficacia de la acción. A continuación, se describirán minuciosamente las técnicas metodológicas empleadas, que se han utilizado considerando al máximo sus posibilidades epistemológicas y prácticas.

La primera parte de la tesis, *Marco teórico. La evolución de la concepción de la ciencia y la tecnología*, se basa en los resultados obtenidos de una investigación analítica sobre la literatura científica reciente en el estudio interdisciplinar de la ciencia y la tecnología, haciendo un especial hincapié en los modelos teóricos propuestos para explicar la relación entre los sistemas de ciencia y tecnología y los

diferentes ámbitos sociales, y más en particular, en el papel que tales modelos asignan a los valores en el desarrollo de la investigación científica y en el de las innovaciones tecnológicas. En especial se toman en consideración, por un lado, los ámbitos disciplinares de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia y, por otro, de los estudios de *Ciencia, Tecnología y Sociedad* desarrollados en las últimas tres décadas.

Los estudios de *Ciencia, Tecnología y Sociedad* han conseguido dibujar en estas tres últimas décadas una imagen de la ciencia y la tecnología, fundamentada en un impresionante *corpus* de evidencia empírica, que, en muchos aspectos, se opone radicalmente a las perspectivas tradicionales que habitualmente han caracterizado las aproximaciones disciplinarias clásicas -desde la filosofía, la sociología o la historiografía de la ciencia y la tecnología. En gran medida, esta nueva imagen debe gran parte de su valor y originalidad a la adopción de una serie de principios metodológicos básicos muy innovadores que han resultado especialmente importantes para el desarrollo de esta tesis, puesto que no sólo afectan al estudio especializado de las relaciones entre la tecnociencia, los valores y la sociedad, sino que -como se defiende más adelante- pueden cambiar el ámbito de la educación vinculado a esta temática (Latour, 1987 y 2008, Latour y Woolgar 1979).

Dichos principios metodológicos pueden resumirse en los siguientes:

a) Vocación marcadamente **empírica** de los estudios desarrollados. El estudio del rol de los valores en la ciencia y la tecnología debe acometerse como una investigación empírica sobre casos reales y concretos y no sobre la pura especulación teórica o epistemológica.

b) Análisis de los procesos de innovación desde sus **orígenes** —y no sólo de los productos tecnológicos acabados. La innovación tecnológica y el descubrimiento científico se consideran **procesos** y no acontecimientos puntuales. En gran parte esos procesos dibujan un entramado dinámico y cambiante de relaciones con el entorno social.

c) Estudio de los períodos de **inestabilidad** (controversias, crisis, desacuerdos,...) —y no sólo de los de estabilidad. Se considera que el análisis y explicación de los fracasos tecnológicos o de las controversias en ciencia y tecnológica, pueden aportar más luz que la consideración exclusiva del éxito o el consenso.

d) Estudio de **todos** los factores y agentes que intervienen en el cambio técnico y en el desarrollo científico —sin prejuicios previos sobre cuáles son elementos centrales y cuáles, contextuales o secundarios. Se considera que la distinción entre núcleo y contexto —en el análisis de la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad— no debe ser *apriorística*, puesto que es una **consecuencia** de los procesos de innovación y descubrimiento científico y no su punto de partida.

e) **Integración** de análisis económicos, políticos, sociológicos o filosóficos —sin otorgar privilegios, *a priori*, a ninguna perspectiva disciplinaria. El análisis social de la ciencia y la tecnología no otorga un papel predominante a ningún orden de factores, asociado a las disciplinas tradicionales. Es precisamente un objetivo de los estudios de *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, determinar empíricamente en cada caso cuál es el peso relativo de todos los factores implicados y analizar los procesos de traducción y desplazamiento que tienen lugar entre ellos.

La segunda parte de la tesis, *Ciencia, tecnología y valores en la educación secundaria en Cataluña*, se puede dividir, desde el punto de vista metodológico y en relación con sus aportaciones, en tres apartados.

En el primer apartado, correspondiente al capítulo 5, se utiliza la técnica de **análisis de contenido** de los proyectos de introducción de los estudios de *Ciencia, Tecnología y Sociedad* en la educación secundaria en Estados Unidos, Canadá y en algunos países europeos, a partir de las investigaciones teóricas y aportaciones prácticas desarrolladas por los principales expertos en esta cuestión, como Joan Solomon, Glen Aikenhead, Wiebe Bijker o J. Koos Kortland, entre otros. Sus investigaciones y escritos, presentados tanto en libros y revistas especializadas, como en actas de seminarios y jornadas internacionales, se utilizan tanto para clasificar el tipo de programas desarrollados a partir de la LOGSE (1990), como para evaluarlos. La selección de este panel de expertos dota de absoluta credibilidad a este capítulo, puesto que el reconocimiento de que gozan en el ámbito de los estudios de *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, y los cargos de responsabilidad desempeñados, confieren un completo argumento de autoridad a sus trabajos. Estos documentos escritos, así como sus clases o conferencias, constituyen todo un conjunto de materiales para analizar cualitativamente. No hay representatividad, ni análisis estadístico, ni verificación de hipótesis, pero todo el producto de su participación en el proceso de creación de proyectos educativos en este ámbito, de su implementación, de su intercambio de experiencias e

información, y de sus valoraciones, desempeñan un papel preparatorio trascendental para todos los capítulos siguientes. Dada la experiencia y calidad que sus análisis implican, sus conclusiones también sirven como orientación para la elaboración del último apartado de la tesis, que trata sobre propuestas para la consolidación de la nueva materia *Ciencias para el mundo contemporáneo*, contemplada en la LOE (2006).

El segundo apartado se basa en los resultados obtenidos a partir de un análisis de contenido de documentos oficiales con la finalidad de certificar la relación entre el nuevo marco teórico, producto de la evolución de la concepción de la ciencia y la tecnología, y los objetivos generales, los contenidos –conceptos, procedimientos y valores-, los objetivos terminales y los criterios de evaluación desarrollados por la LOGSE (1990) y publicados en el Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC). Este procedimiento se aplica de forma sistemática en tres áreas: Ciencias Experimentales, Educación Tecnológica y Filosofía, de las que se toma en cuenta tanto el contenido de las materias comunes, como el de los créditos variables (capítulos 6, 7 y 8, respectivamente). Al mismo tiempo, los instrumentos de análisis han servido para describir incidentes clave en términos descriptivos y de manera funcionalmente relevantes, contextualizándolos en función de un ámbito más amplio. En este caso, los puntos de partida han sido estudios de caso, ya que a partir de publicaciones, cursos y jornadas, se investiga qué proyectos innovadores se desarrollaron en Cataluña, en relación con esta temática y con estos objetivos, como han sido el proyecto TECSO, el proyecto ACQUA, la creación de *Problemas éticos de la ciencia y la tecnología*, o las diversas traducciones de los mejores programas europeos. Se analiza su proceso de introducción, sus dificultades para consolidarse y, como cuestión determinante de su éxito, se analiza el papel que tienen estos temas en el proceso de evaluación. Para llevar a cabo esta finalidad, se han analizado los exámenes de selectividad de las materias que componen las áreas estudiadas. Este método se justifica porque, si se trata de comprobar si existe coherencia entre el programa planteado por la ley y el conocimiento exigido en la prueba final, sus resultados son altamente significativos. De estos exámenes de selectividad se ha seleccionado una muestra que se presenta en los anexos.

Finalmente se analizan las expectativas creadas y los primeros pasos de la implantación de la LOE y la introducción de la nueva materia **Ciencias para el mundo contemporáneo**. Siguiendo, de alguna forma, las indicaciones de Puig (1986), en este apartado se insiste no sólo en la dimensión explicativa y

comprensiva, sino que se ocupa de la acción pedagógica como actitud intencional, susceptible de regulación, conducción y control. Es decir, el estudio y determinación de fines pedagógicos, la comprensión y explicación de hechos y fenómenos educacionales, y la optimización de los niveles de eficacia en la acción pedagógica, son los tres centros de interés en torno a los que giran las consideraciones del último capítulo de este trabajo de tesis (Martínez y Buxarrais, 1992). De esta forma se hace referencia, fundamentalmente, a procedimientos de investigación que dan lugar a datos descriptivos y que se caracterizan por el papel participante del observador en los acontecimientos, así como por el uso del lenguaje narrativo en las descripciones e interpretaciones de los hechos que desembocan en la implantación de una nueva ley de bachillerato y, concretamente, de una nueva materia común.

Es una metodología muy cercana a la práctica. Y no podía ser de otra manera, ya que el autor de la tesis ha vivido desde la primera fila del IES Ventura Gassol el desarrollo de esta nueva ley. Y no sólo como espectador, sino como participante, en su calidad de coordinador de bachillerato. El proceder metodológico ha estado compuesto por dos fases. La primera basada en el análisis de documentos oficiales: los decretos publicados en el BOE y en el DOGC han sido la fuente para obtener información. En este caso, ha consistido en una actividad sistemática y planificada (Del Rincón, 1995), cuyo objetivo ha sido examinar documentos escritos. Se han comparado los documentos publicados por el Ministerio (Real Decreto 147/2007)), con la traducción y adaptación publicada por el DOGC (Decreto 142/2008), tanto en lo que respecta a las consideraciones generales y al *espíritu de la ley*, como a su concreción en objetivos, contenidos y criterios de evaluación.

En la segunda fase se utilizó la técnica de encuesta, en concreto la entrevista no estructurada o entrevista informal. En este caso se utilizó, primero, como instrumento con una finalidad diagnóstica para recoger información sobre aspectos tan subjetivos como la interpretación que los coordinadores de bachillerato o miembros de equipos directivos otorgaban a la ley, al nuevo currículum, a las nuevas materias, a los nuevos itinerarios o al nuevo examen de selectividad; segundo, como una estrategia de obtención de información con una finalidad evaluativa; y, tercero, con una profundidad tal que se puede utilizar para cumplir con un criterio de rigor básico de las metodologías cualitativas: la confirmabilidad. En todos los casos se trata de dimensiones que no son directamente observables y

ofrecen una perspectiva interna de las personas en la interpretación de la nueva adaptación curricular.

Toda esa experiencia real nos ha llevado al análisis de todos los aspectos relacionados con la implantación de una nueva materia y se proporcionan una serie de conclusiones, valoraciones y propuestas. En este sentido, se ha buscado una estrategia que pudiera tener un alto nivel de transferibilidad (Del Rincón, 1995), de manera que la tesis sirva para establecer las conexiones oportunas, así como que tenga características necesarias para su utilidad, buscando la mayor y más precisa información sobre formación de profesores, gestión del aula, características del alumnado, orientación académica, etc. En definitiva, la finalidad de la evaluación es la mejora de la introducción de cambios en la práctica educativa –en el currículum, en materiales didácticos, en formación de profesores... Es en este punto en el que se encuentra la principal justificación y aportación de la tesis: aprender tanto de los proyectos europeos, como de los aciertos y los fallos producidos en el desarrollo de la LOGSE, para proponer un análisis que sirva como referencia y estímulo en la implantación de *Ciencias para el mundo contemporáneo*, colaborando en el intento por convertirla en un auténtico medio de alfabetización tecnocientífica de los ciudadanos.

1.4. ESTRUCTURA Y FORMA DE LA TESIS DOCTORAL

La tesis se estructura en tres grandes bloques que a su vez se componen de varios apartados o capítulos.

El primer bloque está integrado por la presentación y justificación de la investigación. Se plantea el estado de la cuestión, así como los objetivos y la metodología empleada, y se hace especial hincapié en explicitar cuál es la principal aportación que modestamente pretende esta investigación.

El segundo bloque se centra en el marco teórico. El objeto de estudio es la evolución de las concepciones sobre la ciencia y la tecnología que se han desarrollado en la cultura occidental desde la era moderna. Los dos primeros capítulos se centran en el recorrido histórico de esta concepción —que sigue siendo la predominante en la sociedad—, y el tercer capítulo despliega la nueva concepción constructivista que ya no permite desligar la ciencia de la tecnología, ni de la sociedad, ni de los valores: todos ellos forman un tejido sin costuras.

El tercer y último bloque analiza cómo se han integrado los valores en el estudio de ciencia y tecnología en la educación secundaria en Cataluña. Este apartado está compuesto por cinco capítulos. El primero resume los principales proyectos europeos relevantes en Cataluña y analiza la forma de introducción de dichos estudios de ciencia, tecnología y sociedad, clasificándolos por su estructura o a partir de sus contenidos. Los siguientes tres capítulos estudian cuál fue el resultado real de los objetivos planteados por la LOGSE, cuya implantación en 1990 implicaba la introducción de temas de valores en las áreas de Tecnología (capítulo 6) y Ciencias (capítulo 7) y, por otro lado, introducía la reflexión sobre la ciencia y la tecnología en el área de Filosofía (capítulo 8).

Finalmente, hay que mencionar de modo especial al último capítulo del tercer bloque que desmenuza y evalúa las perspectivas que comporta la nueva materia Ciencias para el mundo contemporáneo, contemplada en la LOE como el medio para conseguir la alfabetización tecnocientífica de los estudiantes de bachillerato. En este capítulo se hacen valoraciones, se sacan conclusiones y se realizan propuestas sobre el nuevo planteamiento de la relaciones entre ciencia, tecnología y valores.

II. MARCO TEÓRICO
LA EVOLUCIÓN DE LA CONCEPCIÓN DE LA
CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

2

LOS VALORES Y LA SOCIEDAD EN LA HISTORIA DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

(DE LA EDAD MODERNA HASTA LA DÉCADA DE 1970)

En este capítulo se verá como se ha ido fraguando la concepción tradicional de la ciencia y la tecnología y sus relaciones con la sociedad y los valores. Concepción que va desligando la investigación, el saber o la ciencia, de la subjetividad de los investigadores, de los intereses y deseos de la sociedad, en un proceso que se va radicalizando hasta las posiciones que sostuvieron los componentes del positivismo lógico, momento en el que se produjo una tajante separación entre conocimiento y valores. Luego, esta concepción, que aún se mantiene en general en la educación y los medios de comunicación, ha sido puesta en tela de juicio como se verá, pero ya en el capítulo 4.

2.1. LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA ELIMINA LOS VALORES DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO CIENTÍFICO: F. BACON Y G. GALILEI

2.1.1. FRANCIS BACON, EL MÉTODO INDUCTIVO Y LA NUEVA CIENCIA

FRANCIS BACON (1561–1626) refleja la expresión del optimismo renacentista, de la confianza en la capacidad del ser humano para ampliar cada vez más su dominio sobre la naturaleza. La idea central de su pensamiento es que **el ser humano puede dominar la naturaleza, y que el instrumento adecuado para dominarla es la ciencia**. Esta idea le lleva a oponerse doblemente a Aristóteles, en relación con el concepto mismo de ciencia, y en relación con el método adecuado para el progreso de la investigación científica. Fue efectivamente Francis Bacon quien mejor expresó los nuevos ideales de la *nueva ciencia* tanto en el **orden teórico**: la sustitución definitiva de los razonamientos especulativos por la sumisión a la realidad; como en el **orden práctico**: la orientación del conocimiento al dominio de la naturaleza por parte del ser humano, que aspira a transformarla en beneficio propio.

La visión que transmite Bacon de la ciencia moderna se constituye a partir de las investigaciones y los trabajos realizados por astrónomos, físicos y matemáticos entre los que hay que destacar a JOHANES KEPLER (1571-1630) y a GALILEO GALILEI (1564-1642) —quienes positivamente la fundaron—, y también a NICOLAS COPÉRNICO (1473-1543), y a LEONARDO DA VINCI (1452-1519), cuya tarea científica se forja en el trato directo con la naturaleza, trabajándola, es decir, mediante la observación y la realización de diagramas físico-matemáticos. Así, **la**

observación y la matemática comenzaron a fundirse como lo harán más metódicamente en la teoría de Galileo.

En la primera parte de *La Instauratio Magna* (Gran Restauración), escrita en 1617, Bacon entroniza a la ciencia como soberana, independiente de cualquier tipo de tutela, y proclama la necesidad de hacerla crecer en extensión y en valor. Y en la segunda parte, publicada sólo parcialmente en 1620 y titulada *Novum Organum*, indica que la teoría no es un fin en sí mismo, sino que es un instrumento (*organon*) para la acción humana (y que por tanto, sustituía al antiguo *organum* que comprendía los escritos lógicos de Aristóteles). De esta forma, Bacon se enfrenta al aristotelismo que consideraba la ciencia como un tipo de conocimiento teórico, cuyo objetivo era la contemplación misma de la verdad, y proclama que la ciencia tiene una dimensión esencialmente práctica: su finalidad no es la contemplación de la naturaleza, sino el dominio de esta, *a la naturaleza se la domina obedeciéndola*, es decir, conociendo las leyes que gobiernan los fenómenos naturales para, sometiéndose, utilizarla en beneficio propio. Desarrolló así, una concepción utilitarista de la ciencia y se centró en fundamentar el método inductivo.

La fundamentación del método inductivo

Tanto para Aristóteles como para Bacon, el método científico consta de dos momentos: el inductivo y el deductivo. El primero consiste en establecer principios o leyes de carácter general a partir de la observación de los hechos; la deducción consiste en extraer conclusiones a partir de los principios generales previamente establecidos. Así, en la concepción general del método, Bacon no se aleja de Aristóteles, pero crítica dos cuestiones importantes:

a) la forma en que los aristotélicos practicaban el momento inductivo, ya que **no era sistemática** —la recogida de datos se hace sin criterio, amontonando simplemente casos particulares, sin molestarse en determinar cuáles son importantes y cuáles no—; **ni rigurosa** —extraen conclusiones a partir de pocos datos, teniendo en cuenta únicamente los favorables y sin prestar atención a los casos en que las experiencias son contrarias a la generalidad anunciada;

b) la preponderancia que el aristotelismo concede al momento deductivo sobre el inductivo, cuando el verdaderamente importante es éste último. La insuficiencia de la inducción aristotélica se muestra, además, en que Aristóteles no desarrolla una

lógica de la inducción lógica (un sistema de reglas para el razonamiento inductivo), mientras que crea y desarrolla una lógica de la deducción (una teoría del silogismo deductivo).

Francis Bacon se inclina por el método inductivo, basado en la observación, el análisis de los datos observados, la inferencia que permita formular hipótesis, y la verificación de estas mediante continuas observaciones y experimentos; todo ello con el objetivo de poder conocer la naturaleza. Pero la observación tiene que ser objetiva, neutra, sin ideas prefijadas sobre ella. Por eso afirma que, antes de comenzar la investigación, hay que eliminar de la mente todo prejuicio y pre-concepto que pueda obstaculizar la ciencia. Según Bacon, los prejuicios que constituyen las principales fuentes de errores humanos son cuatro, que el denomina *Ídolos*: 1. Los ídolos de la tribu, maneras de pensar antropomórficas que atribuyen a otros seres o a la propia naturaleza en su conjunto, características o reacciones humanas —son propias de toda la humanidad; 2. Los ídolos de la caverna, prejuicios debido a las peculiaridades de cada individuo; 3. Los ídolos del mercado, la confusión que puede producir el uso de términos del lenguaje corriente sin preocuparse por definirlos correctamente o sin pensar en su significado; y 4. Los ídolos del teatro, la aceptación acrítica de opiniones prestigiadas por la tradición o por la autoridad de su emisor.

Pero para construir la ciencia no es suficiente evitar los fallos humanos, sino que es fundamental contar con un método sistemático y riguroso. El objetivo de la ciencia (al servicio del dominio de la naturaleza) es, según Bacon, el conocimiento de las leyes (o formas) de las propiedades físicas (calor, densidad, peso...), lo que permitirá producirlas en los cuerpos, construyendo un instrumento de dominio y transformación de la naturaleza. Bacon propone que el camino para descubrir las leyes se base en registrar las observaciones en tres tablas diferentes:

- a) Tabla de presencia: se registran los casos en que aparece la propiedad buscada;
- b) Tabla de ausencia: se registran los casos en que dicha propiedad no aparece;
- c) Tabla de grados: se registran los casos en que esta propiedad muestre variaciones de intensidad.

Para Bacon, aspirar a la tecnología como medio para el alivio del sufrimiento de la condición humana es un mandato divino: “Aquel que no aplique nuevos remedios

debe esperar nuevos males”, y “el reino del hombre, fundado en las ciencias, no es otra cosa que... el reino de los cielos” (Bacon, 1620: 84), legitimando así, en la figura de Dios, el desarrollo científico. Y además, constituye el camino para conseguir el bienestar: “Los individuos y grupos pueden abusar del poder, pero si un hombre se empeña en establecer y extender el poder y dominio de la raza humana misma sobre el universo, su ambición —si ambición puede llamarse— es sin duda tanto una cosa más saludable como más noble que las otras dos” [...] “el imperio del hombre sobre las cosas depende completamente de las artes y ciencias” (Bacon, 1620: 96).

2.1.2. GALILEO GALILEI Y EL MÉTODO HIPOTÉTICO DEDUCTIVO

La figura central de esta revolución científica fue GALILEO GALILEI (1564-1642), que incorporaba en su persona los dos atributos más importantes de la nueva ciencia: el **conocimiento empírico**, basado en la observación precisa, y el **conocimiento teórico**, basado en la capacidad de formular y manipular abstracciones simbólicas de cantidad, número, relación, estructura... Galileo *baja Copérnico a la tierra*, pero al mismo tiempo **destierra al hombre del nuevo ámbito de conocimiento**. Toda la obra de Galileo está marcada por el objetivo de demostrar que el *copernicanismo* era verdad. Galileo ve que el nuevo sistema del mundo exigía un nuevo modo de pensar y abordar el estudio de la Naturaleza. Al establecer las bases de una nueva física, se le concede el *título* de creador de la ciencia moderna y del método científico¹.

Galileo tiene la misma intención que Bacon, pero parte de la idea de que tanto la estructura de la realidad como la mente humana es matemática: “La filosofía está escrita en este grandísimo libro que tenemos abierto delante de los ojos, quiero decir el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende la lengua, a conocer los caracteres con los que está escrita. Está escrita en lenguaje matemático y sus caracteres son triángulos, círculos u otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender una sola palabra” (Galileo Galilei, 1628).

Si las matemáticas son el alfabeto con el que Dios ha escrito el universo, Galileo tiene que partir, necesariamente, del hecho que los fenómenos naturales deben ser

¹ La física moderna tuvo su génesis en una doble finalidad propuesta por Galileo: a) encontrar una solución definitiva al gran problema de la física aristotélica: los movimientos violentos y la aceleración de la caída de los cuerpos —estudios que realizó en el arsenal de Venecia. Y b) demostrar que es físicamente posible que la Tierra se mueva y que eso está de acuerdo con los hechos observados (en contra de lo que creían los aristotélicos). La utilización del telescopio le permitió comprobar que el cosmos no está dividido en dos regiones diferentes, y también la existencia de los satélites de Júpiter, pruebas fundamentales a favor del copernicanismo.

descritos matemáticamente. Para ello, recurre a algo ya implícito en Kepler: **la geometría**. Por su particular constitución, la geometría actúa de puente entre los sentidos y la razón. Por un lado, la geometría está mucho más vinculada a la experiencia sensible que la aritmética, pero por otro lado, es una ciencia autónoma, con sus propias leyes, capaz, por tanto, de desvincularse totalmente del mundo engañoso de los sentidos. El gran proyecto de Galileo es explicar y adaptar los fenómenos del movimiento a términos y relaciones geométricas.

Con la geometrización de los fenómenos cinemáticos construye un método propio, conocido como **método hipotético deductivo**, aunque él denominó método de resolución y composición. De acuerdo con este método, la física debe partir de la observación, tomando únicamente sus propiedades esenciales y primarias (expresables matemáticamente); a continuación construir una hipótesis, expresada en lenguaje matemático; y, finalmente, deducir una serie de consecuencias contrastables a través de un experimento. Más explícitamente los tres pasos serían:

- a) **RESOLUCIÓN**. Es la construcción de una representación matemática de un fenómeno a partir de las propiedades primarias, es decir, la elaboración de una experiencia ideal o un experimento mental con datos obtenidos de la experiencia sensible. El fin primordial de esta construcción mental de la experiencia radica en prescindir de todas aquellas condiciones y circunstancias que no forman parte del experimento como tal. Así por ejemplo, al estudiar la caída de los graves, Galileo constituye una imagen de tal fenómeno en el vacío, considerando como tal, la ausencia total del medio. Es obvio, entonces, que tal experiencia no se da en la naturaleza, donde siempre hay algún medio donde se produce el fenómeno (agua, aire...) Sin embargo, si el fenómeno se considera y se observa directamente en la experiencia que la naturaleza ofrece, el agua, el aire o el medio donde se desarrolle el experimento impondrá resistencia y entorpecerá completamente el desarrollo de la caída del cuerpo, para ser una condición que no entra directamente a formar parte del fenómeno de la caída de un grave.
- b) **COMPOSICIÓN**. Es la formulación de una hipótesis: sobre esta experiencia mental, o imagen elaborada por el sujeto, se constituye un sistema de leyes geométricas; se reduce las leyes mecánicas o cinemáticas a leyes geométricas, tomando como modelo a Kepler cuando considera los astros

como puntos geométricos en el espacio, entre los cuales se pueden establecer relaciones puramente matemáticas.

- c) **RESOLUCIÓN EXPERIMENTAL.** Es la contrastación de las hipótesis, es decir, volver a la experiencia como comprobación, si bien esta última está, a veces, fuera del alcance del científico, y el sistema de comprobación es puramente racional, porque generalmente, las condiciones ideales dentro de las que la experiencia en cuestión está planteada no se dan en la realidad.

Es importante advertir que el propio **Galileo pone el acento sobre el carácter autónomo de la investigación científica respecto de la realidad**, ya que una vez planteada una experiencia en condiciones ideales, y sometida al método geométrico, sus resultados son ya independientes de su existencia en la realidad; de aquí que la verdad de la descripción matemática de un fenómeno es independiente del hecho de que este fenómeno se produzca después en la naturaleza.

De la aplicación de este método podemos extraer cuatro consecuencias:

1. Una nueva forma de interrogar a la naturaleza. El trabajo del científico debe dirigirse a **averiguar el cómo** y no el por qué.
2. Se **consolida la ciencia matemática como método** y la aceptación de que el Universo ha sido construido con un proyecto racional, susceptible de ser expresado matemáticamente. Las matemáticas proporcionan exactitud, rigor y una valoración objetiva precisa y, por tanto, la posibilidad de comprobación en todo momento. Todo ello sumado a la independencia de la teoría respecto a la realidad consolida la **primacía de la razón sobre los sentidos**.
3. **El único objeto de las ciencias son las cualidades primarias.** La ciencia sólo debe tener en consideración los aspectos cuantificables y medibles de la naturaleza. Por tanto, se establece una nueva clasificación que distingue entre cualidades y accidentes de un objeto, entre cualidades primarias y secundarias. Las cualidades primarias de un objeto serán, precisamente, las cuantificables, y son las únicas consideradas como objetivas, ya que son observables por cualquier

individuo: si son mesurables, pueden ser determinadas en cualquier momento. Son las únicas que la ciencia considerará como válidas a la hora de describir un objeto. Las cualidades secundarias, sin embargo, serán consideradas como subjetivas porque no pueden ser cuantificables. El observador nunca puede dar un resultado matemático preciso que pueda ser comprobado.

4. Como todo se reduce a números y datos objetivos, los valores dejan de formar parte del trabajo científico, consideración que implica la **neutralidad** de la ciencia.

2.2. EL RACIONALISMO MECANICISTA DE R. DESCARTES

La filosofía de R. DESCARTES (1596–1650) constituye una buena síntesis de los principales logros y conclusiones de la revolución científica. De forma sistemática y argumentada, plantea la nueva concepción de la ciencia basándose en tres cuestiones fundamentales:

- a) El **mecanicismo**. La consideración de la naturaleza como sustancia extensa que se mueve mecánicamente y con absoluta regularidad —adelantándose a **Isaac Newton** (1642–1727), que en 1687, en los *Principia*, expondrá con leyes físicas todos los movimientos del universo, y los comparará con los movimientos mecánicos de un reloj.
- b) La existencia de un **método** que puede llevar al ser humano a conocer la naturaleza y expresarla en términos matemáticos —deleitándose con **Galileo Galilei** puesto que la contemplación de un teorema iguala al hombre con Dios;
- c) La confianza en que este conocimiento se convierta en trampolín para **convertirse en dueños y poseedores de la naturaleza**, —expresando, así, el deseo manifestado por **Francis Bacon**.

2.2.1. EL MECANICISMO

Descartes concibe el Universo como una gran máquina en el que todos los fenómenos se explican por los movimientos de las partículas en que se divide la materia. Todo se reduce, por consiguiente, a extensión y movimiento. La realidad se divide en tres esferas o sustancias: la sustancia infinita, Dios; la sustancia pensante, el alma; y la sustancia extensa que comprende todo lo demás: el universo, las plantas, los animales y el mismo cuerpo humano, cuyos movimientos son mecánicos y siguen leyes uniformes. Descartes consideró, firmemente, que todas las manifestaciones de la vida podían ser explicadas sobre una base puramente mecanicista y que, excepto en el caso del hombre, organismo y mecanismo eran términos intercambiables.

Este paradigma mecanicista sustituyó, en primer lugar, al paradigma organicista de Aristóteles, cuya base era el teleologismo, es decir, cada ser natural aspira a realizar su fin y, por ello, en el estudio de la naturaleza se debe dar más importancia a los aspectos cualitativos que a los cuantitativos. Durante toda la Edad Media se mantuvo esta concepción y se hizo hincapié en el orden jerárquico de la naturaleza: los seres que componen el mundo forman una vasta cadena de criaturas que se extienden desde el más perfecto de todos los seres, la divinidad, en la periferia del universo, hasta los grados del hombre, los animales, las plantas y los minerales de la tierra. Al mismo tiempo, este cambio de paradigma también se hace eco de la forma de *preguntar* a la naturaleza, ya no se trata de averiguar el *por qué*, sino que el interés se centra en el *cómo*.

En segundo lugar, el mecanicismo desplazó al paradigma mágico-animista propio del Renacimiento, que se caracterizaba por a) concebir el universo como un todo, internamente gobernado por una inteligencia o alma del mundo; b) concebir al hombre como un microcosmos que se encuentra en el seno del Universo o macrocosmos; c) pensar que entre ambos hay una analogía, que se manifiesta en las relaciones de simpatía y antipatía, que sólo conoce el sabio. Todos los acontecimientos están producidos por unas fuerzas misteriosas, ocultas, que los magos, astrólogos y alquimistas pretenden descubrir y dominar.

2.2.2. EL MÉTODO

Uno de los objetivos clave para Descartes, fue examinar y generalizar el método matemático que se estaba desarrollando en la ciencia de la mecánica, y que se había mostrada como modelo de éxito. Tal como manifiesta en el *Discurso del método* (Descartes, 1632), estaba convencido que a partir de las matemáticas se podía levantar todo el edificio del conocimiento: "Gustaba sobre todo de las matemáticas, por la certeza y evidencia que poseen sus razones; pero aún no advertía cuál era su verdadero uso y, pensando que sólo para las artes mecánicas servían, me extrañaba que, siendo sus cimientos tan firmes y sólidos, no se hubiese construido sobre ellos nada más elevado. Y en cambio los escritos de los antiguos paganos, referentes a las costumbres, los comparaba con palacios muy soberbios y magníficos, pero contruidos sobre arena y barro: levantan muy en alto las virtudes y las presentan como las cosas más estimables que hay en el mundo; pero no nos enseñan bastante a conocerlas y, muchas veces, dan ese

hermoso nombre a lo que no es sino insensibilidad, orgullo, desesperación o parricidio” (Descartes, 1632: 36).

Descartes considera haber encontrado el método adecuado: “Pero, sin temor, puedo decir, que creo que fue una gran ventura para mí el haberme metido desde joven por ciertos caminos, que me han llevado a ciertas consideraciones y máximas, con las que he formado un método, en el cual paréceme que tengo un medio para aumentar gradualmente mi conocimiento y elevarlo poco a poco hasta el punto más alto a que la mediocridad de mi ingenio y la brevedad de mi vida puedan permitirle llegar” (Descartes, 1632: 31).

Y, finalmente, se dispone a relatar los defectos de los caminos anteriores y a proponer las reglas del auténtico método: “Pero como hombre que tiene que andar solo y en la oscuridad, resolví ir tan lento y emplear tanta circunspección en todo, que, a trueque de adelantar poco, me guardaría al menos muy bien de tropezar y caer. E incluso no quise empezar a deshacerme por completo de ninguna de las opiniones que pudieron antaño deslizarse en mi creencia, sin haber sido introducidas por la razón, hasta después de pasar buen tiempo dedicado al proyecto de la obra que iba a emprender, buscando el verdadero método para llegar al conocimiento de todas las cosas de que mi espíritu fuera capaz.

Había estudiado un poco, cuando era más joven, de las partes de la filosofía, la lógica, y de las matemáticas, el análisis de los géometras y el álgebra, tres artes o ciencias que debían, al parecer, contribuir algo a mi propósito. Pero cuando las examiné, hube de notar que, en lo tocante a la lógica, sus silogismos y la mayor parte de las demás instrucciones que da, más sirven para explicar a otros las cosas ya sabidas o incluso, como el arte de Lulio, para hablar sin juicio de las ignoradas, que para aprenderlas. Y si bien contiene, en verdad, muchos, muy buenos y verdaderos preceptos, hay, sin embargo, mezclados con ellos, tantos otros nocivos o superfluos, que separarlos es casi tan difícil como sacar una Diana o una Minerva de un bloque de mármol sin desbastar. Luego, en lo tocante al análisis de los antiguos y al álgebra de los modernos, aparte de que no se refieren sino a muy abstractas materias, que no parecen ser de ningún uso, el primero está siempre tan constreñido a considerar las figuras, que no puede ejercitar el entendimiento sin cansar grandemente la imaginación; y en la segunda, tanto se han sujetado sus cultivadores a ciertas reglas y a ciertas cifras, que han hecho de ella un arte confuso y oscuro, bueno para enredar el ingenio, en lugar de una

ciencia que lo cultive. Por todo lo cual, pensé que había que buscar algún otro método que juntase las ventajas de esos tres, excluyendo sus defectos.

Y como la multitud de leyes sirve muy a menudo de disculpa a los vicios, siendo un Estado mucho mejor regido cuando hay pocas, pero muy estrictamente observadas, así también, en lugar del gran número de preceptos que encierra la lógica, creí que me bastarían los cuatro siguientes, supuesto que tomase una firme y constante resolución de no dejar de observarlos una vez siquiera:

Fue el primero, no admitir como verdadera cosa alguna, como no supiese con evidencia que lo es; es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención, y no comprender en mis juicios nada más que lo que se presentase tan clara y distintamente a mí espíritu, que no hubiese ninguna ocasión de ponerlo en duda².

El segundo, dividir cada una de las dificultades, que examinare, en cuantas partes fuere posible y en cuantas requiriese su mejor solución³.

El tercero, conducir ordenadamente mis pensamientos, empezando por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ir ascendiendo poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más compuestos, e incluso suponiendo un orden entre los que no se preceden naturalmente⁴.

Y el último, hacer en todo unos recuentos tan integrales y unas revisiones tan generales, que llegase a estar seguro de no omitir nada⁵ (Descartes, 1632: 48-51).

2.2.3. EL DOMINIO DE LA NATURALEZA

Si la naturaleza se mueve y cambia de forma uniforme como si fuera una máquina, y si se encuentra el camino (método) adecuado, podemos llegar, entonces, al objetivo último de Descartes y de toda la ciencia moderna:

² Regla de la evidencia

³ Regla del análisis

⁴ Regla de la síntesis

⁵ Regla de la enumeración completa

"(...) esas nociones me han enseñado que es posible llegar a conocimientos muy útiles para la vida y que, en lugar de la filosofía especulativa enseñada en las escuelas, es posible encontrar una práctica por medio de la cual, conociendo la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de los astros, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean tan distintamente como conocemos los oficios varios de nuestros artesanos, podríamos aprovecharlos del mismo modo en todos los usos apropiados, y de esa suerte convertirnos como en dueños y poseedores de la naturaleza" (Descartes, 1632: 121).

2.3. EL EMPIRISMO DE D. HUME Y LA FALACIA NATURALISTA

En el siglo XVIII el empirismo se hace intérprete de todo el cambio que supone la edad moderna, y pone los cimientos de un nuevo racionalismo no ya dogmático y trascendente, sino abierto y crítico, dirigido hacia la experiencia y la investigación. Para atender cómo se perciben las relaciones entre ciencia y valores nos detendremos en la epistemología y la ética de DAVID HUME (1711–1776).

El proyecto de Hume, cuando a los 23 años sale de Inglaterra con dirección a Francia, a la Fleche, es introducir el método de Newton en la moral. Quería extender más allá de los límites de la física, concretamente a la moral, el método matemático que tanto éxito había tenido. Difícilmente podría ser de otro modo, pues Hume comenzó a escribir cuando la ciencia newtoniana estaba siendo celebrada como el mayor logro intelectual de los tiempos modernos⁶.

El Tratado de la naturaleza humana fue un intento de introducir el método experimental en el ámbito de la moral. Hume quería elaborar una teoría general acerca de la mente que fuera comparable a la teoría de la atracción de Newton. Dicha teoría sería el asociacionismo de ideas, con el cual, igual que Newton con la gravitación, podría exhibir la asociación como un hecho de experiencia sin necesidad de formular una causa oculta de ello⁷. Al final del libro reconoce su fracaso: “Me siento como alguien que, habiendo embarrancado en los escollos y escapado con grandes apuros del naufragio gracias a haber logrado atravesar un angosto y difícil paso, tiene sin embargo la temeridad de lanzarse al mar con la misma embarcación agrietada y batida por las olas, y lleva además tan lejos su ambición que piensa dar la vuelta al mundo bajo estas poco ventajosas circunstancias” (Hume, 1740: 415).

Su conclusión es que, partiendo de la experiencia sensible, es imposible llegar al conocimiento verdadero. Los obstáculos fundamentales son el problema de la causalidad (sólo es posible percibir la sucesión de hechos, nunca captamos a través de los sentidos una conexión necesaria), y el problema de la inducción (no es aceptable desde un punto de vista lógico pasar de enunciados particulares a enunciados universales). Hume no desemboca en la suspensión del juicio, pero

⁶ Pope, uno de los poetas más importantes del momento, había escrito: La naturaleza y sus leyes yacían escondidas en la noche./Dios dijo: ¡Hágase Newton! Y todo fue luz.

⁷ De hecho el subtítulo del *Tratado de la naturaleza humana* es “Tentativa de introducir el método de razonamiento experimental en las ciencias morales”.

acepta que la guía de la acción humana esta relacionada con la costumbre⁸ y no con el saber racional⁹, lo que Popkin denominó escepticismo mitigado (Popkin, 1983). Pero lo que no permite relacionar el conocimiento con los valores es la llamada **falacia naturalista**. Si el conocimiento se reduce a cuestiones de hecho y a relaciones entre ideas, como se sigue de los principios empiristas defendidos por Hume, los valores no pueden percibirse, el vicio o la virtud no pueden verse: "mientras dirijas tu atención al objeto, el vicio..., no aparecerá por ninguna parte" (Hume, 1740: 234), con lo cual, Hume desliga la ética del conocimiento y lo asocia a las emociones, a los sentimientos dando lugar al emotivismo moral en un intento de superar el fracaso del intelectualismo moral, fundado por Sócrates y recuperado por Descartes en la cuarta regla de su moral provisional.

En resumen, Hume defendió la separación radical entre conocimiento (asociado al término ciencia) y valores (ética), legitimando los principales puntos del programa de la ciencia moderna, como su neutralidad, e influyendo decisivamente en el devenir del pensamiento sobre la ciencia, abanderado por el positivismo lógico.

⁸ "Pero por fortuna sucede que, aunque la razón sea incapaz de disipar estas nubes, la naturaleza misma se basta para este propósito, y me cura de esa melancolía y de este delirio filosófico...". (Hume, 1740: 421).

⁹ "De este modo, no cabe sino elegir entre una razón falsa, o ninguna razón en absoluto". (Hume, 1740: 420).

2.4. EL POSITIVISMO LÓGICO Y LA SEPARACIÓN RADICAL ENTRE CIENCIA Y VALORES

Inspirados por la filosofía de David Hume, HANS HAHN (1879–1934), OTTO NEURATH (1882–1948) y RUDOLPH CARNAP (1891–1970) escribieron *La concepción científica del mundo. El Círculo de Viena*, publicado en 1929, que se convirtió en el manifiesto del positivismo lógico (Porta, 1983)¹⁰. La doctrina positivista se propuso dar un giro fundamental a los temas de la filosofía. Si hasta ese momento, la filosofía trataba áreas tales como la epistemología, la metafísica, la teología, la ontología o la ética, ahora su función se reduce a la de instrumento clarificador al servicio de la ciencia. El positivismo tiene como objetivo la unificación de las ciencias; y adopta como método el empirismo y el análisis lógico. Es decir, se dedicarán a la búsqueda de un lenguaje unificado común a todas las ciencias y, por lo tanto, necesitarán elaborar un sistema formal, libre de los equívocos propios del lenguaje coloquial, así como un sistema conceptual preciso y unívoco. Como ya había advertido Hume, el problema de las proposiciones metafísicas no es que sean falsas, sino que su insignificancia es, precisamente, que carecen de sentido.

MORITZ SCHLICK (1882-1936), otro de los integrantes del Círculo de Viena, resumió cuál era la función de la filosofía afirmando que era reivindicar la visión socrática: no buscar verdades sino aclarar continuamente el significado preciso de cada término utilizado; filosofía es la búsqueda de significado (Porta, 1983). La filosofía entendida como análisis lógico tiene un doble contenido: un contenido negativo -toda proposición que esté más allá de la experiencia es un sin-sentido, al tiempo que hay que clarificar los errores lógico-lingüísticos-, y un contenido positivo —lograr la clarificación de los conceptos científicos y la fundamentación lógica de las ciencias fácticas.

2.4.1. R. CARNAP: EN LÓGICA NO HAY MORAL

En 1932 Carnap publicó “La superación de la metafísica mediante el análisis lógico del lenguaje” y defendió con rotundidad que el método exacto para la filosofía es el análisis lógico o, más exactamente, la sintaxis lógica (Carnap, 1962). En su caso el

¹⁰ La filosofía de Hume no les llega directamente, sino a través de Avenarius y Mach que de alguna manera ya planteaban liberar a la ciencia (y a la filosofía) de todos los datos inventados, de todos los prejuicios y sin-sentidos.

intento de eliminación de la metafísica fue paralelo al intento de eliminación de la ética. Las bases de su teoría se pueden resumir en:

- Consideración de las reglas de la lógica como manifestación de las reglas del lenguaje;
- Posibilidad de formalizar el lenguaje prescindiendo de la semántica;
- Concepción formal de los elementos del lenguaje a imagen y semejanza de los signos y fórmulas matemáticas, pudiéndose manipular según unas determinadas reglas;
- No deben analizarse los pensamientos en cuanto actos mentales, ni atendiendo a sus contenidos, sino que se debe prestar atención exclusivamente a las oraciones, no en cuanto moléculas de significado o sentido, sino únicamente en cuanto sucesiones de símbolos escritos, hablados o como sean;
- En lógica no hay moral.

En el desarrollo de su teoría, tenemos otra vez a Carnap siguiendo a Hume. Afirma que las proposiciones con sentido son de dos clases:

- a) **tautológicas**, son verdades exclusivamente en virtud de su forma y no dicen nada acerca de la realidad (son enunciados propios de la lógica y las matemáticas, equivalente a las relaciones entre ideas de Hume);
- b) **empíricas**, son aquellas que pertenecen al dominio de la ciencia que ha de demostrar su verdad o falsedad mediante la reducción a proposiciones elementales que se verifiquen inmediata y empíricamente (equivalente a las cuestiones de hecho de Hume).

La primera consecuencia que se desprende de esta teoría es la de que cualquier proposición que se desee construir y que no pueda clasificarse en ninguna de estas clases devendría automáticamente un sin-sentido (también aquí la conclusión es la misma a la que llega Hume: "Si procediéramos a revisar las bibliotecas convencidos de estos principios, ¡qué estragos no haríamos! Si cogemos cualquier volumen de Teología o metafísica escolástica, por ejemplo, preguntemos: ¿Contiene algún razonamiento abstracto sobre la cantidad y el número? No. ¿Contiene algún

razonamiento experimental acerca de cuestiones de hecho o existencia? No. Tírese entonces a las llamas, pues no puede contener más que sofistería e ilusión”) (Hume, 1763: 192).

La segunda consecuencia, se corresponde con la falacia naturalista. Carnap expone por qué el uso de pseudo-proposiciones en metafísica proviene de la confusión entre las funciones expresiva y representativa del lenguaje. La función expresiva revela los síntomas relativos a los sentimientos, el carácter, el talante, la disposición temporal, etc., del sujeto que formula enunciados lingüísticos. Los enunciados metafísicos no tienen una función representativa o cognitiva, sino tan sólo una función expresiva: no son ni verdaderas ni falsas, no afirman nada; solamente revelan disposiciones emocionales o volitivas. La función de la metafísica sería la de expresar un sentimiento vital, una determinada concepción del mundo, etc., aunque disfrazada de significado cognoscitivo. Es parecido al arte, a la poesía, a la música: *los metafísicos son músicos sin capacidad musical.*

El principio de verificación

Para Carnap el requisito de verificabilidad es indispensable para conferir sentido a aquellas proposiciones que no son ni analíticas ni contradictorias. El valor de una proposición reside en el método de su verificación. Una proposición sólo tendrá sentido, sólo será verificable, si se pueden enunciar las condiciones bajo las cuales dicha proposición sería verdadera y aquellas bajo las cuales sería falsa.

Aceptando la crítica de Popper, Carnap no duda en afirmar que si por verificación se entiende el hecho de establecer de forma definitiva y sin apelación la verdad, entonces ninguna proposición empírica es verificable. Sólo se puede confirmar una proposición. En consecuencia, hay que hablar del problema de la confirmación más que del problema de la verificación.

El fisicalismo

Es uno de los temas que más y mejor identifican al positivismo lógico tal como lo plantea Carnap. Su tesis sería: "No sólo el lenguaje de las distintas disciplinas científicas, sino también los lenguajes protocolarios de las distintas personas son sólo lenguajes parciales, parte del lenguaje de la física; todas las proposiciones, tanto las del protocolo como las de los sistemas científicos, que se construyen en

forma de un sistema de hipótesis en conexión con los protocolos, pueden traducirse al lenguaje de la física; éste es un lenguaje universal y como no se conoce otro lenguaje de este tipo, es el lenguaje de la ciencia" (Carnap, 1932).

Por sus características —es **inter-subjetivo**: es un sistema común de signos para todas las personas; es **universal**: las proposiciones de todas las ciencias se podrán traducir a este; implica la **unidad de la ciencia**: las ciencias pueden reducir su lenguaje al fisicalismo—, Carnap llega a la conclusión de la existencia de un lenguaje universal, el físico, que conduce a una sola ciencia.

El problema de la inducción

La demoledora crítica de Hume al método inductivo fue, desde entonces, continuamente revisado, aunque nunca superado. Como se dijo en el capítulo anterior, Hume planteó que desde un punto de vista lógico no es justificable inferir enunciados universales a partir de enunciados singulares por numerosos que estos sean. Pero aunque desde un punto de vista lógico es un argumento impecable, es insostenible desde un punto de vista psicológico (ver nota 8) y, por lo tanto, necesariamente lo aceptamos aunque sólo sea como creencia, nunca como saber: creemos y confiamos por causa del hábito o la costumbre que las experiencias futuras estarán de acuerdo con las que hemos experimentado (el saber se reduce a creer, ver nota 9).

Una de las soluciones barajadas durante el siglo XIX para justificar este tipo de razonamiento era afirmar que la naturaleza era uniforme y que, en todo caso, como decía Poincaré, **es tan difícil justificar el problema de la inducción como prescindir de él**. En el siglo XX se plantea como una cuestión epistemológica (saber si las reglas de la inducción son verdaderas o falsas) y no psicológicas como se planteaba Hume, para quien no había que justificarla, sino preguntar por qué se forman, estudiando la naturaleza humana y la creencia. Según Bertrand Russell, si la crítica de Hume fuera válida, entonces, serían tan justificables los enunciados de la ciencia como los de un hombre que está loco. Pero, como en la solución de Poincaré, por más sentido común que pueda utilizarse para defender el sistema inductivo, los argumentos contra la crítica de Hume no son demostrables *positivamente*.

Carnap intenta solucionar el problema de dos maneras diferentes:

- a) Afirmando la no necesidad de los enunciados universales (teorías y leyes) en la ciencia: "el uso de leyes no es indispensable para hacer predicciones";
- b) Introduciendo un nuevo concepto: la confirmación. Es definido como un concepto probabilístico (va de 0 a 1). La confirmación de una ley está determinada por la frecuencia de los enunciados singulares: *Si hemos observado una gran cantidad de casos positivos y ningún caso negativo, decimos que la confirmación es fuerte*. La verdad de las premisas en un razonamiento inductivo correcto no da la seguridad de la verdad de la conclusión, el máximo que podemos afirmar es que tiene un grado de probabilidad. La confirmación es ésta probabilidad (Carnap, 1932).

2.4.2. PRINCIPALES CAUSAS DEL FRACASO DEL POSITIVISMO

Críticas de tipo internalista

- a) El principio de verificación tiene muchas dificultades para plantearse, para decirlo con términos cartesianos con claridad y distinción. Fue formulada de muchas maneras diferentes, pero nunca de una manera adecuada y satisfactoria. Nunca parece encontrarse la justa medida: a veces delimita poco, a veces demasiado.
- b) La imposibilidad de diferenciar de una manera nítida y lógica los enunciados sintéticos de los analíticos. Quine demostró esta imposibilidad en su artículo *Dos dogmas del empirismo* (Quine, 1951).
- c) La circularidad en la validación lógica de la inducción. Los problemas a la hora de justificarla empíricamente se centran en la decisión sobre el número de observaciones, y sobre la amplitud de condiciones iniciales

Críticas de tipo externalista

- a) La crítica realizada por la psicología de la Gestalt: **no hay percepciones puras**, en toda percepción hay una mezcla de observación y teoría. Por tanto los enunciados de observación son tan falibles como las teorías de las cuales dependen.

- b) La falibilidad de las observaciones y la dificultad de lograr la objetividad. La experiencia muestra **las diferencias perceptivas de los diferentes seres humanos**; así como su memoria y su incidencia en la percepción; e incluso, aunque las experiencias perceptivas sean idénticas, los análisis que se hacen pueden variar mucho entre sí.
- c) El conocimiento no empieza con la observación. **Toda observación se hace desde una teoría, incluso desde un lenguaje.** Aquí se puede utilizar el mismo comentario de Lewis Mumford cuando critica a Descartes por querer empezar desde cero: "A fin de alcanzar este punto, Descartes olvidó que antes de pronunciar las palabras "pienso..." necesitaba la colaboración de innumerables congéneres, que se remontaban, según su propio conocimiento, a los miles de años que registra la historia bíblica. Además de esto, ahora lo sabemos, necesito la ayuda de un pasado más largo aún, que la humanidad ignoró durante demasiado tiempo: los millones de años requerido para transformar sus mudos antecesores animales en seres humanos conscientes" (Mumford, 1970: 86).

2.4.3. EL SIN-SENTIDO DE LA ETICA: LOS VALORES NO FORMAN PARTE DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Como ya se dijo anteriormente, para Carnap las proposiciones o responden a cuestiones de hecho, o son relaciones entre ideas o son frases sin sentido, que cuando mucho, tienen un valor emotivo. Y a partir de estos principios el Círculo de Viena se interesó poco por la ética. Sólo Schlick formula una teoría ética. Carnap, como Ayer, afirmó que las proposiciones y conceptos de la ética son inanalizables y se revelan como pseudo-proposiciones y pseudo-conceptos que no describen nada en absoluto; los juicios de valor y los términos éticos serían meras expresiones emotivas o imperativos disfrazados. Si Hume había planteado el emotivismo moral, reduciendo el fundamento de la ética a los sentimientos y emociones, los positivistas descartan la posibilidad de teorizar sobre la ética, precisamente porque los enunciados provenientes de emociones y sentimientos son vagos, confusos, inexplicables, contradictorios, diversos, etc. Con el positivismo, el reduccionismo formal sirve para eliminar *definitivamente* a la ética. Y en consecuencia, **la ciencia queda completamente desmarcada de los valores, así como de la técnica, de la sociedad, de los factores socioeconómicos e históricos que los siguientes filósofos no tendrán más remedio que volver a incorporar.**

2.5. EL FALSACIONISMO DE K. POPPER Y CÓMO LOS VALORES SE CUELAN A TRAVÉS DE LAS EXPECTATIVAS

La filosofía de KARL POPPER (1902–1994) parte de las críticas dirigidas en primer lugar contra Carnap, en relación al carácter probabilístico de la inducción y al proceso de confirmación; y, en segundo lugar, contra Freud y Marx, esta vez en relación al criterio de demarcación.

2.5.1. LA CRÍTICA DE POPPER A CARNAP

Para analizar la crítica de Popper a Carnap hay que tomar en consideración dos cuestiones:

- a) Algunas leyes, a pesar de ser refutadas, pueden obtener un grado de confirmación muy alta, muy cercana al 1 (a veces, un sólo enunciado observacional puede refutar una hipótesis; ejemplo: *todas las monedas tiradas al aire caen siempre cara*, su grado de confirmación, sin embargo, sería de 0,5 en vez de 0);
- b) La alta probabilidad no puede ser el objetivo de la ciencia: cuando más alta es la probabilidad, menos afirma un enunciado: más probabilidad = menos información, menos contrastación y menos testabilidad. Popper lleva al extremo de ridiculizarlo al manifestar que *si la elevada probabilidad fuera un objetivo de la ciencia, los científicos deberían decir lo menos posible, y con preferencia, exclamar solamente tautologías* (Popper, 1967).

2.5.2. LA CRÍTICA DE POPPER AL CRITERIO DE DEMARCACIÓN

Karl Popper utilizó la condición de falsabilidad para demarcar el campo de la ciencia de la pseudo-ciencia. Para Popper, algunas teorías quieren pasar por científicas sin cumplir los requisitos necesarios de significatividad. Según su criterio, no ser científica implica que no sea significativa, algo que sospecha del enorme poder explicativo de esas teorías. Refiriéndose al materialismo histórico de Marx y al psicoanálisis de Freud, sostiene que le resulta imposible imaginar alguna conducta humana que no pueda ser interpretada en términos de cualquiera de las dos

teorías. El modelo paradigmático que utiliza Popper para dar consistencia a su crítica es la diferencia existente entre esas teorías y la de Einstein. Esta teoría es un ejemplo porque, por un lado, había superado la teoría de Newton que durante más de dos siglos había sido verificada continuamente y, por otro, porque en vez de buscar continuas verificaciones, Einstein establecía de modo preciso qué situaciones, qué experimentos concretos confirmarían o, y esto es lo importante, invalidarían su teoría, mostrando su falsedad. En consecuencia, desestima la verificación como medio para confirmar una tesis y afirma que *el criterio para establecer el estatus científico de una teoría es su testabilidad* (Popper, 1967).

Para Popper la ciencia busca la verdad; el progreso de la ciencia es constante, y si bien cada vez se aproxima más a la verdad, nunca puede estar segura de haberla conseguido. Igual que para los inductivistas, Popper cree que el conocimiento es un proceso lineal y acumulativo. Por eso, afirma que la teoría de Newton está más cerca de la verdad que la de Galileo o la de Aristóteles, aunque las tres sean falsas. Luego intenta dar un sentido a la aproximación a la verdad (o verosimilitud) en términos de las consecuencias verdaderas y falsas de una teoría: dadas dos teorías, $t(2)$ es más parecido a la verdad o se corresponde mejor a los hechos que $t(1)$ si: a) el contenido de verdad de $t(2)$ es más grande que el de $t(1)$, pero no su contenido de falsedad, o b) el contenido de falsedad de $t(1)$ es más grande que el de $t(2)$, pero no su contenido de verdad.

Hay que señalar, aunque sólo sea para dejarlo apuntado, que esta concepción popperiana del progreso como aproximación sucesiva a la verdad tiene un carácter **instrumentalista** que contradice sus aspiraciones realistas. Si se interpreta las teorías desde un punto de vista realista, entonces el contenido de verdad de las teorías, una vez refutadas, es nulo. La formulación de una nueva teoría implica una nueva forma de ver el mundo, lo que hace difícil la comparación respecto a contenidos de verdad y de falsedad entre teorías rivales; en este caso, el contenido de verdad de la teoría de Newton debería ser nulo, como el contenido de todas las teorías mecánicas anteriores a Einstein (Chalmers, 1984).

2.5.3. LA PROPUESTA DE POPPER: EL FALSACIONISMO

La solución de Popper tiene dos vertientes:

- a) Negativa: un gran número de enunciados observacionales no pueden verificar una teoría universal (acepta el problema de la inducción planteado por Hume);
- b) Positiva: es posible falsar una teoría general mediante un enunciado observacional. Aunque se puede asegurar la falsedad de una teoría, su verdad nunca se puede demostrar.

Las teorías se constituyen con conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales, que el intelecto humano crea libremente para intentar solucionar problemas que habían encontrado las teorías anteriores. Las teorías que no superen las contrastaciones deben ser eliminadas. La ciencia progresa gracias al ensayo-error. Hay una condición que toda hipótesis científica debe cumplir: una hipótesis debe ser falsable. Una hipótesis es falsable si existe un enunciado observacional o un conjunto de enunciados observacionales lógicamente posibles que sean incompatibles con ella, es decir, en caso de establecerse como verdadero, falsaría la hipótesis.

2.5.4. LAS EXPECTATIVAS SON VALORES

Un punto interesante de la teoría de Karl Popper, al menos para objetivo de la presente tesis, es su afirmación de que hay que abandonar la idea de que el conocimiento empieza con la observación: primero hay **expectativas**. A la teoría positivista que supone como *dados* unos hechos, Popper opone la idea de que éstos no son *dados*, sino siempre **seleccionados** en función de nuestras expectativas e hipótesis. "Nacemos con expectativas —escribirá Popper—, con un conocimiento que, aunque no es válido a priori, es psicológica y genéticamente a priori, es decir, anterior a toda experiencia observacional" (Popper, 1967).

Para Popper hay hechos para teorías, pero no en sentido histórico o psicológico del quehacer científico, como veremos en el caso de Kuhn, que utiliza el ejemplo de Galileo y los satélites de Júpiter, sino que las observaciones son importantes para la validación o justificación de las teorías, pero sólo *a posteriori*, no como elementos inductores sino contrastadores. A partir de un problema se desarrolla una teoría tentativa, se procede a la eliminación de problemas que darán lugar a problemas más fecundos e importantes. El progreso se basa no en que la nueva teoría tenga

mayor probabilidad, sino en que tenga mayor contenido empírico (menos probabilidad, pero más testabilidad).

2.5.5. LOS LÍMITES DEL FALSACIONISMO

1. Los enunciados observacionales son falibles.

Frente a una contradicción entre un enunciado observacional y una teoría, no hay ninguna razón para refutar la teoría y considerar el enunciado observacional verdadero¹¹.

2. La complejidad en situaciones normales es mucho más grande.

a) Una teoría científica real consta de un conjunto de enunciados universales y no de uno solo. Frente a una predicción que no se cumple, lo único que se puede concluir es que una de las premisas es falsa. No se puede identificar cuál es la premisa que ha fallado¹².

b) Las teorías están conectadas, formando una estructura compleja. La falsación de una teoría comporta el cambio de muchas otras.

3. El falsacionismo no explica la historia de la ciencia.

Dada una teoría clásica es posible encontrar enunciados observacionales que fueron generalmente aceptados en su época y que se consideraban incompatibles con la teoría, a pesar de lo cual la teoría no se consideraba refutada¹³.

4. La racionalidad no se reduce a la lógica.

Popper comparte con el positivismo lógico la creencia que la lógica monopoliza el ejercicio de la racionalidad. Pero la psicología y la sociología, así como la historia, no pueden ser reducidas a la lógica, y en cambio pueden contribuir a la explicación racional del proceso científico (Lakatos y Musgrave, 1975).

¹¹ Por ejemplo, la inexistencia de paralelaje de las estrellas falsaría la teoría heliocéntrica de Copérnico. (Chalmers, 1984).

¹² Por ejemplo, la órbita del planeta Urano parecía refutar la teoría newtoniana, pero en realidad refutaba las condiciones iniciales que no consideraban a Neptuno; o, Tycho Brahe pensaba que había refutado la teoría copernicana, al mostrar que el paralelaje entre la tierra y las estrellas no existía. Su refutación de la teoría copernicana era incorrecta, su predicción no completa era provocada por la falsa estimación que Brahe hizo sobre la distancia de las estrellas fijas a la tierra. (Chalmers, 1984).

¹³ Por ejemplo, la teoría newtoniana no podía explicar la órbita lunar; o, la teoría copernicana era contradictoria con la física aristotélica, que en aquellos momentos era aceptada. (Chalmers, 1984).

2.6. LA REVOLUCIÓN COPERNICANA DE T. KUHN

En *La estructura de las revoluciones científicas* y *La revolución copernicana* THOMAS KUHN (1922–1996) incorpora y da mucha importancia a la participación de los factores sociológicos en el proceso de conocimiento. En concreto se refiere a las características sociológicas de las comunidades científicas y a la historia de la ciencia. La ciencia progresa pasando alternativamente por las siguientes etapas: PRECIENCIA - CIENCIA NORMAL – CRISIS – REVOLUCION - NUEVA CIENCIA NORMAL...

La ciencia normal articula y desarrolla un paradigma. La característica que distingue a la ciencia de la no ciencia es, precisamente, la existencia de este paradigma, que está constituido por supuestos teóricos generales, leyes, técnicas que utilizan los miembros de una determinada teoría, creencias generales sobre el mundo... En el paradigma se definen los problemas, se dirigen las posibles hipótesis, se prevén anomalías e, incluso: la experiencia inmediata de la que en parte se derivan las operaciones y las mediciones están determinadas por el paradigma.

En definitiva, paradigma es el conjunto de las realizaciones científicas universalmente reconocidas como modelo de problemas y soluciones. Por ello hay ciencia: existe un acuerdo general en lo fundamental —el lenguaje y la teoría como guía y la designación de instrumentos—, lo cual dota de una gran importancia al proceso de socialización de los científicos, y en consecuencia, al sistema educativo y la formación de científicos. La ciencia normal debe presuponer que su paradigma proporciona los medios adecuados para resolver los problemas que en él se plantean. Los problemas que se resisten a solucionar son considerados como anomalías, más que falsaciones de un paradigma. Kuhn reconoce que todos los paradigmas tienen algunas anomalías pero el científico no debe criticar el paradigma con el que trabaja. Este es uno de los hechos que distingue a la ciencia de la pre-ciencia: la pre-ciencia, inmadura, se caracteriza por el desacuerdo en lo fundamental. **Ciencia normal es la ciencia desarrollada por los científicos dentro de un paradigma.** Los que hacen progresar dicho paradigma sobre el que existe un acuerdo tácito.

El paradigma entra en crisis cuando deja de tener utilidad, es decir, cuando no aporta nada nuevo y en él se acumulan las anomalías que afectan a sus principios fundamentales. No se trata de aceptar la falsación, sino de tener en cuenta un

conjunto de violaciones de las expectativas. Esta crisis empieza con un período de inseguridad, en que las reglas establecidas para el paradigma se debilitan y los científicos comienzan a realizar discusiones metafísicas y filosóficas. Hasta que se llega al punto de criticar frontalmente el paradigma. La crisis se soluciona cuando surge un paradigma completamente nuevo. Este cambio constituye una auténtica revolución, como fue el caso de la revolución copernicana. Para que la revolución tenga éxito, el paradigma debe extenderse a la mayoría de miembros de la comunidad científica.

No existe ningún argumento puramente lógico que demuestre la superioridad de un paradigma sobre otro. La decisión del científico dependerá (a la hora de elegir uno u otro paradigma) de multitud de factores: la exactitud de las predicciones, la simplicidad, la conexión con alguna necesidad social urgente, el número de problemas solucionados... Estos criterios no son objetivos, sino que dependen en última instancia de **los valores de la comunidad científica**. Criterios que varían con el marco cultural e histórico de la comunidad, y de los intereses y creencias que tiene el científico como individuo (factores sociológicos y psicológicos). El diálogo entre los paradigmas no es posible, pues parten de premisas diferentes, *viven en mundos diferentes*, cuestión que advirtió Kuhn cuando tuvo que dar clases sobre la física aristotélica. Los paradigmas son inconmensurables.

Para Kuhn la ciencia no se dirige hacia un fin pre-establecido (como era la verdad para Popper). **No tiene sentido hablar de progreso, si por progreso se entiende un proceso de aproximación a la verdad**. El desarrollo de la ciencia no es teleológico. Se puede hablar, en cambio, de progreso en un sentido retrospectivo: **cada vez se sabe más, cada vez se tiene un dominio mayor de la naturaleza**. Ante las críticas que lo acusaban de ser relativista y no aceptar el progreso, Kuhn manifestará que las teorías científicas posteriores son mejores que las anteriores, que cree firmemente en el progreso humano (Kuhn, 1962).

2.7. EL ANARQUISMO EPISTEMOLÓGICO DE P. FEYERABEND

El autor más crítico con el postulado positivista de la ciencia es PAUL FEYERABEND (1924-1994), quien hace una crítica a todas las metodologías de la ciencia propuestas hasta este momento. Por un lado, como ya habían advertido Kuhn y Lakatos, porque **son incompatibles con la historia de la física**. Y en segundo lugar porque **ningún método proporciona reglas adecuadas para guiar la actividad de los científicos**. Para Feyerabend no es posible encontrar reglas fijas y universales que puedan explicar el progreso de la ciencia. Pero no sólo no es posible, sino que no es deseable, ya que de esta forma la ciencia es menos dogmática y más adaptable. Los científicos no deben estar ligados a unas reglas. Es en este sentido que se debe interpretar la famosa frase *todo vale*: "A quienes consideren el rico material que proporciona la historia, y no intenten empobrecerlo para dar satisfacción a sus más bajos instintos y a su deseo de seguridad intelectual con el pretexto de claridad, precisión, "objetividad", "verdad", a esas personas les parecerá que sólo hay un principio que pueda defenderse bajo cualquier circunstancia y en todas las etapas del desarrollo humano. Me refiero al principio todo vale" (Feyerabend, 1975).

Y como no hay una estructura, un método que conduzca al científico, ni una racionalidad propiamente científica, los científicos utilizan indistintamente un procedimiento u otro, Feyerabend prefiere hablar de **anarquismo metodológico**. Por ello su teoría será conocida bajo ese nombre. Además de su furibunda crítica al método, Feyerabend desarrolló una serie de críticas agudas, sugerentes y provocadores en el libro titulado *La ciencia en una sociedad libre*, aunque estos comentarios están más allá del alcance de esta tesis (Feyerabend, 1978).

3

LOS VALORES Y LA SOCIEDAD EN LA HISTORIA

DE LA FILOSOFÍA DE LA TECNOLOGÍA

(DESDE EL SIGLO XIX HASTA LA DÉCADA DE 1970)

Tradicionalmente la filosofía occidental ha marginado a la técnica inhibiendo así el desarrollo de una filosofía específica. Esta actitud se ha consolidado con la institucionalización de la ciencia moderna que impuso la distinción entre ciencia dura y aplicada, identificando a ésta última con la técnica, y en última instancia con aquel conocimiento susceptible de ser utilizado benigna o perversamente. El lema elegido para promocionar la Exposición Universal de Chicago, en 1933, lo explicita con absoluta nitidez: *La ciencia descubre, la industria aplica, el hombre se adapta*. Tal consideración aún sigue vigente y ha sido aceptada en líneas generales tanto por la filosofía moderna y contemporánea (ver capítulo 2), como por el conjunto de la sociedad. Como observa Carl Mitcham, dicha concepción se refleja en la legislación vigente, “que nunca haya existido y que no exista aún un código de ética profesional para los científicos revela la fuerte predisposición moderna a reconocer a la ciencia como la búsqueda de conocimiento en sí mismo, y al conocimiento como algo benigno” (Mitcham, 1989: 144).

La defensa o crítica de tales valoraciones conduce a una clasificación de los autores que han reflexionado sobre la técnica. Para Carl Mitcham, uno de los principales historiadores de esta disciplina y autor de *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, cabe distinguir dos corrientes¹⁴. Por un lado, los autores que realizan un análisis de la naturaleza de la tecnología en sí misma —sus conceptos, sus procedimientos metodológicos, sus estructuras cognoscitivas y sus manifestaciones objetivas—, y que explican el mundo en términos predominantemente tecnológicos. La otra corriente, en cambio, busca penetrar en el significado de la tecnología y sus vínculos con el arte, la ética, la política y la sociedad. Dentro de esta corriente se encuentran, de alguna forma, algunos de los precursores de la nueva visión de la tecnología que se desarrolla sistemáticamente a partir de la década de los setenta y que se trata en el próximo capítulo.

Puede decirse que en esta división expuesta por Mitcham, la oposición entre las dos corrientes se debe a sus respectivas valoraciones de la tecnología. Por un lado, quienes defienden el desarrollo tecnológico y lo fundamentan teóricamente y, por otro, quienes intentan analizarlo críticamente haciendo hincapié no en sus logros, sino en los problemas y riesgos que ocasiona. Esta división se acerca a la efectuada por Don Ihde, según la cual se podría distinguir entre la visión *idealista* —identificable con la filosofía analítica—, y la visión *materialista* —donde confluye una mezcla de existencialismo, fenomenología y filosofía dialéctica (Ihde, 1979).

¹⁴ El autor denomina estas dos corrientes como filosofía de la tecnología ingenieril y filosofía de la tecnología de las humanidades.

3.1. LA CORRIENTE ANALÍTICA

El desarrollo sistemático de la corriente analítica se inició dentro de la VDI (Verein Deutscher Ingenieure o Asociación de Ingenieros alemanes)¹⁵ bajo la influencia de un ensayo de **Simon Moser** publicado en 1958. Antes, la reflexión acerca de la tecnología desde concepciones teoricistas se había realizado de forma aislada por los llamados primeros filósofos de la tecnología, cuyos análisis de los desarrollos mecánicos y de los procesos de la invención técnica habían legitimado la tecnología y habían pretendido, en algunos casos, extrapolarlos a otros dominios. Asimismo, los filósofos de la ciencia, cuyo olvido, de la técnica es patente y que, además, relegaron la filosofía al campo especializado del análisis formal del lenguaje, de la argumentación y de las teorías científicas, han contribuido al desarrollo de esta concepción aportando su metodología analítica (Huning, 1979).

El geógrafo y filósofo **Ernst Kapp** es el primero en utilizar el nombre de filosofía de la técnica como título de una de sus obras. En su *Grundlinien einer Philosophie de Technik*, publicado en 1877, interpreta las invenciones técnicas como la concreción material del mundo interno de las representaciones y a la creación técnica como proyección de los órganos. Ve en la técnica un medio para un más alto desarrollo cultural, moral e intelectual, y para la *autoliberación de la humanidad*. Esta idea propia de Francis Bacon (capítulo 2), será la utilizada comúnmente para legitimar el desarrollo tecnológico. Las tesis de Kapp sobre la proyección de los órganos y la autoliberación a través de la técnica fueron luego retomadas de forma más amplia y algo modificada por D. Brinkmann (*Mensch und Technik*, 1946) y A. Ghlen (*Die Seele im technischen Zeitalter*, 1957). Esta idea completamente intuitiva ya había sido esbozada por otros autores pero Kapp fue el primero en elaborarla detallada y sistemáticamente: “[...] la relación intrínseca que se establece entre los instrumentos y los órganos, relación que debe ser descubierta y enfatizada —si bien la misma es más un descubrimiento inconsciente que una invención consciente—, es que en los instrumentos lo humano se reproduce continuamente a sí mismo. Como el factor de control es el órgano cuya utilidad y poder deben ser aumentados, la forma apropiada de un instrumento sólo puede ser derivada de ese órgano. La riqueza de las creaciones espirituales brota, pues, de la mano, el brazo y los dientes. Un dedo doblado se convierte en un gancho, el hueso de la mano en un

¹⁵ Esta organización, que a principios de la década de 1950 había organizado varias conferencias sobre la filosofía de la tecnología, creó en 1956 un grupo de estudio especial dedicado al tema *Mensch und technik*.

plato; en la espada, la lanza, el remo, la pala, el rastrillo, el arado y la laya, se observan diversas posiciones del brazo, la mano y los dedos, cuya adaptación a la caza, a la pesca, a la jardinería y a los aperos de labranza es fácilmente visible" (Mitcham, 1989: 30)¹⁶.

Además, la obra de Kapp proyecta fuertemente el modo tecnológico de ver el mundo a una variedad de dominios tradicionalmente no tecnológicos. El intento de extrapolar el desarrollo y la efectividad de los procesos técnicos a otros ámbitos de la sociedad, ya sea a la organización política, social o económica, ha sido una de las constantes de los primeros pensadores que tomaron a la tecnología como objeto de reflexión. Este movimiento fue conocido con el nombre de tecnocracia y su influencia es claramente visible en todos los gobiernos actuales. Uno de sus primeros y principales defensores fue el ingeniero ruso **Peter Engelmeier** cuya principal aportación fue la comunicación presentada en el Cuarto Congreso Mundial de Filosofía celebrado en Bolonia, Italia, en 1911.

El otro tema destacado por los teóricos de la tecnología es el ya mencionado de la invención. El ingeniero **M. Eyth**, en su obra *Lebendige Kräfte-Sieben Vorträge aus dem Gebiet der Technik* de 1905, considera que la característica esencial de la creación técnica reside en la producción creadora de nuevas formaciones materiales. Parte de una amplia interpretación del proceso de invención que divide en tres partes: 1. La concepción de la idea, que se basa en una inspiración no aprehensible racionalmente. El inventor actúa aquí sin motivación externa. Está animado por el mismo impulso interno creador y el mismo placer de crear de los artistas; 2. El estadio siguiente consiste en la materialización, es decir, en la realización concreta de la idea. Para ello, se prepara un modelo experimental y se lo somete a examen a fin de saber si, en principio, es utilizable. En caso de que ello sea así, es necesario perfeccionarlo a través de modificaciones y, a veces, de nuevas invenciones, hasta lograr, en laborioso proceso, su plena capacidad de utilización; 3. La última fase consiste en la difusión y aplicación exitosa del invento en cuestión. Las ideas de Eyth fueron sistematizadas y ampliada en 1906 por el especialista en patentes e ingeniero electrónico A. Du Bois-Reymond en su libro *Erfindung und Erfinder* donde distingue entre la actividad y el resultado del inventar y separa claramente el acto de inventar, en tanto proceso psicológico, del contenido objetivo de la invención respectiva.

¹⁶ En 1897, Alfred Espinas, teórico social francés, insistió en la idea de la tecnología como proyección de los órganos de su obra *Les origines de la technologie*. Antes, en 1860, Ralph Waldo Emerson había escrito en *English Traits*, "El hombre es un inventor astuto, y siempre está imitando su propia estructura para fabricar nuevas máquinas, adaptando algún secreto de su anatomía en hierro, madera y cuero, con fin de realizar algún trabajo".

Acentuar la importancia del proceso de la invención fue tarea de varios autores posteriores como **Rodenacker** quien exige la formación de una propia *teoría de la creación* de la técnica en lugar de una teoría de la ciencia de la tecnología. Pero antes, este tema fue tratado por **Dessauer**, el filósofo de la tecnología más destacada antes e inmediatamente después de la segunda guerra mundial. Como los autores anteriores, Dessauer defendió el desarrollo y el proceso de creación tecnológico, esta vez con argumentos sumamente *poderosos*. Como observa Carl Mitcham, en Dessauer la tecnología se convierte en una experiencia religiosa, y la experiencia religiosa toma un significado tecnológico. El desarrollo tecnológico está legitimado porque es la participación en la creación... "la mayor experiencia terrenal de los mortales" (Mitcham, 1989: 47). Con su terminología kantiana sostiene que el hacer, particularmente en la forma de invención tecnológica, establece contacto preciso con las cosas-en-sí. La esencia de la tecnología no se encuentra en la industria manufacturera, ni en los productos, sino en el acto de la creación técnica. Un análisis del acto de la creación técnica revela que ésta tiene lugar en armonía con las leyes de la naturaleza a instancias de los propósitos humanos, pero que los propósitos humanos y naturales son sólo condición necesaria pero no suficiente para su existencia. La elaboración nos vincula con las cosas trascendentes, con los *noumenos*. Esto se confirma por dos hechos, la invención como artefacto, no es algo previamente dado en el mundo de la apariencia; y la misma, cuando hace su aparición fenoménica, funciona (Dessauer, 1954).

La corriente analítica se ha extendido más allá de los años setenta y en gran medida fue reforzada por la filosofía de la ciencia, cuya omisión de estudios específicos sobre la técnica tiene una relevancia sumamente significativa. Ello se ha debido a su división categórica entre cuestiones epistemológicas y cuestiones sociales, éticas y políticas, y a su distinción radical entre ciencia y técnica. Por un lado, centraron su estudio en las cuestiones metodológicas de la ciencia y en el análisis formal del lenguaje científico. Con ello interpretaron a la ciencia a partir de una concepción teorcionista y logicista en la que, de hecho, identificaban a la ciencia con sus productos teóricos, alejándola, por consiguiente, de todo compromiso político y social. Por otro, dieron lugar a una comprensión puramente instrumental de la técnica, donde ésta, concebida como instrumentos o acción funcional basada en el conocimiento teórico, era catalogada como neutral. En consecuencia, sostuvieron que los resultados de su utilización dependían de la voluntad de los usuarios, y en decisiones de importancia de los políticos. Dicha distinción tan rotunda entre ciencia y técnica y su valoración fue defendida posteriormente por

Mario Bunge, cuando titulaba una conferencia *La ciencia es inocente, pero la técnica puede ser culpable* (Bunge, 1988).

En 1958, en el importante ensayo mencionado, Simon Moser criticó las ideas metafísicas de Dessauer como filosóficamente ingenuas, al mismo tiempo que criticaba las interpretaciones metafísicas de Brinkmann, Heidegger y otros por la falta de rigurosidad en los aspectos técnicos de sus estudios. Se manifestó en favor de una estrecha colaboración entre ingenieros y filósofos donde los ingenieros respetarían el rigor filosófico y los filósofos prestarían mayor atención a la práctica ingenieril real.

Así comenzó el desarrollo en Alemania de una filosofía sistemática de la tecnología en colaboración con las Universidades Politécnicas y con el VDI. Los primeros intentos de sistematización que procuraron superar las teorizaciones aisladas fueron fuertemente influenciadas por los métodos utilizados por la filosofía analítica. Intentaron reconstruir de forma racional el procedimiento metodológico de los ingenieros y formalizaron atendiendo principalmente a los aspectos internos de dicho desarrollo y aplicación. Aunque también han tratado las consecuencias del desarrollo tecnológico su análisis se ha centrado fundamentalmente en la naturaleza propia de la tecnología: sus conceptos, sus procedimientos metodológicos, sus estructuras cognoscitivas y sus manifestaciones objetivas. Los principales autores que conformaron esta corriente fueron, además de Simon Moser, **Hans Lenk**, **Alois Huning**, **Günter Rophol**, **Hans Sachsse**, **Friedrich Rapp** y otros, que comenzaron a publicar en la década de los setenta estudios sistemáticos y monográficos sobre el tema. Dichos autores no dividen terminantemente entre ciencia (conocimiento) y técnica (aplicación) como los filósofos analíticos de la ciencia, sino que, aunque manteniendo la idea de que la ciencia es primordialmente la búsqueda de la verdad y que la tecnología trabaja en pos de fines más prácticos, no descuidan de ninguna manera y tienen perfecta conciencia de las relaciones recíprocas cada vez más estrechas entre desarrollo técnico y científico natural: la cientifización de la técnica va junto con la tecnificación de las ciencias naturales. De aquí que sus distinciones se basen en los aspectos metodológicos de los procedimientos de investigación y en las reglas rectoras de su desarrollo y aplicación (Lenk, 1975: 43). Así, por ejemplo, Rapp distingue entre el método proyectivo-programático de la técnica y el hipotético-deductivo de las ciencias naturales. El objetivo de dicho estudio sistemático de filosofía de la tecnología es encontrar una concepción teórica general, una teoría técnica de los sistemas en el caso de Ropohl o una concepción teórica general o

metafísica basada en cuestiones empíricas en el de Rapp. Como sostiene Lenk, este planteamiento conduce a enfoques *analítico-sistemáticos* en el más amplio sentido de la palabra, alejándose de entenderlos como sistemas históricos o como sistematizaciones histórico-científicas. También según Lenk, en los análisis metodológicos de los procedimientos técnicos la meta sigue siendo la universalización en el sentido de proyectos teóricos cada vez más amplios y de análisis metodológicos más generales. En definitiva se trata de desarrollar una *ciencia de la técnica*, realizando estudios teóricos con el fin de lograr generalizaciones metodológicas y comparaciones que guarden proximidad con el proyecto y el objeto y también los esbozos hipotéticos de principios metodológicos generales (Lenk, 1975: 177).

El libro de Friedrich Rapp *Filosofía de la técnica* es, posiblemente, el que mejor expone las intenciones de dichos autores y su proceder metodológico. Aunque, en cierto sentido, es más completo puesto que tiene en cuenta aspectos históricos y aportaciones de otras perspectivas —filosófico-culturales, crítico-sociales y teórico-sistemáticas— su enfoque es característicamente teorícista pues acentúa la dependencia teórica de la técnica. Una simple hojeada al índice del libro nos muestra su especial preocupación por las cuestiones conceptuales y metodológicas y sus afirmaciones como “no hay nada más práctico que una buena teoría” (Rapp, 1978: 43) sirven para justificar los análisis teóricos que centran la atención de esta corriente en disputas sobre distinciones metodológicas como, por ejemplo, entre investigación tecnológica básica y desarrollo constructivo y entre *teorías sustantivas* y *operativa* (que guían decisiones). Su concepción teorícista de la técnica queda todavía más explícita en el primer capítulo del libro: “La otra causa reside, paradójicamente, en la organización específicamente teórica del pensamiento occidental. Este estilo de pensamiento es el que, a través de la desmitologización del mundo, la racionalización de los procesos económicos y los métodos de la matemática y de las ciencias naturales, ha hecho posible la técnica que luego, desde Europa se difundiera por el mundo entero. Pero, al mismo tiempo, se ha mantenido con respecto al actuar práctico y activo la preeminencia tradicional de la reflexión teórica. Y así ha sucedido que la técnica, que surgiera a raíz de una comprensión teórica del mundo bien determinada, pareció ser, precisamente de acuerdo con esta misma concepción, un objeto del conocimiento de reducida dignidad e importancia” (Rapp, 1978: 8-9).

Friedrich Rapp ha abogado por el desarrollo de una filosofía de la técnica, pero, sin embargo, su defensa de la necesidad de tal disciplina no le ha llevado a criticar las

concepciones positivistas de la ciencia, ya que han mantenido la idea mistificada de que la ciencia es el estudio de las leyes naturales del mundo material y que las teorías científicas deben entenderse como representaciones de la naturaleza, de las estructuras del mundo. A la hora de hacer un análisis crítico del desarrollo tecnológico echa mano de la idea ya mencionada de Francis Bacon, para quien la función primaria y realmente intencionada de los procesos técnicos reside en el alivio de trabajo y en el aumento de rendimiento. Las restricciones reales al desarrollo técnico están constituidas, según Rapp, por la lógica y las leyes naturales que escapan básicamente a la influencia humana. El análisis teorícista le conduce a afirmar la neutralidad de la técnica: "Así, por ejemplo, una bomba atómica puede ser utilizada como arma bélica o para la construcción de un canal" (Rapp, 1978: 60). La neutralidad sólo puede ser puesta en duda en casos excepcionales como en el perfeccionamiento técnico de armas bélicas, en las que es imposible encontrarles una posible utilización pacífica. Pero, su argumentación a favor de la neutralidad no es en ningún momento contrastada con la realidad, olvidando, sin más, el desarrollo histórico de tecnologías como la nuclear.

Finalmente, Rapp y los analíticos en general, ven en la técnica el principal valedor de la democracia puesto que *la técnica moderna crea a su vez*, "la posibilidad de realizar ampliamente el ideal de la igualdad desde el punto de vista material" (Rapp, 1978: 88). El desarrollo de una concepción analítica de la tecnología desemboca, como en el caso de la concepción analítica de la ciencia, en la creación de una ideología legitimadora del desarrollo tecnológico contemporáneo.

3.2. LA CORRIENTE HUMANISTA

Junto con la concepción analítica, se desarrolló una corriente más crítica frente a la tecnología y que constituye un importante precedente para el *cambio de paradigma* en torno a la concepción de la ciencia, de la tecnología, y de sus relaciones con la sociedad, como se verá en el capítulo 4. Con una visión más amplia de la técnica, no ha reducido sus estudios a análisis internos y conceptuales ni ha aceptado definirla como mera aplicación de la ciencia. Entre los precedentes de esta corriente encontramos a dos filósofos profesionales: **Heidegger** y **Ortega y Gasset**, aunque para hacer justicia también deberíamos mencionar a **Husserl**. También hay que destacar especialmente la obra de **Lewis Mumford**, sin duda el investigador que más ha influido en la reflexión crítica sobre la tecnología, así como cabe señalar la extensa obra que **Jacques Ellul** dedica a la técnica y que constituye el primer intento por abordar de forma sistemática el análisis de la técnica desde un punto de vista crítico. En este sentido, su programa conjunto con **Hans Jonas** puede servir como muestra de los intentos por configurar una filosofía política de la tecnología opuesta a la analítica.

En *Die crisis der Europäischen Wissenschaften un die transzendente Phänomenlogies*, Husserl cuestiona la autonomía de la ciencia y exige la reformulación de sus fundamentos (Husserl, 1935). Para Husserl, debajo de las teorizaciones —por ejemplo, de las ideas platónicas o en la matematización galileana de la naturaleza—, existe una realidad. Esta realidad es el marco de la praxis mediante la que se intenta satisfacer intereses prácticos. Su perfeccionamiento conduce a desarrollos teóricos que ulteriormente nos llevan a idealizaciones. Los geómetras tratan con estas formas ideales, las definen y las utilizan para construir nuevas formas a partir de las ya determinadas. En este proceso, afirma Husserl, suelen desligarse de la praxis inicial: *la ciencia olvida su protofundación histórica*. Así, en su estudio detallado del caso de la geometría escribe: “La geometría de las idealidades fue precedida por la agrimensura práctica, que no sabía nada de idealidades. Pero semejante actividad pre-geométrica era el fundamento de sentido para la geometría, fundamento para el gran invento de la idealización que comprendía al mismo tiempo la invención del mundo ideal de la geometría y, correlativamente, de los métodos de la determinación objetivante de las idealidades mediante construcciones creadoras de una existencia matemática” (Husserl, 1935: 54).

Antes que Husserl comenzara a publicar en *Philosophia*, en 1935, parte del mencionado libro, Ortega y Gasset escribió *Meditación de la técnica* (Ortega y Gasset, 1939)¹⁷. Esta obra, que constituye un clásico de la filosofía de la técnica, es una reflexión breve pero aguda y sugerente. Demostrando una gran perspicacia comienza prediciendo la importancia de esta cuestión. “uno de los temas que en los próximos años se va a debatir con mayor brío es el del sentido, ventajas, daños y límites de la técnica” (Ortega y Gasset, 1939: 13).

Después de criticar los libros existentes sobre la técnica, Ortega fundamenta su ensayo mediante una serie de consideraciones antropológicas. Y es que gracias al estudio de la relación hombre-técnica podemos descubrir, según Ortega, la verdadera constitución del hombre. Para ello es necesario, en primer lugar, esclarecer qué es la técnica, y para emprender dicho estudio hay que seguir el rastro al concepto de *necesidades naturales*. “A diferencia de los animales, la vida de una persona no coincide, por lo menos totalmente, con el perfil de sus necesidades orgánicas” (Ortega y Gasset, 1939: 19). En este punto Ortega se distancia, y es importante destacarlo, de la noción de técnica como perfección o prolongación del organismo humano. La técnica es lo contrario de la adaptación del sujeto al medio, puesto que es la adaptación del medio al sujeto. El acto técnico, a diferencia del biológico, es creación, invención. La técnica sólo es posible, en consecuencia, cuando lo objetivamente necesario —lo biológico— está satisfecho y el hombre puede disponerse a vivir humanamente, es decir, satisfacer lo objetivamente superfluo. La necesidad fundamental del hombre no es el estar, sino el bienestar. El hombre es un proyecto que determina la forma de su bienestar, y según el proyecto o deseo de cada persona se desarrolla uno u otro tipo de técnica. **La técnica se crea para satisfacer la vida inventada, inventada como se inventa una novela o una obra de teatro, esa vida que trasciende la vida meramente natural de los animales.**

Ortega subraya que el desarrollo técnico que conduce a la realización de cada proyecto humano debe ser examinado críticamente: “la idea de progreso, funesta en todos los órdenes cuando se la empleó sin críticas, ha sido aquí también fatal” (Ortega y Gasset, 1939: 29-30). La técnica no puede ser estudiada independientemente de su contexto y bajo esta argumentación, Ortega cuestiona el desarrollo de la técnica occidental. El desarrollo de ésta ha trascendido a la técnica creada para realizar los proyectos humanos: sean estos los del bodhisatva, el

¹⁷ Publicado por primera vez en forma de libro en 1939. Se corresponde a un curso desarrollado en 1933 en la Universidad de Santander, cuyas lecciones aparecieron en artículos dominicales en *La Nación* de Buenos Aires.

hidalgo, el gentleman o cualquier otro. “El ilimitado potencial de la técnica occidental ha traumatizado la capacidad de desear pues ser técnico y sólo técnico es poder serlo todo y no ser absolutamente nada, y ha inhibido la capacidad del hombre de proyectarse, de desear ser algo, lo ha convertido en una mera forma hueca —como la lógica más formalista—; es incapaz de determinar el contenido de la vida” (Ortega y Gasset, 1939: 81).

Lo más notable de este corto ensayo, es que en él Ortega ha examinado, o al menos apuntado, toda una serie de cuestiones vitales en la filosofía de la tecnología contemporánea: el planteamiento crítico del significado del progreso en conexión con el desarrollo técnico, la importancia y necesidad de una historia de la técnica y el estudio de la relación entre técnica y ciencia. Respecto a este último punto, señala los errores de la concepción analítica, “Importa mucho subrayar este hecho de primer orden: que la maravilla máxima de la mente humana, la ciencia física, nace de la técnica. Galileo joven no está en la universidad, sino en los arsenales de Venecia, entre grúas y cabrestantes. Allí se forma su mente” (Ortega y Gasset, 1939: 90). De esta forma resalta la importancia de la técnica con respecto a la ciencia y, de paso, desmitifica la imagen tradicional de Galileo. Junto con Ortega y Gasset debemos hacer mención de García Bacca, que ha sido uno de los pocos autores dentro del panorama filosófico español que ha tratado con detenimiento el tema de la técnica (García Bacca, 1968).

A diferencia de Ortega, Heidegger abordó el conocimiento técnico no en términos antropológicos, sino como un tipo de verdad en el sentido de un desocultar o desvelamiento, introduciendo así, la noción de epistemología. Heidegger planteó el problema de la técnica desde una perspectiva ontológica fundamental, afirmando la prioridad ontológica de la técnica sobre la ciencia. En *La pregunta por el ser* (1954) escribe: “Se dice que en la técnica moderna es incomparablemente diferente a todas las anteriores porque reposa sobre la moderna ciencia exacta de la naturaleza. Entretanto se ha reconocido con más claridad que también vale la inversa: la física moderna, en cuanto experimental, está referida a los aparatos técnicos y al progreso de la construcción de aparatos. La comprobación de esta relación recíproca entre técnica y física es correcta. Pero es una comprobación de hechos meramente historizante, y no dice nada de aquello en que se funda esta relación recíproca. La pregunta sigue siendo, pues: ¿cuál es la esencia de la técnica moderna para que pueda dar en el empleo de la ciencia exacta de la naturaleza? (Heidegger, 1954: 13).

Y luego se contesta: “Para la cronología de la ciencia histórica, el comienzo de la ciencia moderna de la naturaleza se encuentra en el siglo XVII. En cambio, la técnica de los motores sólo se desarrolla en la segunda mitad del siglo XVIII. Sólo que lo más tardío para la comprobación histórica, la técnica moderna, es lo históricamente más temprano respecto de la esencia que impera en ella” (Heidegger, 1954: 19).

Su argumento es sumamente complejo y en Estados Unidos ha dado lugar a una amplia tradición de filosofía de la tecnología desde una perspectiva fenomenológica. Pero su complejidad no se debe exclusivamente a su estilo personal de tratar los temas, sino también a la falta de rigurosidad histórica. Aunque distingue entre técnica antigua y moderna, por lo que es acusado de romántico, la falta de una clarificación histórica más exhaustiva y detallada no le permite dar más luz sobre este asunto. Don Ihde, uno de los más destacados fenomenólogos, realizó un estudio de la técnica defendiendo la afirmación de Heidegger acerca de la prioridad ontológica de la técnica sobre la ciencia apoyándose en los estudios históricos de White Lynn Jr. (Ihde, 1966).

El pujante desarrollo de la Historia de la Tecnología, plasmada en investigaciones como la realizada por White Lynn Jr. o la influyente historia de T. K. Derry y Trevor I. Williams (1960), fue fundamental para esclarecer y modificar muchas cuestiones de filosofía de la tecnología como por ejemplo la relación entre ciencia y técnica, donde desde una perspectiva crítica, se intenta demostrar que la separación tradicional tanto metodológica como institucional entre producción de conocimientos y su aplicación es una distinción insostenible de acuerdo al verdadero desarrollo histórico. Sería injusto no hacerle un hueco a **Siegfried Giedion** y su monumental obra de más de 700 páginas: *La mecanización toma el mando* (Giedion, 1948). Este libro se convirtió en uno de los grandes clásicos en la bibliografía de los estudios de cultura tecnológica. En esta obra, Giedion combina las ambiciones de un generalista con el estudio pormenorizado de casos concretos. El plan de la obra es un recorrido cronológico desde el siglo XVII para tratar con mucho detalle la sustitución de capacidades artesanales y técnicas simples por automatismos. Además del desarrollo de ámbitos de acción técnica, persigue el impacto en la vida cotidiana. Aunque no es un estudio de las mentalidades, sí que registra cómo la idea de mecanización va ganando terreno, no sólo en la fabricación de objetos y en las actividades domésticas —los capítulos sobre la mecanización del baño y de la cocina son joyas de la historia de la técnica—, sino también en la

percepción de las soluciones, en la idea de confort y comodidad, e incluso en el arte.

Junto con el desarrollo de la fenomenología, en esta corriente humanista, es necesario hacer mención del marxismo. Los autores marxistas han evitado, en general, utilizar el nombre de filosofía de la tecnología y han rehusado estudiar a la tecnología en sí misma, defendiendo que el análisis crítico debe centrarse en el sistema social y económico en el cual está incluida. Afirmaron, en general, la determinación social de la tecnología y creyeron, en su mayoría, que la expansión tecnológica es completamente buena en sí misma. Posiblemente por dicha razón, Carl Mitcham, aunque destacando la originalidad de su pensamiento¹⁸, los sitúa dentro de la corriente más pro-tecnología. Don Ihde, por el contrario, ha insistido en la importancia de la tradición dialéctica en su forma marxista para configurar junto con el existencialismo y la fenomenología una visión materialista y crítica que, subrayando el primado de la praxis, se ha convertido en una alternativa a la filosofía analítica predominante. Así Habermas apoya a Husserl cuando este se refiere al olvido de la ciencia de su *protofundación histórica*: "Correctamente critica Husserl la ilusión objetivista, que proyecta en las ciencias la imagen de un en-sí de hechos estructurados conforme a leyes, encubre la constitución de estos hechos y no permite, por tanto, que se tome conciencia de la imbricación del conocimiento con los intereses del mundo de la vida" (Habermas, 1968: 165).

El marxismo deriva su desarrollo conceptual a partir de la praxis, y la importancia concedida a ésta en su seno unida a su talante crítico lo aproximan a la corriente crítica de la filosofía de la tecnología. Pero este acercamiento se ve relativizado por la orientación *cientificista del marxismo*. Su crítica al desarrollo científico-tecnológico en sí se ve obstaculizada por su objetivo de sentar las bases del socialismo científico y por buscar su legitimación en la ciencia. Los historiadores de la filosofía de la tecnología se encuentran ante una misma corriente filosófica dividida en su valoración de la tecnología. Como destaca Carl Mitcham, el autor más crítico en este sentido ha sido Marcuse, cuya crítica a la tecnología y al uso politizado de la misma, como señala Alfred Schmidt, coincide en parte con la de Heidegger.

Uno de los críticos más sobresalientes e influyentes del desarrollo técnico es, como ya hemos mencionado, Lewis Mumford. En 1934 publicó *Técnica y civilización*, uno

¹⁸ Para Carl Mitcham, el marxismo constituye la única corriente que desafía a su clasificación. Lo resuelve escribiendo un apéndice y clasificando a los autores marxistas de forma individual.

de los trabajos pioneros en la historia de la técnica y todavía un clásico (Mumford, 1934). Sus investigaciones posteriores desembocaron en *El Mito de la Máquina*, publicado en dos volúmenes: *Técnica y Desarrollo Humano* y *El Pentágono del Poder* (Mumford, 1967 y 1970).

Como Ortega y Gasset, Lewis Mumford subraya las principales cuestiones que trata la filosofía de la tecnología, pero las investiga mucho más exhaustivamente. Inicia *El Mito de la Máquina* con unas consideraciones antropológicas, no para desvelar la constitución del hombre, sino para examinar críticamente la *fábula antropológica* que concibe al hombre únicamente como *homo faber*. Mumford ataca el hábito de restringir el término invención a los artefactos mecánicos¹⁹, pues dicho hábito ha dado lugar al mito de la máquina: creer que las innovaciones tecnológicas han sido la principal causa del desarrollo humano y que cada nueva invención comporta una mejora humana. Pero si bien generalmente se cree, como lo han sostenido numerosos autores, que la máquina y los instrumentos son una proyección de los órganos humanos, para Mumford sólo son su limitación. En realidad, y Mumford lo afirma insistentemente, **los ritos, el lenguaje, y la organización social, — técnicas que no dejaron huellas materiales—, han sido con toda probabilidad las más importantes invenciones del hombre**, y abre la senda para tener una visión más amplia de la tecnología. Mumford cree, de forma similar a Ortega, que todos los logros técnicos humanos son más para utilizar sus propios ingentes recursos orgánicos con el fin de satisfacer sus demandas y aspiraciones super-orgánicas, que para incrementar el abastecimiento de alimentos o controlar la naturaleza.

Para Lewis Mumford, desde la época neolítica en el Cercano Oriente han existido dos tecnologías paralelas: una autoritaria y otra democrática; la primera centrada en un sistema, inmensamente poderosa pero inherentemente inestable, y la otra centrada en el hombre, relativamente débil pero duradera y pletórica de recursos. En la moderna se ha impuesto la tecnología autoritaria que favorece el desarrollo de una técnica centrada en el poder: “No podemos engañarnos por más tiempo. En el mismo momento en que las naciones occidentales derrocaron el antiguo régimen del gobierno absoluto, [...], estaban restaurando ese mismo sistema de una forma mucho más efectiva en su tecnología, restableciendo coerciones de carácter militar no menos estrictas en la organización de una fábrica que en la del nuevo ejército adiestrado, uniformado y reglamentado” (Mumford, 1963: 7-8).

¹⁹ Podemos poner como ejemplo significativo el caso de la informática, cuya historia suele centrarse casi exclusivamente en el hardware, es decir, en la evolución de los componentes físicos del ordenador.

Al mismo tiempo, se elimina y destruye la complejidad orgánica. En nombre del orden y la claridad se deja de lado la función más característica de todos los organismos: la capacidad de registrar y acumular experiencia y de reinterpretar continuamente las actividades presentes en relación con los acontecimientos tanto recordados como previstos o imaginados. Tal reducción llega al límite de despreciar la importancia de la totalidad de la experiencia humana a favor de la uniformidad, olvidando que de la inmensa realidad "sólo una parte infinitesimal puede ser reducida a un orden matemático. La forma, el color, el olor, las sensaciones táctiles, las emociones, los deseos, los sentimientos, las imágenes, los sueños, las palabras, las abstracciones simbólicas, la plenitud de la vida fue incluso el más simple de los seres exhibe en algún grado no pueden ser resueltos en una ecuación matemática ni convertirse en una metáfora geométrica sin eliminar una parte relevante de la experiencia" (Mumford, 1970: 54)²⁰.

Respecto al tema de la neutralidad, Mumford cree que la mejor forma de plantearlo es examinando el desarrollo científico y técnico desde una perspectiva histórica. En este estudio observa como los orígenes de la ciencia moderna no están relacionados en absoluto con el ideal del conocimiento manifestado por los científicos, sino que más bien están estimulados por intereses económicos y políticos que subvencionan dichas actividades con fines inconfesables. Por ello, "la creencia de que la ciencia se desarrolló únicamente a partir de una búsqueda del conocimiento por él mismo no es, en el mejor de los casos, más que una verdad a medias, y en el peor, una pura adulación o engaño de los sabios a sí mismos. Como en el caso de la santidad de los santos, la cual ha dotado de una autoridad injustificada a las más groseras pretensiones profanas de la iglesia cristiana, la ideología científica tuvo como efecto global el proporcionar al mismo tiempo los medios y la justificación para ejercer el control sobre todas las manifestaciones de la existencia natural, incluida la propia vida del hombre" (Mumford, 1970: 106).

El estudio de Lewis Mumford, basado en argumentos y datos históricos precisos, no sólo pone en entredicho la objetividad, la neutralidad, la pureza de los objetivos y la pretendida base racional de la ciencia, sino que saca a la luz las relaciones de ésta con el poder, la religión, lo militar, lo ideológico y los intereses personales. Además, contribuye notablemente a esclarecer la compleja relación entre ciencia y técnica poniendo de manifiesto, por ejemplo, cómo la ciencia moderna ha sido

²⁰ Más adelante escribe: "toda criatura viva conoce algo sobre la vida que ni siquiera el más brillante biólogo puede descubrir más que viviendo" (Mumford, 1979: 91).

posible gracias a un conglomerado de innovaciones técnicas ocurridas en la Edad Media.

Si dentro de la corriente analítica se identifica la idea de progreso con la del desarrollo tecnológico y se argumenta, como lo hace Rapp, citando a Bacon, que la técnica debe estimularse para aliviar la condición del hombre, Mumford examina más críticamente el pensamiento de Bacon: “gran parte de las invenciones y descubrimientos profetizados por Bacon, como se ve hoy, no iban tanto a aliviar la pobreza ni satisfacer las necesidades fundamentales, como a abrir un vasto dominio de superfluidades y lujos” (Mumford, 1970: 112). Mumford acepta que la tecnología del siglo XX ha aumentado los recursos del mundo, pero se detiene a analizar el beneficio real y afirma que los beneficios netos están lejos de ser tan grandes como generalmente se ha estimado. El “mundo tecnológico” conduce a un constante despilfarro y al deterioro orgánico producido por la contaminación del medio ambiente, así como a la muerte prematura producida por las guerras y el genocidio. En realidad uno de los grandes problemas es, en resumen, que se ha abatido una politécnica flexible y viable para dar lugar a una mono-tecnología arrogante y prepotente al servicio de la minoría en el poder.

Jacques Ellul fue el primer autor de esta corriente en intentar desarrollar un análisis sistemático de la técnica, y lo realizó desde una perspectiva sociológica. Según sus propias palabras, su trabajo “intentaba ser, con pocas excepciones, parte del análisis detallado de esta sociedad técnica. Por ejemplo, *El siglo XX y la técnica* (1954) estudia esta sociedad de forma global, *Propaganda* (1962) examina los medios técnicos que sirven para modificar la opinión y transformar a los individuos; *L'illusion politique* (1965) es el estudio de en qué se convierte la política en una sociedad técnica; *Metamorphose du bourgeois* (1967) examina las clases sociales en una sociedad técnica. Mis dos libros sobre la revolución tratan sobre el tipo de revolución posible en una sociedad técnica [...] y, finalmente, *L'empire du non-sense* (1980) es el estudio de la conversión del arte debido al ambiente técnico” (Mitcham, 1989: 78)²¹.

Su tesis de una *ética del no-poder* está estrechamente relacionada con la tesis de Hans Jonas sobre la heurística negativa que también propugna una delimitación voluntaria del poder técnico, aunque fundándose más en bases deontológicas que

²¹ Se corresponde a una entrevista realizada a J. Ellul por Madeleine Garrigou-Lagrange y publicada en *A temps et à contretemps*, París, Le Centurion, 1981, pp. 155-156.

teológicas²². Ambos pensadores delinearon un programa para el debate ético sobre la tecnología que dio lugar a un gran desarrollo de esta disciplina, especialmente en el ámbito de la bioética. Éste es el primer intento de estudio sistemático de la corriente constituida por autores que no se han limitado al análisis internalista de la técnica, sino que, yendo más allá de la dicotomía entre cuestiones epistemológicas y cuestiones sociales, éticas y políticas, han realizado un análisis integral del desarrollo técnico estudiando de forma conjunta sus aspectos metodológicos, históricos, políticos, sociales, económicos y culturales. Para evitar una comprensión estrictamente instrumental/funcional de la técnica, dicho estudio requiere una interpretación de las maneras tanto obvias como ocultas en que la vida diaria se transforma por el rol mediador de los elementos técnicos. Da por supuesto, además, que todo cambio técnico significativo no queda reducido a la fabricación y utilización de instrumentos y procesos físicos, sino que también afecta a la producción de condiciones psicológicas, sociales y políticas. En definitiva, la tecnología supone, desde el comienzo, una forma de acción que afirma y niega varios posibles valores; no es posible como una neutralidad pura: es una elección de unas posibles formas de ser en el mundo. Esta amplia concepción de la técnica, junto con los estudios históricos realizados y el replanteamiento de la relación ciencia-técnica-sociedad-valores han sido la principal aportación de estos autores a la corriente crítica de filosofía de la tecnología y, como ya se ha dicho, han sido importantes precursores de muchos de los autores que tienen su sitio en el próximo capítulo.

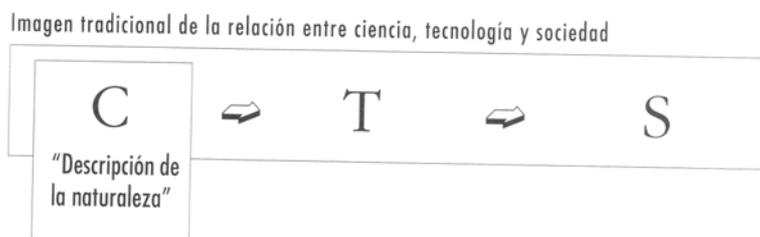
²² Para Hans Jonas el nuevo imperativo de responsabilidad debe basarse en un nuevo tipo de humildad. Esta humildad no se debe a la pequeñez o insignificancia de nuestro poder, sino a la excesiva magnitud de él: nuestro poder para actuar sobre nuestro poder para prever, evaluar y juzgar. De aquí su propuesta de una heurística del miedo: considerar siempre las peores consecuencias antes de emprender cualquier proyecto tecnológico. Para Ellul la ética del no poder es "que los seres humanos acepten no hacer todo lo que son capaces. Esto hace necesario examinar la técnica desde dentro y reconocer la imposibilidad de vivir con ella, en realidad, sólo de vivir, si no se práctica una ética del no-poder. [...] Debemos buscar sistemática y voluntariamente el no-poder que, bien entendido no significa aceptar la impotencia..., el destino, la pasividad, etc" (Mitcham, 1989).

4

LA NUEVA CONCEPCIÓN DE LA CIENCIA Y DE SUS RELACIONES CON LA TECNOLOGÍA, LA SOCIEDAD Y LOS VALORES

4.1. LAS DEFICIENCIAS DE LA CONCEPCIÓN TRADICIONAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Tal como se desprende del trayecto de la filosofía de la ciencia expuesto en el capítulo 2 y de la visión aportada por la filosofía analítica de la tecnología desarrollada en el capítulo 3, la imagen predominante de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, y la más divulgada en la educación y los medios de comunicación, es la que sitúa como punto de partida la voluntad de saber y la adquisición de conocimiento básico sobre la naturaleza, que se identifica con la **ciencia**. Este conocimiento se aplica después en la construcción de **tecnologías** que, más tarde, son utilizadas por la **sociedad**. En esta visión heredada, los **valores** quedan reducidos al ámbito de la sociedad donde apenas pueden dirimir sobre el buen o mal uso de una tecnología neutral basada en una ciencia objetiva. En el siguiente esquema se presenta la imagen tradicional de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (Álvarez, Martínez y Méndez, 1993: 29):



Esta imagen tradicional de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad está asociada a unos prejuicios muy arraigados que están interconectados y que se apoyan mutuamente. Una enumeración exhaustiva de los prejuicios existentes debería contar con los siguientes ítems:

Prejuicios epistemológicos

- Primacía y anterioridad de lo teórico respecto a lo práctico y social.
- Disociación de acción técnica y práctica social.
- Carácter descriptivo-realista de las teorías. Teorías científicas como conocimiento directo y descripción de las *leyes de la naturaleza*.
- Que el objeto de la ciencia, *la naturaleza*, implica *objetividad*.

- Que hay un *método* que orienta la adquisición del conocimiento y que la realidad acaece según una legalidad.
- Los instrumentos de observación y medida son considerados como elementos neutros, *transparentes*, respecto a los *hechos naturales* que ponen de manifiesto.

Prejuicios históricos

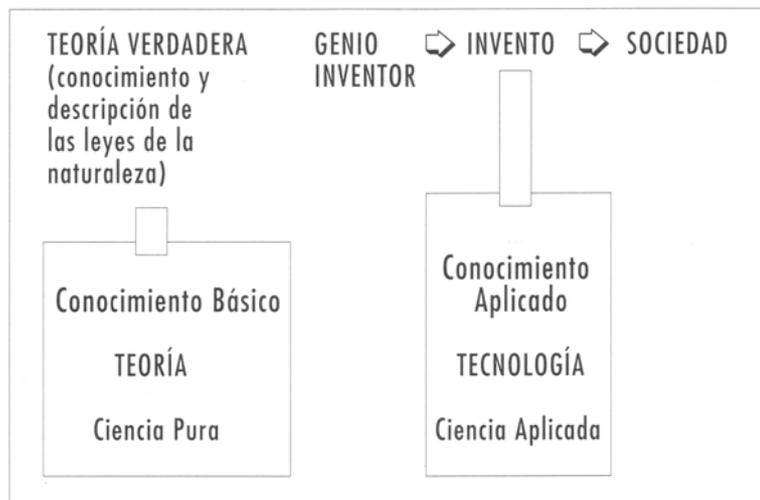
- La Historia es interpretada como progreso de la Verdad. La Historia de la ciencia como acumulación del conocimiento mediante la sustitución de teorías parciales o incompletas por otras más comprehensivas o globales.
- Que todo desarrollo tecnológico es precedido por un conocimiento teórico.
- El cambio tecnológico es producto de inventores que conciben las innovaciones al completo y con todas sus aplicaciones en la sociedad.
- Que funciona una *causa futura*.
- La Historia de la Tecnología se puede expresar en generaciones de materiales o de energías.

Prejuicios evaluativos

- La ciencia, considerada como objetiva, tiene un valor por sí que la hace neutral.
- La tecnología, considerada como ciencia aplicada, tiene carácter neutral y depende del buen o mal uso que se haga.
- La innovación tecnológica se produce en un ámbito cerrado, dominio de expertos, en el cual la sociedad no desempeña ningún papel y, por ello, la sociedad no es competente para evaluar.

Si rastreamos en la historia el origen de esta concepción podemos comprender el por qué de su profundo arraigo: no es suficiente con acudir a los teóricos de la revolución científica del siglo XVII, es necesario retrotraernos hasta los orígenes de la cultura occidental, en Grecia, pues la imagen tradicional de la ciencia es heredera del antimanujismo platónico. Y lo es en la medida en que pone como condición de toda innovación el disponer de una teoría verdadera. Sobre todo, se rige por la diferenciación jerárquica entre conocimiento teórico (ideal de conocimiento) y saber operativo (prejujado como habilidades y conocimientos precientíficos). Dicho con otras palabras, en primer lugar estaría la **ciencia pura**, identificada con la adquisición de conocimientos, la búsqueda de la verdad y la explicación de la naturaleza, que sería equivalente a la **investigación básica**; y en segundo lugar, cronológico y jerárquico, la **técnica**, identificada con la aplicación de resultados

teóricos, que sería la **ciencia aplicada**. Y, como correlato del carácter autónomo de la actividad teórica, también se sitúa a la acción técnica en una esfera independiente de la práctica social y de las formas de vida. Además, esta visión de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, va acompañada por una antropología de la innovación que consiste en reconocer genios inventores, de cuya actividad intelectual resultarían los inventos y descubrimientos. Todo ello se puede resumir en este modelo (Álvarez, Martínez y Méndez, 1993: 33):



Pero este modelo tiene muchos inconvenientes y no refleja la complejidad de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y valores. Y no lo refleja ni como descripción histórica, ni como explicación de la emergencia de nuevas tecnologías. Tampoco es sostenible el nudo epistemológico en que se asienta: la idea de que las teorías describen las leyes de la naturaleza y que **hay hechos puros, objetivos e inmediatamente evidentes**. Es decir, la idea de que hay unos enunciados observacionales que describen y se corresponden con hechos individuales y naturales que son inferidos de los enunciados universales de las teorías. Este último punto sufrió una crítica contundente, pero insuficiente, como se explicó en el capítulo 2, y también como se verá más adelante, en el apartado 4.3., por parte de la nueva filosofía de la ciencia de T. S. Kuhn. Dejando éste sentado que no hay una evidencia natural, un posible reconocimiento universal de los hechos naturales, sino que **los hechos son hechos para teorías** y que el reconocimiento de los hechos relevantes científicamente y de los experimentos cruciales dependen del *paradigma* en el que se desarrolla la actividad científica.

Pero, sobre todo, el gran problema de este modelo es que no permite presentar con claridad los problemas derivados de la innovación, crecimiento y competencia de tecnologías; a lo que hay que añadir, además, que lo limitado del modelo que privilegia el itinerario teoría – práctica – sociedad, no es más que una legitimación del estado de cosas y por ello, lo hace inutilizable para el propósito de una valoración y evaluación de la tecnología.

La crítica a estas deficiencias, que se pronunciaron originalmente en la década del 70, ha dado lugar a dos grandes tradiciones o dos nuevos enfoques en relación a ciencia, tecnología y sociedad. Se trata de las dos lecturas más frecuentes del acrónimo inglés «STS», bien como *Science, Technology and Society* (de origen norteamericano), bien como *Science and Technology Studies* (de origen europeo) (González García, López Cerezo y Luján, 1996). La tradición norteamericana (**Ciencia, tecnología y sociedad**), que se analizará en el siguiente apartado, se ha centrado principalmente en las consecuencias sociales y ambientales del desarrollo tecnológico, obviando, en general, los antecedentes sociales y los valores implicados en tales desarrollos. Se trata de una tradición mucho más relacionada con los movimientos de protesta social que tuvieron lugar durante los años 60 y 70. La tradición europea (**Estudios de ciencia y tecnología**), que se tratará en el apartado 4.3., se origina en el llamado *programa fuerte* de la sociología del conocimiento científico, llevado a cabo en la década de los 70 por autores de la Universidad de Edimburgo como Barry Barnes, David Bloor o Steven Shapin. Esta tradición, que tiene como fuentes principales la sociología clásica del conocimiento y una interpretación radical de la obra de Thomas Kuhn, se ha centrado tradicionalmente en el estudio de la construcción y deconstrucción del conocimiento científico y de los artefactos técnicos. Es, por tanto, una tradición de investigación académica más que educativa o divulgativa. (López Cerezo, 1998).

Como conclusión de esta presentación, y antes de describir en profundidad los desarrollos de CTS mencionados, se puede decir que el cambio académico de la imagen de la ciencia y la tecnología es un proceso que comienza en los años 70 y que lleva 40 años de intenso desarrollo, como se puede percibir en el currículum de **Ciencias para el mundo contemporáneo**. Sin embargo, la cultura occidental estándar todavía no ha sustituido a la visión tradicional que sigue vigente, aunque poco a poco vaya perdiendo credibilidad. La clave de los estudios CTS se encuentra en presentar la ciencia-tecnología no como un proceso o actividad autónoma que sigue una lógica interna de desarrollo en su funcionamiento óptimo, sino como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no técnicos (valores

morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, tendencias políticas, etc.) desempeñan un papel si no decisivo, al menos relevante, en su génesis y consolidación. La complejidad de los problemas abordados y su flexibilidad interpretativa desde distintos marcos teóricos, exigen un tratamiento radicalmente nuevo que tenga en cuenta la presencia de esos elementos no técnicos. En otras palabras, el cambio científico-tecnológico no es visto como resultado de algo tan simple como una fuerza endógena, un método universal que garantice la objetividad de la ciencia y su acercamiento a la verdad, sino que constituye una compleja actividad humana, sin duda con un tremendo poder explicativo e instrumental, pero que tiene lugar en contextos sociopolíticos dados. **En este sentido, el desarrollo científico-tecnológico no puede decirse que responda simplemente a cómo sea el mundo externo y el mundo de las necesidades sociales, pues esos mundos son en buena parte creados o interpretados mediante ese mismo desarrollo: al mismo tiempo que la ciencia y la tecnología configuran la sociedad y sus valores, estos configuran el desarrollo tecnocientífico** (Barnes, 1985; Latour, 1987; López Cerezo, 1998).

4.2. STS: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Después de la segunda guerra mundial, cuestiones como la contaminación, la posibilidad de agotar los recursos naturales, el miedo por el crecimiento demográfico, y los riesgos y peligros de determinadas tecnologías, pusieron fin al optimismo tecnológico indiscriminado. En Estados Unidos estos temores se manifestaron inicialmente tanto a través de asociaciones de científicos comprometidos (Science for people), como de movimientos ambientalistas políticamente activos que participaban en la desobediencia civil tipificada por la Earth Week (Semana de la tierra) de 1970. El senador Vance Hartke resumió así el estado de la cuestión: “una tecnología desbocada, cuya única ley es el beneficio, ha envenenado nuestro aire, destrozado nuestra tierra, desmantelado nuestros bosques y corrompido nuestros recursos de agua durante años” (Cutcliffe, 1990: 21).

Estos movimientos junto a potentes organizaciones de protesta contra la energía nuclear —con importantes triunfos en sus reivindicaciones—, y las protestas surgidas a raíz del libro de Rachel Carson (1962), *Silent Spring* (Primavera silenciosa), pionero en dar la alarma acerca de los riesgos asociados a los pesticidas e insecticidas químicos como el DDT, crearon un estado de opinión que empezaba a poner en tela de juicio tanto el hasta ese momento incuestionable imperativo tecnológico, como la legitimación de una forma de bienestar y un estilo de vida que genera despilfarro e ingentes cantidades de residuos. En esta línea fueron publicadas las obras de los influyentes Galbraith (1967), Mumford (1967 y 1970), Toffler (1970) y muchos otros.

La identificación del desarrollo científico y tecnológico con la prosperidad económica para la clase trabajadora norteamericana, sostenida desde hacia veinte años, llegó a su fin y comenzó a considerarse la necesidad de hacer frente a los impactos negativos de la ciencia y la tecnología. Paralelamente, el incipiente movimiento ecologista y determinadas organizaciones en defensa de los derechos civiles, así como las discusiones en torno a los efectos de las nuevas tecnologías en el ámbito del empleo, hicieron que algunos gobiernos y parlamentos empezaran a considerar seriamente la posibilidad de constituir organismos capaces de anticipar y atenuar los posibles impactos negativos de ciertos tipos de innovaciones tecnológicas.

Aparecen, como consecuencia de ello, las primeras agencias gubernamentales de Evaluación de Tecnologías en Estados Unidos, unas iniciativas pioneras del nuevo modelo político de gestión, como la *Environmental Protection Agency* (Agencia de Protección Ambiental-1969) y de la *Office of Technology Assessment* (Oficina de Evaluación de Tecnologías-1972), al tiempo que los parlamentos toman conciencia de la necesidad de regular y dirigir, de alguna forma, los caminos trazados por el desarrollo científico-técnico, con objeto de maximizar sus beneficios sociales y minimizar los riesgos. A este fin se aprueban la *Clean Air Act* (1970), la *Clean Water Act* (1972), y *Occupational Safety and Health Administration* (1970). Son todas muestras muy representativas de esta nueva manera de analizar y evaluar el desarrollo tecnocientífico. Durante este período también se produjeron cambios similares en los enfoques de varias disciplinas académicas. La historia de la ciencia y de la tecnología, la filosofía de la ciencia, y los comienzos, al menos en Estados Unidos, de la filosofía de la tecnología y la sociología de la ciencia y de la tecnología, reflejaban el desplazamiento de la orientación internalista hacia posiciones más externalistas y sociológicas. Este desplazamiento era una expresión de las mismas fuerzas intelectuales y sociales que dieron lugar al campo de estudios interdisciplinar *Ciencia, tecnología y sociedad*. En definitiva, se comenzaron a consolidar las dudas acerca de lo positivo de la ciencia y la tecnología, es decir, a cuestionar si producían realmente los beneficios que la sociedad creía. **Si bien la ciencia y la tecnología proporcionan numerosos y positivos beneficios, también traen consigo ciertos impactos negativos, de los cuales algunos son imprevisibles, pero todos ellos reflejan tanto los valores, como las perspectivas y visiones de quienes están en condiciones de tomar decisiones concernientes al conocimientos científico y tecnológico** (Cutcliffe, 1990).

Al mismo tiempo, es necesario vincular el origen de los estudios de *Ciencia, tecnología y sociedad*, a una serie de circunstancias sociales y macroeconómicas alrededor de los sistemas de ciencia y tecnología que comenzaron a hacerse patentes como objeto de discusión y reflexión sistemática en esa época. En primer lugar, la ciencia experimenta tras la Segunda Guerra Mundial un crecimiento sin precedentes en la historia, tanto en el número de profesionales reclutados como en el volumen de ayuda económica dedicada por los estados a sus instituciones. Durante los años sesenta, el crecimiento exponencial de la ciencia se convierte en un tema de debate en distintos ámbitos sociales y, por primera vez, aparecen estudios rigurosos sobre la dinámica del crecimiento científico y sus posibles consecuencias futuras (Jasanoff, Markle, Petersen y Pinch, 1995).

Por otro lado, durante la década de los sesenta la innovación tecnológica comienza a cobrar mayor relevancia como factor positivo en el desarrollo económico de las naciones. Los economistas empiezan a considerar la posibilidad de revisar el estatus pasivo y secundario que la teoría económica asigna a la tecnología. Consecuencia de ello serán, años más tarde, los primeros trabajos especializados en el estudio sistemático de la innovación como factor endógeno del crecimiento económico. La expansión de la ciencia y el aumento del protagonismo económico de la I+D (investigación y desarrollo) traen consigo una creciente preocupación por encontrar mecanismos adecuados para planificar el apoyo público en dichos ámbitos. Cada vez se hace más patente la necesidad de establecer una base sólida para el diseño de políticas científicas y tecnológicas con objeto de rentabilizar al máximo la inversión pública en dichos ámbitos (Knorr-Cetina y Mulkay, 1983).

La mejor presentación de la corriente CTS que tiene su origen y su desarrollo en Estados Unidos la expone Langdon Winner, en su libro *La ballena y el reactor*, al plantear la pregunta que se encuentra en la base de los estudios de *Ciencia, tecnología y sociedad*, y que no varía mucho del que ya planteaban en la Grecia clásica: [...] **así como Platón y Aristóteles se preguntaban ¿cuál es la mejor forma de sociedad política?; una era de alta tecnología debería preguntarse: ¿qué formas de tecnología son compatibles con la clase de sociedad que queremos construir?** (Winner, 1987: 70).

4.3. STS: LOS ESTUDIOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Los estudios CTS constituyen el primer esfuerzo serio y sistemático por establecer una base sólida y suficientemente amplia para el análisis de la ciencia y la tecnología como fenómenos clave de la sociedad contemporánea, poniendo especial énfasis en su interacción con los distintos aspectos del ámbito social, económico, político y cultural. Una tarea de tal magnitud ha requerido, desde el principio, la ruptura de las barreras disciplinares tradicionales en el mundo académico, ruptura que se desencadenó a partir de la crítica realizada por Snow, cuando denunció la progresiva división entre las dos culturas —científica y humanística (Snow, 1959 y 1964).

Para conocer este trayecto de estudios de la ciencia y la tecnología es necesario mencionar a sus más inmediatos antecesores en el campo de la sociología de la ciencia. Se expondrá primero el trabajo de Robert Merton, la figura más destacada de la llamada sociología de la ciencia, y cuyos trabajos pioneros en este campo se remontan a la década de los 30, y luego al omnipresente a lo largo de esta tesis Thomas Kuhn. Después se explicaran los cinco principales programas que componen los Estudios de Ciencia y Tecnología: el Programa Fuerte dirigido por David Bloor y Barry Barnes; el programa empírico del relativismo (EPOR) dirigido por Harry Collins y Trevor Pinch; el enfoque de sistemas de Thomas Hughes; el enfoque constructivista social (SCOT) de Wiebe Bijker; y el enfoque actor-red de Bruno Latour.

4.3.1. LA SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA: ROBERT MERTON

El trabajo de Merton surge como un intento explícito de proporcionar un tratamiento sociológico detallado de la ciencia y se construye a partir de una concepción social de ésta, en tanto que **estructura** o **institución**. A partir de este axioma, sus análisis se han centrado preferentemente en la forma en que la ciencia, como institución social en rápido crecimiento, se autoorganiza y autorregula. Por ello, los objetos de estudio prioritarios son las relaciones entre los productores de conocimiento -los científicos-, sus roles sociales, la naturaleza del sistema de remuneraciones, la estratificación social de la ciencia, la competitividad y, especialmente, el sistema de normas según el cual se guían las acciones de los científicos -lo que Merton denominó el **ethos** de la ciencia.

Según Merton el complejo de valores y normas que determinan las acciones de los científicos en la ciencia moderna, puede resumirse en cuatro principios básicos:

- a) **Universalismo**. Cualquier afirmación de un científico debe someterse a examen mediante criterios impersonales preestablecidos. La aceptación o rechazo de una afirmación no depende de los atributos personales o sociales de sus defensores, sino de métodos objetivos y universales.

- b) **Comunismo**. Los hallazgos científicos son propiedad común de la comunidad científica. La ciencia tiene, pues, un carácter esencialmente comunal. Los científicos deben comunicar públicamente sus hallazgos. La práctica del secreto es ajena a la actividad científica.

- c) **Desinterés**. Los científicos no han de perseguir en sus investigaciones fines o intereses personales. El único interés legítimo es aquel que tiene por objetivo la verdad y el conocimiento correcto de la naturaleza.

- d) **Escepticismo organizado**. Los resultados de la ciencia se consideran siempre revisables en función del desarrollo de la misma. Hasta que no se disponga de datos fiables y definitivos toda afirmación científica se mantiene en entredicho.

Estas normas, que se consideran **imperativos institucionales** de la ciencia, son necesarias para la producción regular y la confirmación adecuada de afirmaciones lógicamente consistentes y empíricamente contrastadas. Ahora bien, Merton distingue tajantemente entre el estudio de tales normas y, en general, entre el estudio sociológico de la ciencia en tanto que institución social o estructura cultural, y el análisis de los contenidos y métodos de la ciencia —tarea que debe quedar confinada, en su opinión, a la metodología o filosofía de la ciencia.

El origen de esta división disciplinar en el estudio de la ciencia debe buscarse en los presupuestos epistemológicos adoptados por Merton, que tienen mucho que ver con la imagen tradicional de la ciencia difundida por los autores neopositivistas y racionalistas. En efecto, Merton parece aceptar acríticamente la caracterización estándar del conocimiento científico como un fenómeno **autónomo** e **independiente** de la influencia directa de intereses y otros elementos sociales. La organización del conocimiento científico, su racionalidad y su validación, siguen normas y procedimientos **objetivos**, al margen de los factores sociales,

psicológicos, etc. que puedan intervenir en su descubrimiento, facilitar su producción o influir en la dirección de la investigación científica.

En conclusión, para Merton la sociología de la ciencia debe centrarse por un lado en la repercusión social y cultural de la ciencia, así como en las relaciones entre los científicos, pero debe dejar de lado las formas en que se producen, validan y adoptan los distintos elementos del conocimiento científico. Teorías, fórmulas, ecuaciones, leyes físicas, pruebas y experimentos no constituyen objetos legítimos para el análisis sociológico. Por otro lado, el objetivo de la sociología de la ciencia, que da por sentado que si el método se aplica correctamente el camino hacia la verdad es directo, pues los científicos alcanzan el conocimiento científico verdadero, es explicar qué factores inciden en los fallos de la ciencia, es decir, el conocimiento erróneo o falso aparece cuando el método se aplica de forma inadecuada o incorrecta. En consecuencia, el análisis sociológico se considera pertinente cuando se trata de determinar qué elementos del mundo social (político, cultural, etc.) han actuado como **factores distorsionantes del método**. Normalmente tales factores distorsionantes suelen identificarse con el deseo de prestigio, la búsqueda de recompensas o recursos e, incluso, con elementos políticos de orden ideológico. En cualquier caso **la sociología queda relegada a la explicación de la génesis del conocimiento erróneo**. Dicho de otra forma, los sociólogos sólo son consultados para explicar por qué los científicos se equivocan. Este tipo de sociología del conocimiento científico ha sido calificado, de forma muy acertada, como de **sociología del error**. Se trata, claramente, de una sociología de carácter netamente **asimétrico**: mientras que los factores sociales resultan relevantes para explicar la génesis del conocimiento erróneo, no se consideran pertinentes para explicar la producción del conocimiento científico verdadero, que sigue siendo impermeable al análisis sociológico (Merton, 1977).

4.3.2. LA SOCIOLOGÍA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: THOMAS KUHN

Una de las principales consecuencias de las sociologías de la ciencia que adoptaron la concepción heredada fue que no centraron su estudio en la naturaleza y en la estructura del conocimiento científico. En general, todas estas sociologías procedían tratando al conocimiento científico (las teorías, fórmulas, leyes físicas, pruebas y ecuaciones matemáticas) como si fuera una caja negra.

El mayor logro de autores como Kuhn fue establecer el carácter históricamente (y, por extensión, social y culturalmente) relativo de las verdades científicas. En consecuencia, el sociólogo ya no podía aceptar como dada la distinción entre creencias científicas falsas y verdaderas. En su lugar, la tarea de la sociología se convertía en discernir lo que cuenta como creencia verdadera o falsa y, en particular, qué procesos sociales se encuentran involucrados en la constitución y evaluación del conocimiento. Al abrir la caja negra, la sociología del conocimiento científico contradice totalmente aquel aspecto de la concepción heredada que mantiene que la ciencia queda excluida de su campo de análisis porque para ellos la ciencia no admite esas variaciones que son propias de las demás formas de conocimiento. La ciencia es una forma de conocimiento que no se ve nunca afectada por los cambios del contexto social, de la cultura, etc. Desde la perspectiva del racionalismo, el conocimiento verdadero y correcto puede explicarse en función de sus méritos racionales: el conocimiento es una verdad en la que se cree por razones correctas. Por tanto la generación del conocimiento verdadero y correcto no requiere ninguna explicación sociológica (Woolgar, 1988).

En *La estructura de las revoluciones científicas*, publicada en 1962, Kuhn mostró — mediante un análisis riguroso de diversos episodios de la historia de la ciencia— el carácter **históricamente relativo** de las verdades científicas. **Kuhn puso de manifiesto el papel fundamental que los factores sociales y culturales desempeñaban en la génesis del conocimiento científico verdadero, e intentaba demostrar que no existen criterios absolutos que garanticen la verdad o racionalidad científica.** Tanto la noción de verdad como las de progreso y racionalidad son revisables y relativas a comunidades, épocas y contextos concretos.

La obra de Kuhn, así como otros trabajos dirigidos a cuestionar los presupuestos básicos de la metodología y la lógica de la ciencia de corte racionalista, tuvieron una enorme influencia en el trabajo de toda una generación de sociólogos de la ciencia, insatisfechos con el estrecho corsé impuesto por los preceptos disciplinares de la sociología de la ciencia mertoniana. La crisis de la visión racionalista de la ciencia parecía abrir las puertas a una nueva sociología de la ciencia (Kuhn, 1957 y 1962).

4.3.3. EL PROGRAMA FUERTE DE DAVID BLOOR Y BARRY BARNES

La nueva sociología de la ciencia se fraguó principalmente en Edimburgo a mediados de los 70, de la mano de sociólogos como David Bloor, Barry Barnes y, en un segundo plano, Donald MacKenzie y Steven Shapin. Estos autores se enfrentaron radicalmente a las directrices básicas de la sociología de la ciencia mertoniana y la sociología del error que de ella se seguía. En primer lugar, Bloor y Barnes consideraron que el sociólogo no puede ni debe aceptar como algo dado y no problemático, la distinción entre creencias científicas verdaderas y falsas. La tarea del sociólogo debe ser, en ese sentido, investigar **qué procesos sociales se encuentran involucrados en la constitución y evaluación del conocimiento científico** (MacKenzie y Wajcman, 1982).

En segundo lugar, la sociología de la ciencia debe dejar de ser exclusivamente una **sociología de los científicos** (es decir, de los aspectos institucionales de la ciencia y de las relaciones entre los productores del conocimiento) para convertirse en una verdadera **sociología del conocimiento científico**, que promueva el análisis sociológico de los contenidos técnicos de la ciencia. El sociólogo debe, por lo tanto, intentar abrir la caja negra de la construcción del conocimiento científico.

El objetivo prioritario de la sociología del conocimiento científico será, pues, describir y explicar cómo se construyen socialmente la observación, los experimentos, la interpretación de los datos y las propias creencias científicas. La tesis básica es que todo conocimiento, incluido el científico, está determinado socialmente y que, incluso lo que en un momento dado se considera conocimiento válido, está mediatizado por la sociedad en que se genera (Barnes, 1985).

Según David Bloor el Programa Fuerte de la sociología del conocimiento científico debe cumplir cuatro exigencias o principios básicos:

1. Principio de causalidad

La sociología del conocimiento científico debe ser **causal**. A la hora de cumplir su objetivo de explicar las condiciones que producen una creencia o estado de conocimiento concreto, la sociología del conocimiento científico debe utilizar el mismo lenguaje **causal** que cualquier otra disciplina científica. Las explicaciones aducidas deben recurrir, por lo tanto, a **causas** concretas. Tales causas, en el caso del conocimiento científico, podrán ser no sólo sociales -en un sentido restringido-

sino económicas, políticas, psicológicas o históricas. En consecuencia, David Bloor asume explícitamente una caracterización de la sociología del conocimiento científico en la que ésta se considera *una disciplina científica más*. Su peculiaridad esencial reside en que su objeto de estudio es la ciencia -o la actividad científica- misma. Desde este punto de vista, la tarea del sociólogo del conocimiento científico se considera análoga a la de cualquier otro científico: construir teorías para explicar regularidades empíricas, mediante leyes causales. En definitiva, se trata de *estudiar la ciencia científicamente*.

2. Principio de imparcialidad

La sociología del conocimiento científico debe ser **imparcial** respecto a la verdad o la falsedad, la racionalidad o irracionalidad, el éxito o el fracaso. Ambos polos de dichas dicotomías requerirán explicación. El sociólogo del conocimiento científico no debe elegir sus objetos de estudio según la verdad o falsedad, racionalidad o irracionalidad, o el éxito o fracaso resultantes, sino que su objetivo de estudio se centra en el hecho de que la verdad, la falsedad, etc. se perciban como tales. Contrariamente a los preceptos de la sociología del error, estas categorías deben verse como el resultado de un proceso social y, consecuentemente, forman parte del fenómeno a estudiar -no deben ser, pues, el punto de partida incontrovertido del análisis. Todas las creencias han de explicarse como fenómenos sociales, con independencia de su verdad, falsedad, racionalidad o irracionalidad.

3. Principio de simetría

La sociología del conocimiento científico debe ser **simétrica** en su estilo de explicación. Deben utilizarse el mismo **tipo de causas** para explicar tanto el conocimiento que se tiene por falso, como aquel que se considera verdadero. El sociólogo no debe apelar, por ejemplo, a **causas sociológicas** para explicar creencias falsas y recurrir a **causas psicológicas** o *racionales* para explicar las verdaderas.

4. Principio de reflexividad

La sociología del conocimiento científico debe ser **reflexiva**. En principio, su esquema de explicación debe ser aplicable a sí misma. Debe ser posible explicar los resultados teóricos y técnicos de la sociología del conocimiento científico, a partir de causas de orden social. Si no fuera así, si la sociología del conocimiento no fuese analizable según sus propios patrones de explicación, constituiría su propia refutación. Existiría entonces un dominio del conocimiento científico no explicable en términos sociológicos. Pero este principio no debe interpretarse como un

argumento autorrefutativo o circular. Para ello es necesario tener presente que el hecho de que las propias afirmaciones de la sociología del conocimiento científico sean causadas por intereses y factores sociales varios, no las hace **falsas**. Que una afirmación de conocimiento (*a knowledge claim*) esté construida socialmente no significa que sea falsa —aunque tampoco es verdadera en el sentido clásico del término (Bloor, 1976).

Para terminar de resumir los fundamentos del núcleo explicativo del Programa Fuerte de sociología del conocimiento científico, hay que decir que consiste, básicamente, en considerar las creencias científicas, aceptadas o rechazadas, cognitivas o metodológicas, como resultado de causas sociales -en un sentido amplio de *social*. Para Bloor dichas causas son, en todos los casos, resultados de procesos de articulación de **intereses**. Tales intereses, que por lo tanto actúan como las causas últimas que condicionan y estructuran las creencias, decisiones y evaluaciones de los científicos, pueden dividirse fundamentalmente en **instrumentales** e **ideológicos**.

Los intereses **instrumentales** son aquellos que tienen que ver con la predicción, manipulación y control del medio. Son los que condicionan los distintos mecanismos cognitivos y epistémicos de la ciencia: la búsqueda de leyes efectivas, la elaboración de conceptualizaciones poderosas, etc.

El recurso a intereses **ideológicos** a la hora de explicar los juicios y decisiones de los científicos, constituye quizás la característica más importante y distintiva del Programa Fuerte. Los intereses ideológicos son intereses sociales específicos y relativos a la organización social concreta en que se genera el conocimiento científico. Pueden ser de tres tipos fundamentales:

- a) Intereses **profesionales**. Están relacionados con las habilidades y competencias específicas adquiridas por los científicos, a través de los procesos internos de socialización en las comunidades científicas.
- b) Intereses **comunitarios**. Están relacionados con la identificación, cohesión y delimitación de las comunidades científicas y con su reconocimiento social dentro del contexto cultural general.
- c) Intereses **sociales generales**. Funcionan como determinantes **macrosociales** en los procesos de generación y aceptación de creencias científicas. Incluyen

intereses económicos, ideológicos y políticos, sea de la sociedad en general o de los grupos dominantes en ella. Es a través de este tipo de intereses, como los factores sociales tradicionalmente considerados *externos* se introducen en el conocimiento científico. Por ello se considera que el conocimiento reproduce, en mayor o menor grado, la estructura de la sociedad que los produce (Bloor, 1976).

4.3.4. EL PROGRAMA EMPÍRICO DEL RELATIVISMO DE HARRY COLLINS Y TREVOR PINCH

Si el Programa Fuerte de la escuela de Edimburgo proponía y aplicaban un enfoque macrosociológico de la sociología del conocimiento científico, en el que la investigación trataba de establecer conexiones causales entre variables sociológicas clásicas —normalmente los *intereses* de los grupos relevantes— y el contenido del conocimiento sustentado por dichos grupos, durante la década de los 70 surgió en Bath una orientación paralela a cargo de autores como Harry Collins, Trevor Pinch y Andrew Pickering: el llamado **Programa Empírico del Relativismo** (*Empirical Programme of Relativism*, EPOR).

Harry Collins se erigió en pionero de un enfoque microsociológico para el análisis del conocimiento científico. Sus estudios de las controversias científicas estaban dirigidos a mostrar la producción de conocimiento consensuado como resultado de negociaciones contingentes entre actores científicos. Ambas orientaciones en la sociología del conocimiento científico fueron, sin embargo, más que opuestas, complementarias (Collins, 1985).

De entrada, y frente al Programa Fuerte, se caracteriza por asumir únicamente los principios de simetría e imparcialidad, ya que no admiten el principio de causalidad ni el de reflexividad. Collins no admite el principio de causalidad establecido por Bloor, puesto que supone que debe ser una cuestión **empírica** a determinar en cada caso, si el conocimiento científico está determinado por factores sociales. Dicha cuestión, la de establecer una explicación sociológica completa del conocimiento científico, no puede considerarse un principio **a priori**. Es precisamente lo que el sociólogo debe intentar mostrar en cada caso empírico analizado. El principio de reflexividad tampoco es asumido de forma íntegra por el Programa Empírico del Relativismo. Aunque, en principio, no se niega la legitimidad de aplicar a la sociología del conocimiento científico sus propios instrumentos de

análisis y explicación, Collins pone en duda que dicha tarea pueda ser especialmente fructífera y que deba merecer una atención prioritaria por parte del investigador (MacKenzie, 1996).

Otro de los elementos importantes de EPOR es el énfasis en el **relativismo** que, según Collins, se sigue del principio de imparcialidad de Bloor. Para Collins el sociólogo del conocimiento científico tiene que adoptar una actitud relativista con respecto al fenómeno científico que investiga. Debe suponer que el fenómeno mismo -la naturaleza- no **dicta** el resultado de la controversia (las posiciones **realistas** en el estudio de la ciencia son, precisamente, las que adoptan este punto de vista). Si el sociólogo no actúa de esa forma, el fracaso de la fracción derrotada en la controversia -la incredibilidad del fenómeno desacreditado- parecerá tan natural que no requerirá explicación sociológica. Se trata, por el contrario, de suponer que el mundo natural no constriñe de ninguna forma lo que los científicos creen que existe.

Este tipo de relativismo **metodológico** -que no sólo se refiere a las creencias sino a la experiencia, que también se considera socialmente construida- se distingue, sin embargo, del relativismo **ontológico**, una perspectiva puramente metafísica, en opinión de Collins, que no puede corroborarse empíricamente y que no tiene consecuencias prácticas. El relativismo metodológico, en cambio, quedará "corroborado" únicamente en la medida en que los estudios empíricos resultantes sean fructíferos.

Otra característica importante de EPOR es la preferencia por el estudio de casos y episodios de la ciencia contemporánea, frente al análisis de casos históricos. Los episodios contemporáneos se consideran más adecuados para ver cómo se produce de hecho el conocimiento científico y cuáles son los factores sociales que intervienen en dicho proceso. En concreto EPOR se centra en tres aspectos considerados metodológicamente más relevantes para el análisis sociológico del conocimiento científico (Pickering, 1992):

- a) El estudio de los métodos de **experimentación** y **replicación** científica y la forma en que sus resultados son determinados y construidos socialmente. De hecho, la replica de experimentos científicos -la posibilidad de reproducir un experimento llevado a cabo por otro científico- es uno de los rasgos más importantes de la imagen tradicional de la ciencia.

b) Las **controversias** y su resolución como fuente de la aceptación del conocimiento científico.

c) El estudio de las ciencias "marginales" o "pseudociencias" (*fringe science*).

Uno de los elementos metodológicos más destacables de EPOR es la tendencia a centrarse en los análisis **microsociológicos**, en lugar de desarrollar el enfoque macrosociológico de las explicaciones producidas desde el Programa Fuerte. Collins prefiere priorizar el análisis descriptivo y profundo de las disputas y negociaciones entre grupos reducidos de científicos especializados que son representativos de una comunidad científica. Para ello se realizan entrevistas con dichos científicos, se observa directamente el trabajo en los laboratorios e incluso se participa en las tareas técnicas como asistente o técnico.

Por último, EPOR se centra preferentemente en el análisis de las llamadas **ciencias duras**, especialmente la física, bajo el supuesto de que -dado que normalmente se las considera las más "objetivas" y "empíricas"- constituyen el caso más difícil para el análisis sociológico. Si puede mostrarse que el conocimiento científico generado en la física está construido socialmente, el análisis similar de otras ramas de la ciencia no presentará mayores problemas.

EPOR se articula en tres etapas o fases de investigación para cualquier episodio científico a estudiar. En la primera fase se muestra la **flexibilidad interpretativa** de un hallazgo científico. Es decir, se muestra que los descubrimientos científicos están abiertos a más de una interpretación. Las controversias científicas se producen, precisamente, cuando las distintas interpretaciones compiten entre sí. Durante la segunda fase se examina el proceso mediante el cual emerge un cierto **consenso** acerca de cuál es la interpretación correcta. En esta fase de la investigación se describen los mecanismos sociales que limitan el proceso de flexibilidad interpretativa -**mecanismos de clausura**- y que permiten que las controversias científicas se cierren. En la tercera y última etapa se relacionan dichos mecanismos de clausura con el medio socio-cultural más amplio en que se sitúan (Collins y Pinch, 1993).

En distintos trabajos Collins ha mostrado convincentemente cómo la determinación de la fiabilidad de un experimento concreto, depende en muchos casos de la obtención en el mismo del resultado correcto. Pero para establecer cuál es el resultado correcto es necesario determinar previamente la realidad o irrealdad del

fenómeno natural que se investiga. Para ello, a su vez, los científicos necesitan diseñar un experimento adecuado que lo pruebe en uno u otro sentido. Pero, para esto, es necesario saber si el experimento es fiable o no, y así sucesivamente.

Esta situación, muy frecuente en la historia de la ciencia, ha sido conceptualizada por Collins como la **circularidad de los experimentadores**. Esta noción no implica la imposibilidad de llevar a cabo experimentos científicos -lo cuál sería obviamente absurdo- sino lo incorrecto del papel decisivo e incontrovertido que se suele asociar a ellos. Para EPOR los experimentos no bastan, por sí mismos, para explicar el cierre de los debates. La clausura de una controversia científica, por el contrario, es un fenómeno **social** no forzado por los hechos o experimentos, sino por distintos mecanismos para alcanzar el consenso (Woolgar, 1988; Collins, 1985).

4.3.5. EL ENFOQUE DE SISTEMAS DE THOMAS HUGHES

El enfoque de sistemas alcanzó su máximo desarrollo en la obra del historiador norteamericano Thomas Hughes. Su obra *Networks of Power*, publicada en 1983, traza con gran detalle y profundidad el crecimiento de la industria de producción y suministro de electricidad en el período 1880-1930 y constituye uno de los trabajos pioneros en el estudio socio-histórico de la tecnología.

Hughes detecta tres etapas en el desarrollo del suministro de electricidad. En primer lugar se concentra en el trabajo de inventores-empresarios como Thomas Edison y sus emuladores y concesionarios, que lograron establecer sistemas locales de suministro directo de corriente eléctrica, superando sobre la marcha una serie de problemas técnicos, científicos, legales y económicos. Hughes considera la forma en que esta tecnología fue transferida desde Nueva York -donde se desarrolló- a otras ciudades como Londres y Berlín. En segundo lugar, considera la forma en que se desarrollaron los sistemas *universales* de producción y distribución de energía en el período anterior a la primera guerra mundial. Dichos sistemas universales requirieron un esfuerzo exitoso, a cargo de directores y empresarios, con objeto de combinar y unificar la maraña de sistemas locales de forma que la eficiencia global mejorase, mediante el incremento de la diversidad de carga. De nuevo, los problemas resueltos tuvieron una naturaleza eminentemente **heterogénea**. En tercer lugar, Hughes narra el desarrollo de sistemas regionales durante el período posterior a la primera guerra mundial, en el que los ingenieros-empresarios

centraron su atención en la combinación de una amalgama de compañías de suministro de energía de fuentes térmicas e hidroeléctricas (Hughes, 1983).

El tratamiento de Hughes es meticuloso y detallado tanto por lo que respecta a las cuestiones técnicas, como a las económicas o políticas. Hughes introduce y utiliza una serie de metáforas para ordenar y tratar el rico material histórico reunido. La más importante de ellas es la noción de **sistema sociotécnico**. Según su caracterización, un sistema sociotécnico está constituido por partes o componentes. Dichos componentes se hallan conectados entre sí mediante una red, o estructura. Los componentes interconectados de un sistema técnico se controlan normalmente de forma centralizada y usualmente los límites del sistema están determinados por el grado y eficacia de dicho control. Los controles se ejercen para optimizar el funcionamiento del sistema. Como los componentes están relacionados mediante una red de interconexiones, el estado o actividad de un componente influye en el estado o actividad de otros componentes del sistema. Aunque es costumbre definir los sistemas como técnicos, económicos, políticos o sociales, la centralización del control, aunque sea débil, sobre sistemas de esos tipos distintos, hace posible la conceptualización de los sistemas sociotécnicos (Bijker y Law, 1992 a).

La tesis general de Hughes es que la estructura de los sistemas sólo puede entenderse si se tienen en cuenta, tanto las actividades de aquellos que los construyen, como los entornos relevantes. Ejemplificando uno de los rasgos fundamentales de la nueva sociología de la tecnología, Hughes se resiste a la tesis del determinismo tecnológico y sugiere que el *momentum* tecnológico de los sistemas sociotécnicos sólidamente establecidos surge a partir de la inversión de recursos económicos, habilidades prácticas y formas organizativas relacionados con dicho sistema. Las tecnologías existentes generan una serie de núcleos cerrados en los que se mantienen cautivos una multitud de intereses políticos y económicos, hasta que los recursos invertidos se agotan.

Pero si es importante estudiar el entorno, también lo es analizar la **estructura** del sistema. Dicho en pocas palabras, el estudio de los contenidos técnicos no es algo que deba evitarse: es necesario abrir la **caja negra** de la tecnología. Este extremo conduce a Hughes de forma natural a un segundo concepto que aparece continuamente en su trabajo: la noción de **saliente inverso**.

Los salientes inversos aparecen en un sistema en expansión, cuando un componente del sistema no marcha de forma armoniosa con el resto de

componentes. Mientras que el sistema evoluciona hacia un objetivo, algunos componentes se retrasan o quedan fuera de la marcha y el crecimiento global del sistema se ve amenazado o frustrado: se requiere entonces un remedio inmediato.

La mayor parte de la obra de Hughes describe las actividades de inventores-empresarios particulares y enfatiza la **heterogeneidad** de dichas actividades. Edison, por ejemplo, era ciertamente un ingeniero de indudable inventiva. Pero sus cuadernos de notas revelan que sus pensamientos iban mucho más allá de la simple ingeniería. Trataba de forma simultánea los costes económicos, los impedimentos políticos y el conocimiento científico. Su éxito, según Hughes, reside precisamente en la forma en que fue capaz de moldear todos esos elementos heterogéneos y de asociarlos entre sí para formar un **sistema** (Bijker, Hughes y Pinch, 1987).

Veamos, por ejemplo, la forma en que Edison considera el problema de encontrar un material adecuado para la fabricación de filamentos incandescentes. En primer lugar, éstos deben ser duraderos -un problema crítico de especial importancia. Además, está claro que deben poseer una resistencia elevada. Una resistencia baja requeriría una intensidad de corriente considerable para encenderlos. Esto implicaría, a su vez, un mayor grosor para los conductores de cobre. Dado que el cobre era un material caro, la nueva forma de iluminación no podría competir económicamente con su rival, el gas. De esta forma, por lo tanto, las consideraciones comerciales (el precio del cobre, el coste de la iluminación mediante gas) se relacionaban, mediante reglas científicas (la ley de Ohm: $V = IR$), a la definición de los problemas técnicos y, en último término (en forma del filamento de carbón) a las soluciones ingenieriles. La economía, la ciencia y la tecnología se funden, en este ejemplo, en una sola entidad global indisociable y heterogénea.

Después de hacer una profunda valoración coste-beneficio que muestra la importancia de la relación entre tecnología y economía, se vuelca en cuestiones políticas: ahora se ocupa del problema de obtener una franquicia para instalar un sistema central de energía en Nueva York. El problema político residía en el hecho de que la mayoría de concejales del ayuntamiento neoyorquino guardaban una estrecha relación con las compañías de gas. Por otro lado, estaba la amenaza de desempleo para los faroleros. Edison alquiló un tren especial para llevar al alcalde y los concejales a su laboratorio en Menlo Park, donde se les preparó un espectáculo iluminado con las nuevas bombillas eléctricas. Finalmente la resistencia fue

vencida. Hughes señala que la franquicia fue tan necesaria para el éxito comercial como el buen funcionamiento de la dinamo. **Una vez que los problemas técnicos, políticos y económicos fueron resueltos, Edison fundó una serie de empresas que llevaron a cabo investigación y vendieron patentes, establecieron sistemas de energía, manufacturaron bombillas y construyeron generadores. La primera central comenzó a suministrar electricidad el 4 de setiembre de 1882.**

La obra de Hughes ilustra el carácter **heterogéneo** de la construcción de sistemas -la forma en que lo **social** se manipula de manera simultánea a lo **técnico**. Hughes enfatiza también la importancia de la anotación de **registros**: es imposible construir un gran sistema sociotécnico sin una estructura que proporcione, simplifique y yuxtaponga los datos, de forma que puedan ser fácilmente manejados en un único **centro de control**. Dado que los elementos que componen un sistema tienen un carácter claramente heterogéneo, estos procedimientos de constitución de un observatorio también implican un proceso de **homogeneización** en el que los acontecimientos se convierten en registros.

El valor sociológico del enfoque de sistemas estriba en que, lejos de abogar por una posición ecléctica, reclama la sustitución del esquema de balance entre dos listas de factores (sociales y técnicos) que se influyen entre sí, por una postura que enfatice la heterogeneidad fundamental de la construcción de sistemas y, también, de los vínculos que caracterizan la vida social. Como individuos u organizaciones formamos parte de relaciones que están parcialmente estructuradas mediante asociaciones artefactuales como los intercambios telefónicos. No hay, por así decirlo, relaciones "puramente sociales", o, si existen, tienen muy poca importancia. Y a la inversa, naturalmente, lo "técnico" también es impuro: los intercambios telefónicos, por ejemplo, se construyen y mantienen mediante personas, habilidades prácticas, equipos y dinero. **Lo social, por lo tanto, no puede verse simplemente como el fondo que subyace o condiciona a lo tecnológico. Tampoco, naturalmente, puede verse lo tecnológico como aquello que subyace o condiciona a lo social. Más bien, se debe afirmar que lo sociotécnico influye en lo sociotécnico** (Bijker y Law, 1992 a).

4.3.6. EL ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA SOCIAL DE WIEBE BIJKER

El modelo de **construcción social de la tecnología** (*social construction of technology*, SCOT), desarrollado inicialmente por Wiebe Bijker y Trevor Pinch, es - en sus primeras etapas- un intento de aplicar el programa de estudios sociológicos del conocimiento científico -en particular, el Programa Empírico del Relativismo (EPOR)- al análisis sociológico de los artefactos técnicos.

Uno de los trabajos más representativos del enfoque constructivista social ha sido el estudio llevado a cabo por Pinch y Bijker sobre el proceso de desarrollo y difusión de la bicicleta. El desarrollo de la bicicleta muestra que es imposible explicar el curso de los acontecimientos y el desarrollo del diseño haciendo referencia a las propiedades *intrínsecas* de los artefactos. Se podría argumentar que la bicicleta Ordinaria de ruedas altas era una máquina peligrosa, de funcionamiento defectuoso y con pocas probabilidades de sobrevivir en el mercado. Sin embargo, constituyó un artefacto altamente atractivo para un grupo específico de usuarios, como se pone de manifiesto al analizar los distintos **grupos sociales relevantes** en el desarrollo de la bicicleta. Pinch y Bijker describen las distintas bicicletas según los distintos significados que les atribuyen dichos grupos sociales relevantes (Bijker, Hughes y Pinch, 1987).

Utilizando el concepto de *grupo social relevante* es posible demostrar la **flexibilidad interpretativa** de los artefactos. El concepto de 'flexibilidad interpretativa' es central en el programa constructivista social. Mostrar la flexibilidad interpretativa de un artefacto implica que lo que parece un objeto único e inequívoco (un proceso técnico o un dispositivo de metal, madera y caucho como la bicicleta) debe entenderse, en cambio, como *varios artefactos distintos*. Cada uno de esos artefactos distintos, ocultos en lo que parece una única entidad, puede identificarse determinando los significados atribuidos por los grupos sociales relevantes. El concepto de *flexibilidad interpretativa*, por lo demás, resulta crucial para desbancar la tesis del determinismo tecnológico. La demostración de la flexibilidad interpretativa de los artefactos es sinónimo de la refutación del determinismo tecnológico: sólo cuando el desarrollo tecnológico deja de entenderse como un proceso autónomo determinado exclusivamente por una dinámica interna, es posible someterlo a un análisis sociológico. El concepto de *flexibilidad interpretativa*, por lo tanto, constituye la *razón de ser* del estudio social de la tecnología -la justificación misma de su ejercicio.

El concepto de *flexibilidad interpretativa* se fundamenta metodológicamente en el Principio de Simetría, formulado por Bloor para los estudios sociales de la ciencia. Como ya hemos visto, Bloor afirmaba que, para analizar sociológicamente los sistemas de creencias científicas, el sociólogo del conocimiento científico debía ser imparcial respecto a la verdad o falsedad de dichas creencias. Las afirmaciones falsas y las verdaderas debían analizarse simétricamente, es decir, mediante el mismo aparato conceptual. Debía evitarse explicar la aceptación de una afirmación (considerada en el presente verdadera) por su contenido de verdad, mientras que la aceptación de otra (considerada en el presente falsa) se explicaba haciendo referencia, por ejemplo, a las circunstancias sociales de su producción. La *naturaleza* no debía entrar en las explicaciones como *explanans*, sino como *explanandum*. La *naturaleza* no se consideraba la causa de las creencias científicas, sino su resultado (Bloor, 1976; Bijker y Law, 1992 a).

Bijker y Pinch han extendido este principio al análisis de la tecnología, argumentando que tanto el buen funcionamiento como el mal funcionamiento de las máquinas deben explicarse simétricamente. El buen funcionamiento de una máquina no debe ser el *explanans*, sino que debe formar parte del *explanandum*. El buen funcionamiento de un artefacto no debe considerarse la causa de su éxito, sino el resultado de su aceptación por parte de los grupos sociales relevantes. Consecuentemente, estos autores señalan también la necesidad de estudiar con mayor atención casos de *tecnologías fracasadas* -en lugar de centrarse exclusivamente en las típicas narraciones de éxitos técnicos-, para evitar los peligros de una explicación teleológica y retrospectiva del desarrollo tecnológico.

Para los autores socioconstructivistas la elaboración de un modelo descriptivo adecuado del desarrollo tecnológico, requiere previamente la realización de una serie de estudios de caso, que constituyan la base para la configuración de generalizaciones. Dicho modelo descriptivo debe permitir al analista entrar en las cajas negras de los distintos estudios de caso y, subsecuentemente, salir de las mismas para comparar las descripciones de los distintos casos. El modelo, por lo tanto, debe proporcionar un delicado equilibrio entre el análisis particular y detallado de los *entresijos* de la tecnología y la distancia analítica suficiente para comparar los distintos casos (Collins y Pinch, 1993).

El modelo Constructivista Social de la Tecnología ha sido desarrollado para cumplir dichos requisitos. En SCOT el concepto de **grupo social relevante** constituye el punto de partida del análisis. Los artefactos se describen, por así decirlo, según el

punto de vista de los distintos grupos sociales involucrados. Las interacciones entre los distintos grupos sociales -así como entre los miembros de un mismo grupo- constituyen los distintos artefactos, que a veces quedan escondidos bajo la imagen única de un solo artefacto. En esos casos, el análisis debe mostrar la **flexibilidad interpretativa** de dicho artefacto, reconstruyendo los significados que le atribuyen los distintos grupos sociales relevantes. Haciendo referencia a un principio metodológico más general -que la inestabilidad es más reveladora de las características de un sistema que la estabilidad-, se insiste en que para delinear dichos significados el analista debe concentrarse en los **problemas** y las **soluciones** que los grupos sociales relevantes asocian al artefacto. Una descripción de ese tipo debe proporcionar un esquema de los **grados de estabilización**, crecientes o decrecientes de cada artefacto.

El enfoque constructivista social afirma la imposibilidad de hacer distinciones *a priori* entre lo técnico, lo social y lo científico. En el caso de la bakelita, estudio realizado por Bijker (1995) ¿la reacción de condensación de Baekeland fue la consecuencia de un hecho científico (como él mismo afirmaba) o fue el resultado de un "tanteo" técnico exitoso (como podemos pensar ahora, dado que la explicación de Baekeland ha sido superada por las modernas teorías macromoleculares)? ¿O no fue ni un logro científico ni uno técnico, sino por encima de todo el fruto de una estrategia económica -convertir a los competidores, mediante negociación, en socios durante el litigio sobre la patente y conseguir que las compañías fabricantes utilizaran el nuevo material? Este aspecto del desarrollo técnico ha sido descrito mediante la metáfora del **entramado sin costuras**. El tejido de la sociedad moderna no está constituido por distintos trozos de telas científicas, técnicas, sociales, culturales y económicas, sino que, más bien, los pliegues que podemos observar son el resultado de la actividad de los actores o del mismo analista. Otra forma de expresar la misma idea consiste en observar las actividades de los ingenieros y reconocer que un ingeniero exitoso no es únicamente un genio técnico, sino también un *mago* económico, político y social. Lo que John Law ha denominado un **ingeniero heterogéneo** (Bijker, 1995; Bijker y Law, 1992 a).

La consecuencia más directa de estas puntualizaciones es que los conceptos utilizados en la sociología de la tecnología deben ser tan heterogéneos como las actividades mismas de los actores involucrados; deben carecer de "costuras" como ocurre con el tejido al que han de ser aplicados. Si fuese de otra forma, las viejas distinciones volverían a entrar en el análisis por la puerta trasera de la

generalización, después de haber sido expulsadas por la puerta principal del modelo descriptivo.

El segundo requisito tiene que ver con la dimensión **cambio-continuidad**. El enfoque constructivista social enfatiza el carácter **contingente** del desarrollo tecnológico. Mostrando la flexibilidad interpretativa de un artefacto técnico, se demuestra que dicho artefacto está constituido por una serie de procesos sociales, más que puramente técnicos. De esta forma parece dejarse un mayor espacio a las alternativas en el cambio técnico de lo que en principio cabría esperar si los constreñimientos fueran puramente técnicos. Sin embargo, un esquema conceptual adecuado para la sociología de la tecnología debe permitir la explicación, tanto del cambio como de la continuidad en la historia. Los conceptos de **estabilización** y **clausura** son utilizados por el modelo SCOT en ese sentido. El **grado de estabilización** se introduce para medir la aceptación de un artefacto por parte de un grupo social relevante. Cuanto más homogéneos son los significados atribuidos a un artefacto, mayor es el grado de estabilización. Los diversos mecanismos de **clausura** contribuyen al establecimiento de una interpretación homogénea del artefacto, es decir, a la desaparición de su flexibilidad interpretativa.

Es importante señalar que, consecuentemente, este proceso de clausura es casi irreversible -casi, pero no completamente. Actualmente es muy difícil ver la cámara en la rueda de una bicicleta como otra cosa que una parte normal e inequívoca de la máquina. Cuando se nos pincha una rueda, podemos pensar -como mucho- en la posibilidad de diseñar cámaras mejores o en la de facilitar aún más su reparación, pero nadie piensa en la posibilidad de instalar cámaras *sólidas*. Tras la clausura de una controversia es muy difícil ver las cosas como se veían antes. De esta forma se introduce en el estudio socioconstructivista de la tecnología un cierto elemento estático que, sin embargo, es atenuado mediante el concepto de *grados de estabilización*. El seguimiento de las historias de distintos artefactos muestra distintos grados de estabilización -crecientes y decrecientes. Utilizando este concepto, por otro lado, puede afirmarse que la invención de un artefacto técnico es más un *proceso* que un acontecimiento puntual.

El tercer requisito está relacionado con la dimensión **actor-estructura**. Hemos visto como el modelo SCOT, al enfatizar el carácter de constructo social de los artefactos, a través de la demostración de su flexibilidad interpretativa, señala el carácter contingente del cambio técnico. Ello no implica, sin embargo, que cualquier

configuración de artefactos o grupos sociales sea posible; que el proceso de flexibilidad interpretativa o la elaboración de nuevas alternativas no tenga fin. Una posición como esta subestimaría tanto la solidez de la sociedad como la estabilidad de los artefactos técnicos.

El concepto de **estructura tecnológica** (*technological frame*) intenta satisfacer los tres requisitos mencionados. En primer lugar, una estructura tecnológica es heterogénea en el sentido de que no pertenece exclusivamente al dominio de lo cognitivo ni al de lo social. Forman parte de una estructura tecnológica tanto artefactos ejemplares como valores culturales, tanto objetivos como teorías científicas, tanto protocolos de prueba como conocimiento tácito. En segundo lugar, las estructuras tecnológicas no son entidades fijas: se construyen como parte del proceso de estabilización de un artefacto. El carácter interactivo de una estructura tecnológica, la convierte en un concepto intrínsecamente dinámico. Una estructura tecnológica no reside de forma interna en los individuos, ni de forma externa en la naturaleza -una estructura tecnológica es claramente externa a los individuos, aunque enteramente interna al conjunto de individuos interactuantes de un grupo social relevante. Consecuentemente, una estructura tecnológica requiere de forma constante el apoyo de las interacciones y por ello está sujeta a transformaciones. En tercer lugar, las estructuras tecnológicas proporcionan los objetivos, las ideas y los instrumentos para la acción. Ofrece tanto los problemas centrales como las estrategias pertinentes para su resolución. Pero, al mismo tiempo, la construcción de una estructura tecnológica limita la libertad de los miembros de un grupo social relevante. Aunque las interacciones crean la estructura, ésta condiciona las interacciones futuras. Dentro de una estructura tecnológica no todo es posible ya (el aspecto centrado en la estructura), pero las posibilidades que quedan se hacen más claras y disponibles para los miembros de un grupo social relevante (el aspecto centrado en el actor) (Bijker, Hughes y Pinch, 1987; Bijker y Law, 1992 a).

El panorama de la "sociotecnología" que nos ofrece el enfoque socioconstructivista es, en resumen, muy distinto de la imagen de la tecnología -y de la relación tecnología-sociedad- que nos proporcionan los estudios tradicionales. Todas las relaciones son ahora técnicas y sociales de forma simultánea. No encontramos relaciones técnicas "puras" ni relaciones sociales "puras". Lo técnico está socialmente construido y lo social está técnicamente construido: cualquier entramado estable permanece unido tanto por lo social como por lo técnico. Donde antes había "pureza" encontramos ahora heterogeneidad. Clases sociales, grupos, empresas, profesiones, máquinas -todos ellos permanecen en su lugar gracias a

instrumentos sociales y técnicos íntimamente vinculados entre sí. El Principio de Simetría ha sido substituido por un Principio de Simetría General: los artefactos técnicos han sido substituidos por los **entramados sociotécnicos** como unidades de análisis y la sociología de la tecnología parece desplazarse al dominio de la sociología general.

4.3.7. EL ENFOQUE DEL ACTOR-RED DE BRUNO LATOUR

La teoría del **actor-red** ha sido desarrollada fundamentalmente por dos autores franceses, Michel Callon y Bruno Latour, por lo que a veces se hace referencia a este enfoque con la expresión *la escuela de París*, en contraposición al carácter eminentemente anglosajón del resto de orientaciones en la disciplina. Sin embargo, en la actualidad un gran número de investigadores no franceses han adoptado la perspectiva del actor-red (Doménech y Tirado, 1998).

La primera formulación exhaustiva de la teoría del actor-red se expone en la conocida obra de Bruno Latour, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, publicada en 1987. Posteriormente, la original perspectiva adoptada por esta obra, así como la compleja red de conceptos empleados, han sido desarrolladas y completadas por un gran número de análisis teóricos-metodológicos y de estudios empíricos de caso, entre los que destacan los llevados a cabo por Michel Callon, John Law y el mismo Bruno Latour.

La teoría del actor-red muestra un mayor nivel de concordancia con el resto de enfoques sociológicos actuales de la tecnología -en particular con el socioconstructivismo y la perspectiva de sistemas-, que con las diversas tradiciones en la sociología del conocimiento científico, aunque haya tenido en esta última su inspiración primaria. Algunos de los estudios empíricos más destacados llevados a cabo desde el enfoque de actor-red han sido realizados en los siguientes campos científicos y tecnológicos: la biología molecular (el DNA), la microbiología (los trabajos de Pasteur), la ingeniería eléctrica (los automóviles eléctricos, trenes eléctricos metropolitanos), la navegación (expediciones marítimas portuguesas), la física nuclear (Joliot), la física teórica (teoría de la relatividad), la aeronáutica, etc.

El punto de partida metodológico de este enfoque es el análisis de la ciencia y la tecnología *en acción*: con esta expresión se hace referencia a los procesos de elaboración de hechos y artefactos -por oposición al análisis tradicional de hechos

científico y artefactos técnicos ya elaborados. Se trata, por lo tanto, de estudiar la ciencia y la tecnología (que pasarán a denominarse globalmente como *tecnociencia*, dada la imposibilidad de distinguirlas tanto metodológica como institucionalmente) antes de que las *cajas negras* se cierren o durante la controversias que las vuelven a abrir (Latour, 1987).

Como se hace patente tras el examen de cualquier controversia tecnológica, los proyectos ingenieriles están constituidos por una mezcla o asociación de elementos **heterogéneos** cuya identidad y relaciones mutuas se convierten en problemáticas cuando estalla la polémica. En el análisis del episodio del vehículo eléctrico VEL en Francia -un proyecto que acabó fracasando-, Callon identifica los diversos elementos que aparecen vinculados entre sí por el proyecto: electrones, baterías, movimientos sociales, firmas industriales y ministerios gubernamentales. El éxito del artefacto construido se mide por la solidez y longevidad de las **asociaciones heterogéneas** propuestas por los ingenieros. Para ellos no se trataba únicamente de apoyar una interpretación interesada de la sociedad francesa del momento (de sus necesidades, de sus perspectivas futuras, etc.) y de las preferencias de los consumidores. Los ingenieros intentaban vincular entre sí las células de combustible, los automóviles eléctricos y los consumidores que utilizarían el VEL a pesar de sus mediocres prestaciones. Las asociaciones propuestas -y consecuentemente el proyecto en sí- se mantendrían **estables** solamente si las distintas entidades involucradas (electrones, catalizadores, firmas industriales, consumidores) aceptaran los roles que se les habían asignado. Es para describir este tipo de asociaciones heterogéneas, así como los mecanismos que las transforman o consolidan, que se introduce el concepto de **actor-red**.

Un actor-red no es reductible ni a un actor ni a una red. Como las redes se componen de una serie de elementos heterogéneos, animados o inanimados, que han sido vinculados entre sí durante un cierto período de tiempo. El actor-red puede, así, distinguirse de los actores tradicionales en la sociología, puesto que éstos suelen excluir cualquier componente no humano y porque sus estructuras internas no suelen ser asimilables a las de una red. Pero, por otro lado, un actor-red no debe confundirse con una red que una, de forma predecible, elementos perfectamente definidos y estables, puesto que las entidades de las que se compone, sean naturales o sociales, pueden en cualquier momento redefinir de alguna forma su identidad y sus mutuas interrelaciones o importar nuevos elementos a la red. Un actor-red es simultáneamente un actor cuya actividad consiste en conectar (**enredar**) elementos heterogéneos, y una red que es capaz de

redefinir y transformar aquello que la constituye. Esta dinámica característica de los actores-red se explica mediante dos mecanismos: la **simplificación** y la **yuxtaposición** (Bijker y Law, 1992 a).

La simplificación es el primer elemento necesario en la organización de asociaciones heterogéneas. En teoría la realidad es infinita. En la práctica los actores limitan sus asociaciones a una serie de entidades discretas cuyos atributos o características están bien definidos. La noción de simplificación se utiliza para explicar tal reducción de un mundo infinitamente complejo mediante un proceso de **traducción**. Las ciudades, por ejemplo, consisten en algo más que el transporte público, el deseo de preservar los centros históricos y los ayuntamientos con sus representantes. Difieren entre sí por su población, su historia y su situación geográfica. Pero para los ingenieros que defendieron el proyecto del automóvil eléctrico VEL, las ciudades podían reducirse **-traducirse-** a los ayuntamientos y a su tarea de desarrollar un sistema de transporte que no aumentase el nivel de contaminación. Los ingenieros no necesitaban saber más. La definición sería realista en tanto en cuanto la simplificación en la que se basaba pudiera mantenerse. Con otras palabras: las simplificaciones se mantendrán en pie sólo si no aparecen otras entidades que hagan el mundo más complejo y que conviertan la realidad propuesta por los ingenieros en una mera caricatura: el ayuntamiento no es representativo; las condiciones de vida en los distintos barrios no pueden reducirse a las del centro; y el sistema de transporte público es sólo un aspecto de la estructura urbana global. Lo mismo ocurre con las células de combustible -fuente de energía del VEL. Si los catalizadores y los electrolitos se contaminan devendrán inestables y la célula de combustible se hará demasiado compleja. En lugar de ser algo fácilmente manejable, las células de combustible se convirtieron en un dispositivo en el que un número creciente de elementos quedaban fuera de control. Una "caja negra" cuyo funcionamiento había sido reducido a unos pocos parámetros bien definidos dio paso a un enjambre de nuevos actores: científicos e ingenieros ajenos al grupo inicial que afirmaban tener la clave del funcionamiento de la célula de combustible, átomos de hidrógeno que se negaban a dejarse atrapar por los caros catalizadores, países del tercer mundo que aumentaban el precio de los metales preciosos, etc. (Latour y Woolgar, 1979).

Las simplificaciones que constituyen un actor-red son mecanismos de acción poderosos porque **movilizan y enrolan** a un gran número de entidades. Pero una simplificación no tiene nunca una garantía absoluta. Cuando la controversia estalla las entidades hipostasiadas por la simplificación pueden resquebrajarse y dejar

entrevener una gran cantidad de actores nuevos, cuyo comportamiento escapa al control de los ingenieros -estos dejan de ejercer un **control a distancia** sobre ellas. Una entidad simplificada sólo existe en un contexto, esto es, **yuxtapuesta** a otras entidades con las que está asociada. Si se extrae uno de esos elementos la estructura global cambia. El conjunto de asociaciones es el contexto que da a cada entidad su significado y que define sus límites. Las simplificaciones son sólo posibles si los elementos están yuxtapuestos en una red de relaciones y, a la inversa, la yuxtaposición de elementos requiere su simplificación.

Las relaciones entre los distintos elementos de un actor-red son de muy distintos tipos. Ello hace inviable su reducción al abanico limitado de relaciones sociales que aparecen convencionalmente en los análisis sociológicos tradicionales. Obviamente pueden existir relaciones de intercambio, relaciones de subcontractación, relaciones de poder o de dominio. Pero a menudo las relaciones entre las entidades constituyen un conglomerado de todas esas categorías y algunas escapan por completo al vocabulario usual de la sociología o la economía. ¿Cómo pueden describirse las relaciones entre células de combustible y motores eléctricos sin hacer referencia a corrientes eléctricas o a fuerzas electromagnéticas? No sólo son heterogéneos los distintos elementos, sino las diversas relaciones entre ellos.

El destino de un proyecto tecnológico, desde la perspectiva del actor-red, depende de tres factores interrelacionados. En primer lugar, de la capacidad de proyecto para construir y mantener una **red global** que proporcione los recursos necesarios para el proyecto. La red global ofrece a los constructores del proyecto un grado de privacidad suficiente para actuar sin interferencias: ofrece un **espacio de negociación**. El segundo factor es la capacidad del proyecto para construir una **red local** que utilice los recursos proporcionados por la red global para ofrecer a los actores situados en ésta, una serie de recompensas materiales, económicas, culturales o simbólicas. El tercer factor, que se superpone a los otros dos, es la capacidad del proyecto para imponerse a sí mismo como un **punto de paso obligado** para toda comunicación (o intercambio de **intermediarios**: dinero, artefactos, personal, disposiciones legales, etc.) entre ambas redes.

En resumen, el enfoque del actor-red describe lo que desde la perspectiva socio-constructivista se denominaban entramados socio-técnicos, como redes heterogéneas de actores humanos y no humanos. El desarrollo de estas redes se analiza como una concatenación de traducciones -esfuerzos de los actores en la red por desplazar a otros actores a nuevas posiciones, confiriéndoles de esa forma

también un nuevo significado. El poder de los actores (sean individuos, instituciones o artefactos) no es una peculiaridad intrínseca a ellos sino que tiene su origen en las redes que pueden controlar. La característica básica del enfoque del actor-red es el rechazo a la distinción entre actores humanos y no humanos, propia tanto de la sociología moderna como de la mayor parte del pensamiento occidental posterior a Kant. Con objeto de abandonar esta distinción, Latour prefiere apoyarse en una base ontológica pre-moderna (más que post-moderna) y adopta un principio de simetría generalizado: es necesario analizar el mundo humano y el no humano con el mismo esquema conceptual. Con otras palabras: al explicar el desarrollo de los entramados sociotécnicos no debe adoptarse ninguna forma de reduccionismo: ni tecnológico, ni social.

4.4. LA NUEVA CONCEPCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA Y DE SUS RELACIONES CON LA SOCIEDAD Y LOS VALORES

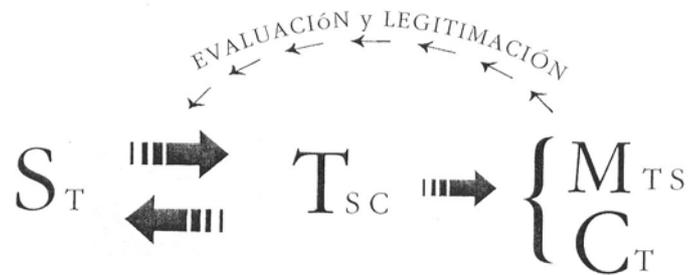
Después del proceso de desmitificación llevado a cabo en el apartado anterior, se puede afirmar que el esquema lineal ciencia-tecnología-sociedad de la imagen tradicional, expuesta en los capítulos 2 y 3, es insostenible. La nueva propuesta que aparece como conclusión de este cuarto capítulo, parte de la siguiente secuencia de esquemas, que se han ido modificando a lo largo de la historia (Álvarez, Martínez y Méndez, 1993: 30-31):

A) La etapa de cazadores y recolectores nómadas; cuyas técnicas consisten básicamente en *saber hacer*, en habilidades y usos de las capacidades orgánicas, en la organización de la acción en grupo, en la elaboración de un ajuar de instrumentos fáciles de transportar... Es un período en que la acción no se orienta según previas legitimaciones mítico-discursivas. (En el esquema y los siguientes: S = sociedad; T = tecnología).

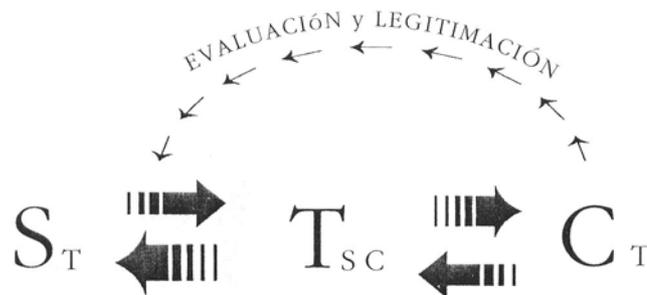


B) La etapa del sedentarismo: es un momento de integración de sociedad, tecnología y territorio. El entramado sociotécnico que transforma el territorio, construye instituciones y tecnologías simbólicas, y selecciona y organiza a las personas, los animales, las plantas y a cualquier tipo de ente. Construcción de mitos para legitimar y consolidar las diferenciaciones funcionales. También surge la ciencia, como mito y conceptualización abstracta, y como matematización, idealización y teorización de resultados técnicos previos. Tanto el mito como la ciencia surgieron como evaluación de determinados entramados sociotécnicos,

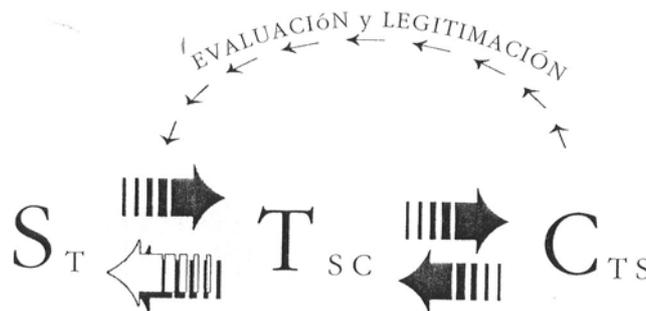
legitimando su repetición continuada y su perpetuación. (En el esquema y los siguientes: C = ciencia; M = mito).



C) La etapa inaugurada por la revolución científica. La nueva técnica se caracteriza por la medición más precisa y el diseño geométrico, así como por la interpretación teórica de materias técnicas. TECNOCIENTIFICACIÓN. Cientificación de la técnica: técnicas basadas en construcciones y sistematizaciones teóricas, es decir, desarrollo de técnicas simbólicas. La evaluación es positiva y muy influyente; así las teorías, que transforman la conciencia, legitiman tecnologías que transforman el mundo. Propagación de los discursos sobre el progreso (como cambio continuo), implantación y legitimación del imperativo tecnológico —*todo lo que pueda hacerse, debe hacerse*. También hay evaluación negativa y contestación social respecto a la tecnología.



D) Después de la Segunda Guerra Mundial la tecnología empieza a influir en la sociedad sin acción social que la contrarreste. El impulso de las tecnologías, prioritariamente las artefactuales, las convierte en el principal catalizador de poder. Y, al mismo tiempo, proliferan las *cosmologías científicas* legitimadoras de los desarrollos tecnológicos con fines militares. En los años setenta se intensifica la evaluación y el cuestionamiento del imperativo tecnológico.



4.4.1. CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y VALORES FORMAN UN TEJIDO SIN COSTURAS

De la última secuencia histórica, que hace referencia a la segunda mitad del siglo XX, se desprende la imposibilidad de distinguir analíticamente entre los ámbitos objeto de estudio en esta tesis. Por ello, y aunque en algunas ocasiones sea necesaria acudir a estas distinciones para hacer aclaraciones o algún tipo de matización, se puede afirmar que la metáfora utilizada por Cutcliffe parece la metáfora ideal. Así la expone literalmente: "Con el fin de alcanzar una comprensión holística de las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad o, metafóricamente, para producir una tela entera, se necesita un telar donde tejer. Sea en el relativamente sencillo armazón vertical utilizado por los Indios Hopi del Suroeste de Estados Unidos, en el telar manual de dos o cuatro arneses empleado tanto por artesanos europeos como americanos, en el mucho más sofisticado telar de Jacquard que para controlar patrones extremadamente complejos y sofisticados usaba los precursores de madera de las tarjetas perforadas de ordenador, o en el telar actual, altamente automatizado, el tejedor entreteje los hilos de urdimbre y trama para formar la tela. Los hilos de urdimbre, extendidos longitudinalmente

sobre el telar, se suben y bajan de acuerdo a un orden preestablecido, y entre ellos pasan en forma de ángulos rectos por medio de una lanzadera, al menos en su forma tradicional, los hilos de trama. Dependiendo del modelo, del material y de los colores utilizados, el tejedor puede producir una amplia gama de prendas de vestir, desde una simple tela de sábana a complejas cachemiras o hasta las prendas sintéticas actuales. Independientemente del producto o de su complejidad, es virtualmente imposible imaginarlas sin el entretejido de trama y urdimbre. Quisiera hacer notar aquí, que es posible crear, con gran habilidad, esfuerzo y tiempo, modelos muy complejos y estéticamente bellos con telares simples, pero por razones de reproducción, velocidad y eficiencia, esto no tuvo lugar hasta la llegada de telares más complejos, tales como el de Jacquard.

Tal como en la acción de tejer de nuestra imagen metafórica, sería útil pensar que la relación entre ciencia, tecnología y sociedad en el mundo actual es similar a esa relación entre entretejer los hilos de trama y urdimbre para formar telas. Consideremos por el momento el entretejido de urdimbres como los de la ciencia y la tecnología. Aquí, al combinar ciencia y tecnología, acepto una profunda simplificación de las complejas relaciones entre ellas; pero permitidnos asumir por ahora que es un sencillo telar preindustrial de dos arneses. Ahora, también podemos considerar el entretejido de la trama como el de la sociedad, aceptando nuevamente una imagen muy simplificada. De todos modos, nuestro entretejido de tramas y urdimbres nos proporciona la pieza entera de ciencia, tecnología y sociedad. Como en nuestra tela metafórica, no podemos imaginar a la sociedad actual sin ciencia y tecnología; ni tampoco a la ciencia y la tecnología al margen de su contexto social. Aunque se pueda argumentar que el entretejido de urdimbres debe representar a la sociedad, y la trama a la ciencia y la tecnología (como realmente pueden hacerlo aquellos que defienden que las siglas STS deberían realmente equivaler a sociedad, tecnología y ciencia), la cuestión clave es que necesitamos a ambos, la trama y la urdimbre, para alcanzar una comprensión plena. Y en la sociedad actual, necesitamos dedicar un gran esfuerzo para lograr comprender el complejo tejido o interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad” (Cutcliffe, 1992: 42-44).

4.4.2. LOS ESTUDIOS DE CASO: LA DECONSTRUCCIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

La mejor forma de comprender los resultados del trabajo tecnocientífico no se encuentra, como ya se anticipó en la desmitificación del apartado anterior, en analizar los resultados finales ya depurados y expuestos en revistas científicas o en los libros de texto, sino que el método más adecuado implica adentrarse y seguir todo el proceso de construcción de teorías y tecnologías. Para ello es necesario emprender el camino de la deconstrucción. **Sólo estudiando el proceso de configuración de la tecnociencia, y no el proceso ya clausurado que presenta los resultados como si fueran naturales —lineales, lógicos, objetivos y evidentes—, se pueden comprender las interrelaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y valores.**

No se puede comenzar la historia desde el final: cuando una teoría o un artefacto se ha consolidado, estabilizado y ha triunfado sobre las teorías o los artefactos con los que competía. Y ello es lo que sucede habitualmente: la historia de las ciencias se plantea básicamente a partir de sucesos desencadenantes, de momentos determinantes que fueron la condición de posibilidad. Durante mucho tiempo las disciplinas de la historia de las ciencias y de las técnicas han planteado una teleología al revés, al mostrar el trabajo retroactivo de una causa final: un viaje a los momentos inaugurales y en lo que ya se anunciaba o era prefigurada una adquisición teórica o tecnológica posterior, *Silicon Valley ya estaba allí: sólo faltaba que Colón llegara a América*.

Sin embargo, la deconstrucción de las innovaciones en la historia de la ciencia y la tecnología muestra que no existe la convergencia de antecedentes, sino que las causas y los efectos no son siempre proporcionales, ni permanecen en el mismo cauce, y que las circunstancias concretas se parecen más a un huevo revuelto que a un huevo del que luego sale una gallina. Es decir, existe una sucesión aleatoria de oportunidades, con circunstancias concretas, con multiplicidad de actores intervinientes, con ideas dispares e intuiciones, con saberes precarios y acciones irregulares, entramados de alianzas, grupos sociales, disponibilidades técnicas... Y además, antes de aceptar esa historia como la de un río cuyo lecho es el desarrollo de las fuerzas productivas, la acumulación de poder, las generaciones de materiales, el incremento del beneficio, la curiosidad y la incontenible voluntad de saber, el aprovechamiento de una nueva energía o el desarrollo autónomo de la tecnología..., no es posible contentarse con una única respuesta para muchas

preguntas diferentes. **La historia no tiene un sentido: con las innovaciones cambian, también, el pasado y el futuro.**

Deconstruir la historia de la tecnología y de la ciencia es perseguir los componentes de la innovación, del desarrollo y la implantación de sistemas tecnológicos para su evaluación. Investigar, experimentar, construir, no es algo que corresponda únicamente a la actividad científica; y ésta no se ha desarrollado según cierto patrón de ámbito cerrado. Esta historia se ha hecho bien con una lupa logocéntrica que ha sobredimensionado los productos teóricos, o bien con un bastón que únicamente orienta entre artefactos tangibles; es decir, ha sido comprendida como el despliegue del hombre teórico o el afán del hombre práctico. Hay que intentar hacer esta sobre la base de la acción del hombre práxico: desde ese lugar donde conocimiento y acción no tienen una matriz diferente. Para empezar hay que cambiar toda la terminología (Álvarez, Martínez y Méndez, 1993: 39):



4.4.3. CARACTERÍSTICAS CENTRALES DE LA CONCEPCIÓN CONSTRUCTIVISTA

Todo el proceso de deconstrucción de las innovaciones de la ciencia y la tecnología permite resumir una serie de características propias de la acción tecnocientífica, que se formulan a continuación, comenzando por las más básicas expuestas en los dos apartados anteriores. (Por supuesto, se podría haber seleccionado otras, o se pueden ampliar o reducir las características seleccionadas; aquí, sencillamente, se

trata de resumir una visión que sirva de guía para el análisis de las relaciones entre ciencia, tecnología y valores en la futura materia de bachillerato *Ciencias para el mundo contemporáneo*).

A) CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y VALORES FORMAN UN TEJIDO SIN COSTURAS

El punto de partida para comprender las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y valores es considerar que la sociedad crea, modifica e interpreta la tecnología con la intención de satisfacer sus necesidades, deseos y anhelos, y mejorar sus condiciones de vida; a su vez, la actividad científico-tecnológica modifica la sociedad, la vertebrada de forma distinta, cambia sus capacidades expresivas y comunicativas, los valores, creencias, anhelos y deseos de sus componentes.

Este punto de partida sustituye al mito de la neutralidad de la ciencia, mito que arranca con los escritos de Galileo, pero que de hecho puede llevarnos hasta Platón, tal es su fuerza en la tradición occidental. Los escritos de Mumford —ver capítulo 3, o por ejemplo cuando con mucha claridad advierte: “buscando descifrar más fielmente el libro de la naturaleza, Galileo eliminó del escenario al propio pensador, y la realidad científica se concibió como un paisaje sin figuras, olvidando a los artistas que lo habían pintado durante incontables generaciones, y sin los cuales el universo, en su inmensidad, era literalmente impensable” (Mumford, 1970: 54)—, los de Ortega y Gasset —que una y otra vez recuerda tanto los trabajos de Galileo en los arsenales de Venecia, como la relación de la química con el armamento utilizado durante la primera guerra mundial (y de la física con la segunda, se podría añadir)— y los de otros autores fueron desafiando la visión de la neutralidad de la ciencia. La pregunta que se ha ido configurando es ¿se puede entender la física y su desarrollo contemporáneo sin el *Proyecto Manhattan*, la exploración espacial, o al margen del desarrollo tecnológico en instrumentos médicos, por ejemplo? ¿Se puede enseñar *Ciencias para el mundo contemporáneo* sin mencionar estas conexiones? ¿Se puede entender la ciencia sin los valores implicados, que impulsan determinadas líneas de investigación y que cambian las formas de vida?

De una forma sumamente didáctica lo plantea Shallis: “El trabajo de científicos y tecnólogos se desarrolla dentro de una estructura social y un marco científico determinado. La investigación está dirigida por el entorno intelectual, que a su vez

está influido por factores económicos, sociales y políticos. Las cuestiones que se plantean y la manera de formular las respuestas son determinadas culturalmente, de modo que el tópico de la neutralidad se convierte en una moderna forma de superstición; en un argumento para justificar el avance del progreso en los campos de la ciencia y la tecnología, la transformación de los medios de una finalidad". Y más adelante añade: "Por ejemplo, consideremos una lavadora eléctrica y automática. Una máquina de este tipo puede parecer a la mayoría de las personas de una cultura occidental una cosa desprovista de principios, algo neutral; no es más que un objeto común y corriente. Sin embargo, en manos de un aborigen australiano, o de un bosquimano del Kalahari, no sería más que una pieza de metal inútil. Quizá el armazón les podría servir para algo, pero el resto sería simplemente chatarra. ¿Por qué? Porque la máquina de lavar lleva incorporadas las intenciones de sus constructores y los valores culturales de la sociedad que la ha producido. Para alguien perteneciente a otra cultura -con unas motivaciones bastante diferentes- el objeto no tiene ninguna utilidad. La lavadora lleva imbuidos los valores de una sociedad moderna, industrial y orientada al consumo. La máquina precisa electricidad y un sistema de cañerías y desagües. Depende de una industria de detergentes y de un sistema de transporte e intercambios de dinero, específicos de un determinado trasfondo cultural. Ha sido fabricada con cierta actitud hacia el trabajo. No es neutral en absoluto; aceptar una máquina de lavar supone aceptar un modo de vida específico, una actitud específica hacia la naturaleza, una actitud específica en cuanto al lugar que ocupa el hombre en el mundo. La tecnología contiene una fuerte carga de valores. Su falta de neutralidad no sólo atañe al bosquimano, sino también a nosotros mismos" (Shallis, 1986: 126).

B) LA VÍA DE ACCESO ES EL PROCESO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, NO SU RESULTADO FINAL

Como ya se dijo, la mejor forma de comprender qué es la ciencia o qué es la tecnología, o mejor dicho, cómo se elaboran los procesos sociotécnicos precisa de una deconstrucción histórica realizada, preferentemente, a través de estudios de caso. En consecuencia, la historia lineal y lógica queda superada por el siguiente esquema sobre el proceso de innovación y desarrollo (Álvarez, Martínez y Méndez, 1993: 40):

También queda superado otro de los obstáculos que impiden seguir la pista de la configuración de la ciencia y la tecnología: el mito del inventor. El elemento más



atractivo de este mito es el componente *¡Eureka!*, un instante maravilloso en el que se concibe el artefacto como un todo y, ya desde el principio, haciéndose presentes sus usos posibles. Sin embargo, la innovación tecnológica, el nacimiento de un nuevo artefacto, una técnica simbólica o de un esquema organizativo nuevo no se da unitariamente y de inmediato. No hay un prototipo, no hay un ejemplar ideal, y tampoco existen, *a priori*, en la mente de los constructores. En un primer momento hay un sinfín de posibilidades, como se puede apreciar en el esquema, en el que el proceso de configuración de ciencias y tecnologías se muestra con una complejidad tal, que es imposible atribuirlo a un genio inventor o descubridor, de la misma forma que es imposible considerar las innovaciones como cajas negras definitivamente clausuradas.

C) HAY QUE TRATAR TODOS LOS ACONTECIMIENTOS DE LA HISTORIA DE FORMA SIMÉTRICA

Se retoma aquí el principio de simetría enunciado por D. Bloor en su descripción del programa fuerte de la sociología del conocimiento científico. Hay que analizar de la misma manera el conocimiento que se tiene por verdadero y el conocimiento que se tiene por falso, y no identificarlo con la ciencia y la ideología respectivamente (Bloor, 1976). Es decir, es inaceptable atribuir el éxito a cuestiones técnicas y

racionales, y el fracaso a cuestiones sociales. Tampoco la visión de P. Feyerabend, según la cual, las grandes teorías de la historia de la ciencia que han resultado victoriosas se han impuesto a sus rivales mediante la propaganda intencionada y el engaño, y cita como ejemplo el caso de las leyes de Mendel (Feyerabend, 1978) es aceptable. Aquí no se comparte esta crítica, aunque a veces haya sucedido —fusión fría, el hombre de Piltdown...—, sino que se relaciona el *triunfo* de una teoría o un artefacto, más allá de su relación con la verdad o la eficiencia, por su relación con componentes sociales y técnicos (y con todos los enumerados en el esquema sobre innovación y desarrollo). Para ilustrarlo se va a utilizar un ejemplo extraído de uno de los más reconocidos historiadores de la ciencia. Stephen Mason atribuye el triunfo de teoría de la evolución de Darwin sobre la de Kropotkin al sistema político y económico de la época. La teoría de Darwin se basaba en dos leyes básicas: el nacimiento de más miembros de los que pueden sobrevivir de cada especie y la supervivencia de los más aptos (selección natural). La vida sería una lucha constante entre miembros de una misma especie. A Kropotkin, pensador anarquista, le resultaba imposible que a la lucha contra el medio, los individuos de cada especie tuvieran que añadir la lucha contra miembros de su propia especie; y de sus observaciones, algunas tan precisas como las de Darwin, extrajo la teoría de la ayuda mutua: **para Kropotkin sobrevive el más fuerte, sí, pero el más fuerte es aquel individuo que sabe cooperar más**, creando así una teoría acorde con su ideología libertaria, que prima la cooperación sobre la competencia. Evidentemente su teoría no coincidía en absoluto con la teoría liberal del capitalismo dominante.

Mason atribuye lo bien recibida que fue la teoría de Darwin a su coincidencia con la ideología capitalista, tanto en lo que respecta a la apología de la competencia, como en la legitimación de que la sociedad se divide en miembros más fuertes y otros más débiles que tienden a desaparecer. La tesis de Mason es la siguiente: “La idea de la evolución de Darwin chocaba frontalmente con las ideas religiosas predominantes de la época, pero confluía plenamente dentro de la corriente de principios de pensamiento victoriano sobre el *laissez-faire*, cuando las teorías de los economistas políticos británicos y de los filósofos utilitaristas habían triunfado entre la opinión inglesa, junto con las ideas del progreso y la evolución [...] Cuando apareció *El origen de las especies* de Darwin, Spencer extendió la teoría de la selección natural a la sociedad humana, ya que veía la supervivencia de los más aptos no sólo como el mecanismo de la evolución orgánica, sino también como la forma de progreso de la humanidad. Concretamente, a los ojos de Spencer, la teoría justificaba las políticas del *laissez-faire*: el libre comercio y la competencia

eran las formas sociales de la selección natural. Inmiscuirse sería interferir en el proceso de evolución cósmica y desajustar el vehículo del progreso humano. Esta interpretación del darwinismo, en términos del *ethos* típico del liberalismo, contribuyó a profundizar la popularidad de la teoría en los círculos de las clases medias. Hubo muchas críticas a la teoría de Darwin, desde posiciones científicas, sociales y teológicas, pero [al contrario de lo que se piensa y difunde los científicos en general] en Inglaterra se aceptó con bastante rapidez" (Mason, 1986: vol. 4, 46).

Sería tan fácil desestimar y atribuir el fracaso de la *ley de la ayuda* mutua de Kropotkin a su contenido ideológico, como atribuir el triunfo de la teoría de la *selección natural* de Darwin a su correcta descripción de la evolución. Todas las revisiones, matizaciones y cambios que se han hecho a lo largo del siglo XX muestran las deficiencias de la teoría de Darwin, lo cual anularía el análisis asimétrico. Además, si sólo se hace referencia a la idea de la evolución, no se entiende que Lamarck —reivindicado nuevamente a principios del siglo XXI— haya sido menospreciado como un rudimentario antecedente de Darwin, a la manera de Anaxágoras, pues fue él, el primero en desarrollar una teoría de la evolución.

Para entender la dificultad que supone este proceso de simetría se utilizará a continuación, y paradójicamente, la oscuridad que desprende el análisis y reflexión de un concepto clave: *descubrimiento*. El concepto de descubrimiento parte de la concepción realista de la naturaleza: lo que no se percibe directamente es porque está cubierto y, por lo tanto, sólo hace falta des-cubrirlo para proceder a su *descripción*. Pero el concepto de *descripción* también es insostenible y ha sido sustituido por el de *construcción*, como ya se ha insistido en este capítulo. Para profundizar en esta cuestión y mostrar la dificultad, y lo oscuro y confuso que es este concepto es interesantecitar la reflexión que hace Woolgar sobre el descubrimiento de América. "El caso de Colón y el «descubrimiento» de América muestra el importante y profundo sentido en que los descubrimientos se dan en un contexto social. En el caso de Colón, el contexto social comprende las varias décadas de preparación, la organización de las expectativas de viaje y de las actividades a realizar durante el mismo y el complejo trabajo de recopilar y dar publicidad a lo sucedido en el viaje tras su fin. Durante casi veinte años Colón no pudo conseguir ningún apoyo para la aventura de llegar a un territorio que se suponía era la costa este de las Indias. No había logrado el apoyo ni de fuentes privadas ni de las coronas portuguesa y española. La última sólo cedió tras un largo

período de deliberaciones y amenazas de que los frutos de la misión fuesen a parar a otra parte.

El viaje se planeó a partir de ciertas suposiciones sobre la geografía, el emplazamiento de la porción de tierra que debía descubrirse y la apariencia de los nativos que encontrarían. Los viajeros llevaban consigo baratijas, cuentas de vidrio, cascabeles y provisiones para un viaje de 4.000 millas. El viaje mismo se organizó en términos de la conciencia de los participantes sobre la naturaleza de la misión, sus expectativas, los incentivos por avistar tierra, etc. Finalmente, tras abandonar la tierra descubierta y partir de vuelta a casa, se desarrolló un complicado proceso de maniobras para obtener el reconocimiento oficial del descubrimiento. Esto es de vital importancia, pues, el descubrimiento no sería tomado por tal sin la aprobación institucional del significado que se le atribuye.

Durante el viaje de vuelta, Colón escribió mensajes, los introdujo en arquillas selladas y lo lanzó por la borda. En estos mensajes se pedía a quienes los encontraran que comunicaran la noticia a la corte española y se mencionaba una probable recompensa para quien lo hiciera. A pesar de todos sus temores, los descubridores putativos (pues eso es lo que eran en aquel instante) llegaron a casa sanos y salvos. Colón puso entonces en marcha una vasta y compleja red de comunicados y publicaciones en los que se daba a conocer el descubrimiento. Su primera carta a la corte española se reimprimió ampliamente por toda Europa, culminando en la aceptación vaticana de la reclamación por parte de España de las tierras descubiertas.

A partir de este ejemplo surgen dos cuestiones de vital importancia. En primer lugar, el descubrimiento es más un proceso que un hecho puntual en el tiempo. Es un proceso consistente en planificar, anticipar, solicitar apoyo y obtener la aprobación institucional con respecto a una definición o afirmación (de que el descubrimiento ha tenido lugar). Al decir que Colón descubrió América, estamos resumiendo el resultado de un extenso período de afirmaciones y definiciones, y optando por un determinado resultado, sancionado por un determinado agente social en un tiempo determinado. En segundo lugar, el proceso de descubrimiento se extiende a través del tiempo tanto antes como después del anuncio o afirmación inicial. Hemos visto ya que el descubrimiento de Colón se cimentó sobre décadas dedicadas a la preparación y la búsqueda de ayudas. Pero el proceso de moldear y dar forma a la naturaleza de lo que Colón había conseguido continuó aún mucho tiempo después de haber logrado la aprobación vaticana. Colón realizó más viajes,

persistiendo en la idea de que las tierras que había encontrado eran unas islas situadas ante la costa este de las Indias. Casi diez años después del primer viaje, otro explorador -Américo Vesputio- afirmó haber encontrado una gran extensión de tierra contradiciendo, así, la suposición de Colón. Esta afirmación encontró resistencias, pues la idea de hallar nuevas partes del mundo contravenía la noción cristiana dominante de que la tierra era una entidad uniforme y conocida. De todos modos, la versión de Vesputio prevaleció y las historias del siglo XVI re-escribieron el logro de Colón, afirmando entonces que había descubierto América -una extensión de tierra insospechada hasta la época- en contra de sus propias afirmaciones. (Woolgar, 1988: 88-92)

D) NO EXISTE UN MÉTODO CIENTÍFICO ÚNICO, LÓGICO Y RACIONAL

La existencia de un único método dotado de lógica y racionalidad es otro mito muy extendido en el estudio de la ciencia, pero que será insostenible con la nueva concepción constructivista. Las dudas acerca de esta concepción dieron lugar al trabajo pionero de **Steve Woolgar y Bruno Latour** cuando juntos escribieron *Laboratory life: The Construction of scientific facts*, uno de los libros más influyentes en este nuevo tipo de investigaciones. Los numerosos estudios que siguieron ese modelo han permitido construir una concepción de la ciencia radicalmente opuesta a la visión estándar. Porque, sin duda, no es lo mismo documentarse con los resultados de la ciencia ya elaborada que adentrarse en el proceso de elaboración de la ciencia. Por ello, **frente a la claridad de la exposición de resultados en revistas especializadas o en libros de texto, lo más inmediato y lo más real de la práctica científica es el caos existente en el laboratorio y la complejidad que supone toda la actividad científica** (Latour y Woolgar 1979; Latour 1987).

Así lo expresa Woolgar: "El rasgo más sorprendente de la práctica científica es el extremo desorden del laboratorio; lo confuso que resulta el trabajo científico. La imagen ordenada y pulcra que se filtra a través de las explicaciones idealizadas del proceder científico tiene poco que ver con la esgrima de la práctica cotidiana del laboratorio. [...] La presión circunstancial de los sucesos de la vida diaria en el laboratorio significa que las decisiones y las acciones raramente se desarrollan bajo la forma de una desapasionada búsqueda de la verdad. A los científicos no les sobra mucho tiempo para dedicarlo a evaluar reflexivamente el estatus epistemológico de sus acciones e interpretaciones. Un *filosofar* de este tipo es más común entre los

miembros más viejos y respetados de la comunidad o entre los desafectos y marginados de la misma. Para la mayoría, el objetivo principal y más inmediato es hacer que las cosas funcionen. Su preocupación es más instrumental (becas, triunfos, nuevos experimentos) que epistemológica. **La orientación instrumental apoya la conclusión de que la actividad científica debe entenderse como constructiva antes que descriptiva.** Si alguien me dijera que cierta aleación muestra una temperatura de cristalización cercana a la temperatura ambiente del laboratorio, podría excitarme, pero no sería porque me estuviera revelando la verdad, sino porque esa información me capacitaría para preparar otro tipo de experimento, para solicitar una beca de investigación o para acabar de una vez por todas con las afirmaciones de mis competidores. [...] Tal vez resulte menos obvio que toda una serie de decisiones y valoraciones impregnan la llamada materia *bruta* del laboratorio. Los animales de experimentación se seleccionan y alimentan cuidadosamente. Se les inoculará cáncer que en consecuencia no contraen de forma natural. Las muestras de metal se escogen entre una variedad de procedencias, el agua usada en los experimentos se purifica, etc. (Woolgar, 1988: 132)

Feyerabend ya había puesto en entredicho la existencia de un método científico (Feyerabend, 1975), y había anticipado el estudio socio-antropológico, que tuvo a los científicos como objeto de estudio, con su famoso **todo vale**. Este estudio socio-antropológico puso de manifiesto que para la mayoría de científicos, el objetivo principal y **urgente** es obtener resultados prácticos. Frente a la visión tradicional del científico que, llevado por la curiosidad propia del ser humano, desea conocer la verdad, ahora se ha observado que su preocupación es más instrumental (publicar resultados, figurar en *rankings* de citas, ser invitados a congresos, conseguir financiación, becas, dotaciones para el laboratorio, propiciar nuevos experimentos y alcanzar prestigio y reconocimiento) que epistemológica. Los científicos no pueden describir la realidad; **la naturaleza, lo que es, es el producto final del trabajo científico y la actividad científica sólo puede entenderse como constructiva** (Knorr-Cetina, 1980).

E) LOS HECHOS O DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS SÓLO LLEGAN A CONSIDERARSE COMO TALES CUANDO EL COLECTIVO DE CIENTÍFICOS DE LA ESPECIALIDAD LOS ACEPTA.

En el ámbito de todas las ciencias existen las controversias. Las controversias científicas son, de hecho, mucho más comunes de lo que las personas ajenas a la ciencia tienden a pensar. Los científicos se enfrentan a menudo entre sí porque

consideran que ciertos experimentos no están bien realizados, creen que los datos no están interpretados de forma correcta, consideran que las conclusiones de un artículo no están justificadas suficientemente o dudan de la fiabilidad de los instrumentos o artefactos utilizados.

El estudio de las controversias científicas revela, entre otras cosas, que, contra la creencia habitual, **los resultados de los experimentos no son autoevidentes**. Esto sucede porque las mismas condiciones de la experiencia son situaciones artificiales, son realizaciones técnicas. De manera que, hacer experimentos es más bien una actividad destinada a la producción de efectos técnicos, se trata más de una construcción de máquinas que de una investigación de la naturaleza; se trata más de producir procesos o estados artificiales que de una búsqueda de enunciados verdaderos. Siempre es posible interpretar los datos experimentales de más de una forma y, a menudo, científicos distintos proponen interpretaciones incompatibles de un mismo experimento. Incluso, en ciertos casos, se hace difícil establecer un acuerdo sobre las condiciones en que un experimento debe ser considerado correctamente realizado. El siguiente texto de Collins y Pinch explica de forma divertida esta cuestión: "El profesor pide a la clase que descubra el punto de ebullición del agua; han de introducir un termómetro en un recipiente y tomar una lectura cuando el agua esté hirviendo de manera estable. Una cosa es segura: a casi nadie le saldrán 100 °C, a menos que ya sepa la respuesta y quiera complacer al profesor. A Skip le saldrán 102 °C, a Tania 105 °C, A Johnny 99,5 °C, a Mary 100,2 °C, a Pirao 54 °C, Brian ni siquiera será capaz de obtener un resultado, Abundio calentará el recipiente sin agua y quemará el termómetro. Diez minutos antes del final del experimento el maestro juntará estos resultados científicos y empezará la ingeniería social. Skip puso el termómetro en una burbuja de vapor sobrecalentado al tomar la medida. Tania tenía algunas impurezas en el agua, Johnny no dejó que el recipiente se calentase hasta que el agua hirviera del todo, el resultado de Mary refleja el efecto de una presión atmosférica ligeramente mayor que al nivel del mar, Pirao, Brian y Abundio no han logrado la categoría de científicos investigadores totalmente competentes. Al final de la lección, cada chico tendrá la impresión de que su experimento ha demostrado que el agua hierve exactamente a 100 °C, o que lo habría hecho de nos ser por unas cuantas dificultades locales que no afectan al mundo maduro de la ciencia y la técnica, con su personal preparadísimo y sus aparatos perfeccionados. Esos diez minutos renegociando lo que verdaderamente pasó es lo que de verdad importa. Si, una y otra vez, los profesores y sus alumnos se parasen a reflexionar sobre esos diez minutos, aprenderían casi todo lo que hay que aprender de la sociología de la ciencia. Pues esos diez minutos ilustran mejor

los trucos de la ciencia avanzada profesional que cualquier universidad o laboratorio con sus resultados predecibles y bien ordenados. Eddington, Michelson, Morley, Weber, Davis, Fleischmann, Pons, Pasteur y Pouchet son Skips, Tánias, Johnnys, Marys, Piraos, Brians y Abundios con limpias batas blancas y el título de doctor antes sus nombres. A todos ellos les salieron resultados abrumadoramente divergentes. Hay teóricos cerniéndose por todas partes que, como el maestro, explican e intentan reconciliar. Al final, sin embargo, es la comunidad científica (¿el maestro en jefe?) la que pone orden en este caos, y transmuta las torpes bufonadas de la Ciencia del Gólem colectivo en un mito científico claro y ordenado. **Nada malo hay en ello, el único pecado es no saber que siempre es así** (Collins y Pinch, 1993).

En los casos en que la *evidencia empírica* (los datos recogidos en el experimento) no basta para favorecer una interpretación sobre las demás, entran en juego consideraciones sociales de diverso orden que normalmente se consideran ajenas a la actividad científica. Los científicos evalúan entonces las distintas opciones en base a criterios estéticos, las trayectorias profesionales de sus defensores o el prestigio de sus laboratorios. Los elementos sociales son, pues, inherentes al propio proceso de producción del conocimiento científico.

Sólo cuando las controversias se cierran, en el momento en que una parte significativa de la comunidad científica logra establecer un acuerdo —a veces al cabo de varios años²³—, una afirmación concreta puede convertirse en un hecho científico que, entonces, se incorpora a otros artículos científicos, a los libros de texto o se utiliza para construir nuevos artefactos o instrumentos de laboratorio. **El destino de una afirmación hecha por un científico está, pues, siempre en manos del resto de científicos. Los hechos o descubrimientos científicos sólo llegan a considerarse como tales cuando el colectivo de científicos de la especialidad los acepta. En este sentido, la ciencia debe entenderse, por encima de todo, como una actividad colectiva y, por lo tanto, social²⁴.**

Según Woolgar, la actividad científica resulta ser social en tres sentidos principales: "En primer lugar, es claramente algo social antes que individual, en el sentido

²³Un ejemplo ya clásico es el pacto entre los presidentes de Estados Unidos y Francia para cerrar la controversia sobre el descubrimiento del virus del SIDA, y todo lo que ello suponía en cuestiones de prestigio, financiación, patentes...

²⁴Un ejemplo de este punto es la reciente decisión (2006), tomada por un grupo de astrónomos componentes de la IAU (siglas en inglés de Unión Astronómica Internacional). Excluyeron a Plutón de la lista de planetas del Sistema Solar, ya que, por su composición química, Plutón se parece más a un núcleo de cometa grande que a un planeta pequeño. Su tamaño es minúsculo y su órbita no está alineada con la de los demás planetas. Para clasificarlo, la IAU ha definido una nueva categoría. La de los planetas enanos.

limitado de que la mayor parte de la ciencia requiere trabajo en equipo; los científicos modernos forman parte necesariamente de un equipo, si no de una comunidad de iguales. Y, por supuesto, incluso la actividad individual se orienta necesariamente a una comunidad lingüística en la que todo pensamiento, acción y reflexión encuentra su significado. En segundo lugar, la actividad científica es social en el sentido de que toda acción científica está impregnada de preselecciones. En concreto, no es posible distinguir entre la dimensión social y la técnica de la actividad científica. Los pormenores esotéricos, técnicos y científicos del conocimiento científico son sociales. En tercer lugar, la ciencia es social en el sentido de que los científicos no dirigen sus actividades hacia la naturaleza o la realidad, sino hacia un campo agonístico: la suma total de las operaciones y argumentos de otros científicos. La naturaleza y la realidad son los subproductos de la actividad científica, más que sus elementos determinantes. Esto nos capacita también para ver cómo la ciencia está impregnada de política, no en el sentido restringido de las cuestiones de financiación o de los intereses comerciales o gubernamentales, sino respecto a una completa gama de estrategias retóricas, de argumentación, de movilización de recursos, etc. Las negociaciones sobre lo que debe considerarse una prueba en ciencia no son menos desordenadas que cualquier discusión política entre abogados, políticos o científicos sociales" (Woolgar, 1988: 142).

Como señala Latour, la naturaleza aparece al final de la controversia. "Mientras abundan las controversias, la naturaleza nunca se utiliza como árbitro final ya que nadie sabe lo qué es y dice. Pero una vez la controversia se cierra, la naturaleza es el árbitro decisivo. Esta repentina inversión de lo que cuenta como juez y parte es, aunque al principio anti-intuitivo, tan fácil de comprender como la transformación de un nuevo objeto que recibe el "nombre de la acción" y que se convierte en cosa con gran rapidez. Mientras haya un debate entre endocrinólogos sobre el GRF y la GHRH, nadie puede intervenir en las discusiones diciendo "yo sé lo qué es, la naturaleza me lo ha dicho. Es esa secuencia de aminoácidos". Dicha afirmación sería recibida con burlas, a menos que su mentor sea capaz de mostrar sus cifras, citar sus referencias y mencionar las fuentes en que se apoya; en resumen, escribir otro artículo científico y equipar un nuevo laboratorio como en el caso que hemos estudiado. Sin embargo, cuando se toma la decisión colectiva de convertir la GHRH de Schally en un artefacto y el GRF de Guillemín en un hecho incontrovertible, la razón de dicha decisión no se imputa a Guillemín, sino que inmediatamente se atribuye a la existencia independiente del GRF en la naturaleza. Mientras dure la controversia, ninguna apelación a la naturaleza puede presentarse como una fuerza

suplementaria en favor de uno de los dos bandos (en el mejor de los casos es un invocación y, en el peor, un bluff). En cuanto el debate se detiene, el suplemento de fuerza ofrecido por la naturaleza se considera la explicación de por qué el debate se detuvo (y de por qué al final se desenmascararon los fraudes y errores)” (Latour, 1987: 95).

F) LA ACTIVIDAD TECNOCIENTÍFICA ES CONTINGENTE Y SU DESARROLLO MULTIDIRECCIONAL

La actividad tecnocientífica se caracteriza como una sucesión **contingente** de oportunidades y circunstancias. Su escenografía es más parecida a la que encontramos en un laberinto en el que a cada paso hay que elegir y decidir entre diferentes rutas; en este contexto de multiplicidad de alternativas, es fundamental destacar, en coherencia con el objetivo de esta tesis y a fuerza de ser repetitivo, que las opciones de valores no aparecen al final del proceso de innovación sino que están integradas en el tejido sin costuras que conforman la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Estudiar la ciencia y la tecnología en acción, en su escenario vivo y no disecada como aparece en los libros de texto, es verla como un hilo más de la red, del tejido, y no como aquello que lo teje: cada diente de un engranaje, las agujas, el trenzado del hilo, los pistones, cualquier soldadura o el dibujo de un circuito impreso son parientes de las instituciones donde se desarrollan, de las ventajas que ofrecen a sus poseedores; comparten, además, los conflictos donde median y, cada vez más, protagonizan y encarnan la obsolescencia y caducidad de los saberes, técnicas, pericias y alternativas de los adversarios de sus promotores. Analizar la ciencia y la tecnología en acción, es decir, trenzada con la sociedad y los valores, permite reconocer que la innovación tecnológica no está orientada por un único factor, sino que lo que la caracteriza es precisamente su dinámica, su acción, su **multidireccionalidad** (posibilidad de seguir múltiples caminos de desarrollo imprevisibles). La multidireccionalidad se presenta como la forma de comprender y explicar más acertadamente cómo interactúan la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Dicho más exhaustivamente, el desarrollo socotécnico no se orienta por un único factor: la sustitución de teorías y técnica no ha sido una sucesión autónoma de mejoras, sino que ha estado acompañada por la persuasión y por la fuerza, por la contingencia y la imprevisibilidad, por los abandonos y las derrotas, por

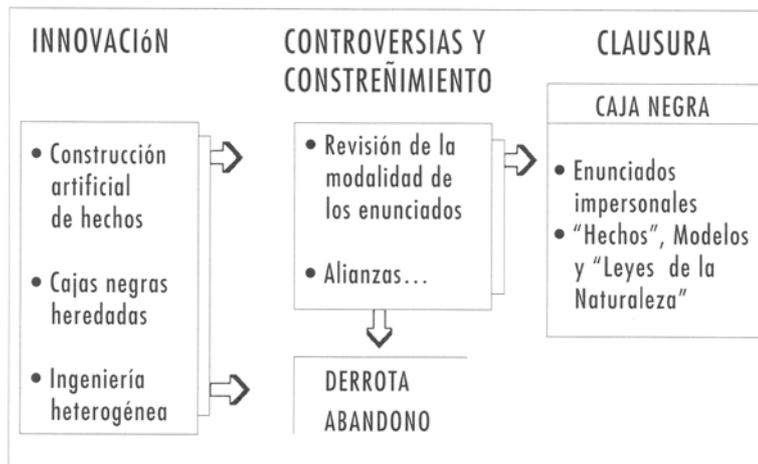
evaluaciones de los grupos sociales relevantes, de los grupos afectados, etc. Es un proceso dinámico caracterizado porque en cada momento se enfrenta a una sucesión contingente de oportunidades y circunstancias en las que siempre se dan múltiples posibilidades y nuevas elecciones de ruta. Para advertirlo fue necesario abrir la caja negra y deconstruir su historia, mediante la cual se llega a la conclusión de que los hechos y tecnologías existen como producto de una mezcla de accidentes, habilidades, iniciativas, pasiones, observación precisa, ambición, codicia, guerras y revueltas, creencias religiosas, cambios climáticos, instrumentos, estrategias, materiales, alianzas, altercados, coincidencias, controversias, secretos, ritos, herramientas, supersticiones, derrotas, abandonos, plagios, éxitos, deseos, formas de vida, imaginación, concertaciones, experimentación, obsesiones, fanatismo, oportunidades, manipulación, retórica, reutilizaciones... Seguir este rastro es lo más similar a seguir una historia de detectives.

En consecuencia, es un proceso cuyos componentes son mucho más que teorías científicas, genios solitarios e investigaciones básicas, y ese mucho más es lo que nos permite comprender que la dinámica del cambio sociotécnico no es, en absoluto, unidireccional, sino que al mismo tiempo que la tecnología construye la sociedad, los grupos y actores sociales, con sus valores e intereses, configuran la tecnología. En los últimos años se ha escrito bastante sobre conceptos tradicionales, ciencia, tecnología, sociedad, y sobre conceptos nuevos como tecnociencia, científico-tecnológico o socio-técnico; sin embargo, no ha sido suficiente para abordar qué ocurre entre aquellos tres. Por este motivo, en lugar de la distinción carente de sentido entre "relaciones sociales", "aplicaciones tecnológicas" o "demostraciones científicas", es preferible hablar de **ingeniería heterogénea** o tecnociencia en acción. Se entiende por ingeniería heterogénea aquella labor a la que se ve obligado un científico, un sociólogo o un tecnólogo si quiere conservar a sus colaboradores, mantener a raya a sus enemigos y a los colaboradores de éstos, acceder o mantenerse en el circuito de las publicaciones, congresos, conferencias y seminarios, conseguir subvenciones y ayudas, construir o seguir equipando su laboratorio, tener un papel importante en el establecimiento del poder, seguir siendo o llegar a ser una autoridad en la materia y hacer triunfar el resultado de su trabajo. Con otras palabras, más brevemente, en el proceso de construcción de las tecnologías, "lo social", "lo científico" y "lo tecnológico" es indistinguible e inseparable. En palabras de John Law, un ingeniero exitoso no es únicamente un genio técnico, sino también un mago económico, político y social, es decir, un ingeniero heterogéneo (Bijker y Law, 1992 a).

G) EL PROCESO DE CLAUSURA SIMULA LA LLEGADA A LA VERDAD Y A LA OBJETIVIDAD

Cuando terminan las controversias, cuando el ingeniero heterogéneo triunfa, se produce la clausura: se ha construido una caja negra (Álvarez, Martínez y Méndez, 1993: 25):

CONSTRUCCIÓN DE UNA CAJA NEGRA



Muchas veces el resultado publicado y escrito impersonalmente (como si no hubiera participado sujeto alguno, como si fuera el mismísimo Dios el que lo haya escrito (Latour, 1987), se identifica con la **verdad**, o al menos con el resultado **objetivo** de una investigación. Estos dos conceptos serán muy importantes y por ello se tratará, exhaustivamente, a continuación. El primero se centrará en analizar la posibilidad de que la ciencia sea un proceso de acumulación de conocimientos encaminado hacia la verdad, y en el segundo se pondrán objeciones a qué se puede considerar objetividad, pues si es aceptado que no existen percepciones puras, también subyace la idea de que los aparatos de la alta tecnología permiten excluir las capacidades individuales de cualidad sensorial del proceso empírico de recogida de datos.

H) EL CAMINO DE LA HISTORIA DEL CONOCIMIENTO NUNCA ES UN CAMINO HACIA LA VERDAD, SINO HACIA UN NUEVO TIPO DE INTELIGIBILIDAD QUE COMPORTA UNAS U OTRAS FUNCIONALIDADES PRÁCTICAS

La verdad no puede nunca ser el resultado final, así lo dejó patente Platón: "¿Y de qué manera vas a investigar, Sócrates, lo que no conoces en absoluto? Porque ¿qué es lo que, de entre otras cosas, vas a proponerte como tema de investigación? O, aún en el caso favorable de que lo descubras, ¿cómo vas a saber que es precisamente lo que tú no sabías?" (Platón, *Menón*, 87d). Por ello, el planteamiento racionalista exige la existencia de un mundo inteligible, como en el caso de Platón, o de ideas innatas como en el caso de Descartes. Afirmar que la ciencia es un proceso de acumulación de conocimiento cuya meta es la verdad, aunque nunca se logra definitivamente, como sostiene Popper y como está implícito en la concepción tradicional, no es más que un planteamiento engañoso, encaminado posiblemente a estimular y legitimar el trabajo científico.

Una vez más se puede recurrir a Kuhn, una de cuyas tesis principales, basada en estudios de historia de la ciencia, es la inconmensurabilidad de las teorías. No se puede hablar de un progreso constante, pues cada nueva teoría niega la anterior y, al mismo tiempo, crea un mundo que tampoco se puede comparar con el anterior; este no se puede analizar con los nuevos mitos, teorías o instrumentos: se ha producido una revolución. Para Kuhn, ya se dijo, la historia de la ciencia es incontrastable, y la única comparación posible se reduce a juicios estéticos, juicios de valor, prejuicios metafísicos, anhelos religiosos; en resumen, a cuestiones puramente subjetivas. Es difícil utilizar la teoría del progreso lineal, y más que considerarse que se produce una acumulación de conocimiento, es más preciso, prudente y conveniente hablar de una nueva forma de representar la realidad.

Para ilustrar esta desmitificación, se ha seleccionado el siguiente texto de J. Burke, que plantea el ideal de la acumulación de la ciencia para después dejarlo reducido a una representación de la realidad: "la ciencia, generadora de acumulación de conocimiento a través de los siglos, parece ser a primera vista como única entre las actividades de los seres humanos. Es objetiva, utiliza métodos de investigación y prueba que son imparciales y exactos. Las teorías se construyen y luego se contrastan por medio de la experimentación. Si los resultados son repetibles y no pueden ser falsificados de ninguna manera, sobreviven. Si no, se eliminan. Las reglas se aplican con rigidez. Las normas que utiliza la ciencia para juzgar su trabajo son universales. No puede haber ningún pretexto especial en la búsqueda

de la verdad: el objetivo es sencillamente descubrir cómo funciona la naturaleza y utilizar esa información para realzar nuestras vidas físicas e intelectuales. La lógica que dirige la búsqueda es racional e ineluctable siempre y bajo cualquier circunstancia. Esta cualidad de la ciencia trasciende las diferencias que en otros campos hace que un período sea inconmensurable con otro, o que una expresión cultural no se pueda traducir a otro contexto. La ciencia no sabe de limitaciones contextuales. Únicamente busca la verdad. Pero, ¿qué verdad? En épocas pasadas la realidad se observaba de un modo diferente. Las diferentes sociedades que coexisten en el mundo moderno tienen diferentes estructuras de la realidad. En esas estructuras, pasadas y presentes, las formas de comportamiento revelan la idiosincracia cultural de un medio ambiente social o geográfico particular. Los esquimales tienen muchas palabras para *nieve*. Los gauchos sudamericanos describen el montar a caballo de muchas formas sutiles como no lo pueden hacer otras nacionalidades. El espacio personal de un árabe, la distancia más cerca que permite entre él y un extraño, es mucho más corta que la que adopta un escandinavo. Incluso a nivel individual, las percepciones de la realidad son únicas y autónomas. Cada uno de nosotros tiene su propia estructura mental acerca del mundo a través de la cual puede reconocer nuevas experiencias. En el mundo actual lleno de nuevas experiencias, ésta capacidad es necesaria para sobrevivir. Pero por definición, la estructura también proporciona al usuario hipótesis sobre sucesos antes de que los experimente. Estos sucesos luego encajan con la hipótesis, o se rechazan por ser irreconocibles y carentes de significado. Con otras palabras, sin estructura no puede haber realidad.

[...] El conocimiento adquirido a través de la utilización de cualquier estructura es selectivo. **No existen normas o creencias que guíen la búsqueda de conocimiento que no dependan de una estructura.** El conocimiento científico, en suma, no es necesariamente la representación más clara de lo que es la realidad; es el artefacto de cada estructura y su herramienta. Descubrimiento es invención. El conocimiento es una construcción humana. Si esto es así, entonces todas las visiones de todos los tiempos son igualmente válidas. No existe una realidad, absoluta, final, super-ordinaria, metafísica. No hay una dirección especial para los sucesos. El universo es lo que nosotros decimos que es. Cuando las teorías cambian, el universo cambia. La verdad es relative" (Burke, 1985: 307-08, 337).

Si los argumentos utilizados en este apartado no son suficientemente convincentes, el lector puede acudir al punto K en el que, al tratar sobre la evaluación de

tecnologías, se cita un caso concreto y real sobre el sitio apropiado para instalar centrales nucleares.

I) LA PERCEPCIÓN NO ES UNA FOTOGRAFÍA PASIVA DE LA REALIDAD, LA OBJETIVIDAD PERCEPTIVA ES UNA CONSTRUCCIÓN ACTIVA.

La clausura en el proceso de innovación y desarrollo supone el triunfo del ingeniero heterogéneo. Por tanto, no se puede pretender que la teoría resultante sea un producto objetivo: en él han intervenido activamente muchos sujetos. En este apartado, se seguirán tres argumentos para desmitificar la objetividad, otra concepción fuertemente arraigada y consolidada en la concepción tradicional. Primero, estirando del argumento de Popper que *malgre lui* incluyó las expectativas del investigador como componente ineludible del trabajo científico; segundo, con la crítica que hace Nietzsche cuando reivindica las cualidades secundarias y rechaza la simplificación artificial de reducir el objeto de conocimiento únicamente a las cualidades primarias que tuvo lugar a partir de la revolución científica; y tercero, argumentando contra la idea de que puede existir una percepción pura o que, si esta no fuera posible, los instrumentos lo harían posible, pues estos sí son neutrales.

El investigador tiene expectativas y selecciona el objeto de estudio

Ningún investigador parte de cero. Pero además de todo lo dicho —intenciones del grupo investigador, instrumentos, materia prima, etc., las expectativas del científico introducen la subjetividad en su trabajo diario, en el que, además, tiene que realizar selecciones constantes, dando entrada a sus preferencias, intuiciones, capacidades, necesidades o deseos. Para ilustrar esta cuestión se utilizará un texto del historiador E. H. Carr que además de reflexionar sobre su actividad profesional y sobre las ciencias sociales en general, puede ser extrapolado al ámbito de cualquier ciencia. La metáfora final es perfecta para clarificar de qué se habla cuando se habla de las expectativas y selecciones del investigador: “¿Qué criterio separa los datos históricos de otros datos del pasado? ¿Qué es un hecho histórico? Esta es una cuestión crucial en la que nos hemos de fijar con mayor atención. Según el punto de vista del sentido común, hay hechos básicos que son los mismos para todos los historiadores y que constituyen, por así decirlo, la espina dorsal de la historia: el hecho, por ejemplo, que la batalla de Hastings se produjera en el año 1066. [...] La segunda observación que hemos de hacer es que la necesidad de fijar estos datos básicos no se apoya en ninguna cualidad de los propios hechos, sino en

una decisión que formula *a priori* el historiador. [...] Todo periodista sabe que la forma más eficaz de influir en la opinión pública consiste en seleccionar y ordenar los hechos adecuados. Se solía decir que los hechos hablaban por sí mismos. Es falso, por supuesto. Los hechos sólo hablan cuando el historiador apela a ellos: él es quien decide con qué hechos cuenta, y en qué orden y en qué contexto. [...] La única razón por la cual nos interesa saber que la batalla de Hastings tuvo lugar en el año 1066 es porque los historiadores lo consideran un hecho de importancia primordial. Es el historiador el que ha decidido, por sus propias razones, que el paso de aquel arroyo, el Rubicón, por Cesar, es un hecho que pertenece a la historia, mientras que el paso del Rubicón por millones de personas antes y después, no interesa en absoluto a nadie. [...] La creencia en un núcleo óseo de hechos históricos existentes objetivamente y con independencia del historiador es una falacia absurda pero difícil de desterrar. [...] La reconstrucción del pasado en la mente del historiador se apoya en la evidencia empírica. Pero no es propiamente un proceso empírico, ni puede consistir en una mera enumeración de datos. Al contrario, el proceso de reconstrucción está regido por la selección y la interpretación de los hechos: eso es precisamente lo que los hace históricos [...] Los hechos no se parecen en nada a los peces que se encuentran en la pescadería. Se parecen, más bien, a los peces que nadan en un océano amplio y a veces inaccesible; y lo que el historiador pesque dependerá, en parte, de la suerte, pero, sobre todo, de la zona del mar en que decida pescar y de los instrumentos que haya elegido, determinados, sin duda, por el tipo de peces que pretenda atrapar. En general, puede decirse que el historiador encuentra la clase de hechos que busca. Historiar significa interpretar. (Carr, 1961: 142-145)

El rechazo a la matematización de lo real.

Una característica que ha influido en la consideración de la ciencia como objetiva se basa en la tendencia, explicada en el capítulo 2, a eliminar las cualidades secundarias de la naturaleza y restringir la investigación a aquellas cualidades objetivables: la realidad se identifica con aquello que es medible y que se puede expresar en términos matemáticos. Las ciencias positivas han tendido a eliminar las diferencias y acentuar la metodología mecanicista. Actúa como si las ciencias explicaran al hombre, cuando en realidad es al revés: es el ser humano, el sujeto cognoscente, quien habla sobre la realidad. Al centrarse en las cualidades primarias y evitar todo lo demás, la ciencia se convierte en un conocimiento que sólo conoce cantidad y número pero, como advirtió Nietzsche ya en el siglo XIX, nada sabe de la pasión, de la fuerza, del amor o del placer, que son componentes básicos de la vida del sujeto y el punto de partida de todo su quehacer. Como ya se citó antes,

pero vale la pena repetir con Mumford: "Por el orden y la claridad se deja de lado la función más característica de todos los organismos: la capacidad de registrar y acumular experiencia y de reinterpretar continuamente las actividades presentes en relación de los acontecimientos tanto recordados como previstos o imaginados. Por su inclinación al absolutismo político, Descartes allanó el camino a la eventual militarización de la ciencia y la tecnología. Descartes no vio que los complejos procesos y los acontecimientos singulares de la historia y la biografía, la mayoría de los cuales permanecen inobservables y son por definición irrepetibles, son manifestaciones de la naturaleza no menos importantes que gran cantidad de fenómenos que están abiertos a la observación, a la experimentación y a la descripción estadística. No solamente tal y como es conocida, sino como es vivida, **toda criatura viva, en efecto, conoce algo sobre la vida que ni siquiera el más brillante biólogo puede descubrir más que viviendo** (Mumford, 1970: 183).

No existen percepciones puras (ni con instrumentos de alta precisión)

No sólo la Gestalt planteó la cuestión de la imposibilidad de las percepciones puras. Como ya se señaló antes, esta escuela de psicología realizó varias demostraciones de que en toda percepción hay una mezcla de observación y teoría. Por tanto, los enunciados de observación son tan falibles como las teorías de las cuales dependen. La psicología cognitiva también se hizo eco de esta tesis. Esta escuela psicológica plantea que hay que distinguir entre sensaciones y percepciones. La sensación está compuesta por las siguientes fases: física, fisiológica y psíquica, que se corresponden con los siguientes elementos: estímulo (fenómeno físico-químico), órganos sensoriales (transmisión nerviosa con componente orgánico) y sistema nervioso central. Y, a su vez, con los siguientes resultados: estimulación-excitación, captación-transmisión, y sensación. Por tanto el proceso de la sensación se puede resumir de la manera siguiente: los estímulos son captados por los órganos de los sentidos y de manera casi simultánea se transmiten al cerebro, donde se transforman y se experimentan como sensación.

Sobre la percepción mantienen que los seres humanos no tienen una imagen del mundo exterior fragmentada o parcial como podría deducirse de lo que se ha dicho de la sensación. En realidad los seres humanos no tienen sensaciones puras, captan la realidad como un hecho ordenado y complejo, perciben el mundo de una manera estructurada, un mundo donde hay objetos. No perciben sólo un conjunto desorganizado de colores, sonidos, sabores, etc. La percepción consiste en la organización de la información recibida a través de los sentidos y que les permite

captar los objetos y, en general, tener conciencia del mundo. La percepción no es un cúmulo de estímulos, sino un todo organizado y complejo en el que intervienen numerosos factores, a saber:

- Factores subjetivos: propios del temperamento y carácter de la persona, así como de sus deseos, necesidades y expectativas;
- Factores culturales, sociales y educativos: que condicionan la propia interpretación de la realidad;
- Factores físico-fisiológicos: que envuelven los estímulos que se reciben y condicionan las percepciones.

A veces se intenta superar esta imposibilidad de una percepción objetiva con la utilización de instrumentos, **considerando a los aparatos de observación y medida como transparentes**. Es decir, respecto a los instrumentos de observación existe la idea de que extienden el ámbito de la percepción sensorial humana posibilitando la percepción a distancias y umbrales a los que no llegan los órganos humanos; y además, que hacen la percepción objetiva al excluir las capacidades individuales de cualidad sensorial. Sin embargo, los instrumentos de observación y medida, y las técnicas simbólicas y de representación, no son elementos neutrales ni transparentes respecto a los hechos *naturales* que ponen de manifiesto. No puede separarse el conocimiento de la naturaleza de las propiedades artificiales de los instrumentos de observación y medida. La experiencia de la ciencia natural moderna es una experiencia técnica y necesariamente estructurada por la instrumentación (tanto artefactual como simbólica).

Los instrumentos usados para la recolección de resultados empíricos, en forma de protocolos de observaciones o registros de mediciones, así como su representación simbólica o sus modelos informáticos, son ellos mismos parte constitutiva de estos resultados, ya no se puede ignorar que tanto las técnicas simbólicas como los instrumentos metrológicos producen fenómenos artificiales. Si tomamos como ejemplo los relojes, estos no muestran un *objeto natural*, porque el dominio de los enunciados temporales relevantes en la ciencia no existen naturalmente: la duración de un acontecimiento medida por un reloj es un fenómeno artificial. Las longitudes, velocidades, aceleraciones, masas, fuerzas... no existen independientemente de las acciones humanas. Como señala Woolgar: "Muchos de los aparatos se construyen a partir de los principios establecidos sobre los

resultados de anteriores investigaciones de laboratorio. Por ejemplo, el espectrómetro de resonancia nuclear no es una caja negra neutral, sino la encarnación de veinte años de investigación básica en física. Con sólo *usar* el aparato, los científicos apelan a la neutralidad de un mecanismo que, de hecho, se apoya y conforma a partir de una multitud de decisiones, intervenciones y elecciones previas realizadas por anteriores comunidades de científicos (Woolgar, 1988:134).

Concluimos entonces, que **la experiencia organoléptica es una experiencia obtenida mediante instrumentos y por ello sólo puede comprenderse correctamente en el contexto de acciones humanas y formas de vida**. Esto lleva a dejar de considerar la tecnología como aplicación de la ciencia básica y a considerar la ciencia natural como consecuencia, entre otros, de la tecnología. Otra consecuencia importante, que no se debe olvidar, es que el conocimiento de la naturaleza no se substraerá de las disponibilidades técnicas de cada época y, por tanto, no es independiente de la historia. En definitiva, todas las tecnologías se derivan de un ambiente social, económico, político y cultural. Las herramientas son expresiones de algunos aspectos de las necesidades del hombre, de sus deseos, de sus esperanzas y aspiraciones. Las extensiones o prolongaciones del hombre, al igual que el propio hombre, no son *meros objetos* sino que encierran una subjetividad, que es lo que les ha dado la forma que tienen. La noción de objetividad surge de una abstracción de la realidad, que el reloj lleva a cabo con el tiempo, al igual que el ordenador con el pensamiento; sin embargo, ni el tiempo ni el pensamiento son objetos *neutrales*, independientes de toda cualidad o de su percepción.

J) VISIÓN AMPLIA DE LA TECNOLOGÍA

Otra característica importante de esta nueva concepción sería su visión amplia sobre qué se entiende sobre tecnología. La tecnología entendida sólo como martillos, enchufes, videos y ordenadores crea un déficit de cultura tecnológica, pues no permite comprender cómo la sociedad configura la tecnología, al mismo tiempo que ésta construye la sociedad. Cuando se habla, por ejemplo, de los pueblos cazadores, siempre se hace referencia a las armas y herramientas que disponían; pero no se puede hacer una correcta reconstrucción ni comprender su eficacia en la caza si únicamente consideramos el ajuar de un cazador primitivo: es imprescindible sumarle a éste, no sólo las capacidades orgánicas como vista o

velocidad en carrera, etcétera, sino que se debe prestar atención a las técnicas para distribuirse en el territorio: hacer una batida, por ejemplo, comporta que la acción del grupo esté perfectamente coordinada. Las actividades y productos de la acción del hombre traspasan la mera construcción de herramientas y máquinas y se pueden entender mejor si las agrupamos en cuatro figuras: tecnologías artefactuales, biotecnologías, tecnologías organizativas y tecnologías simbólicas.

Conviene señalar que esta cuatripartición no tiene como objetivo establecer unos compartimentos independientes, sino, al contrario, proponer unas distinciones básicas, esto es, no hay tecnologías puramente artefactuales o del todo simbólicas o exclusivamente organizativas, como tampoco biotecnologías puras. Más bien se trata de considerar el componente dominante: todas las tecnologías participan, en mayor o menor medida, de componentes artefactuales, biológicos, organizativos y simbólicos.

Las tecnologías predominantemente organizativas establecen reglas de acción para agentes humanos secuenciando, por ejemplo sus gestos, sus movimientos, su fuerza y sus habilidades. Su característica más notable es que no son identificables con ningún objeto, son intangibles y, sin embargo, comportan unas modificaciones sofisticadas. Un ejemplo ilustrativo es la organización del trabajo. El toyotismo no cambia la cadena de montaje, heredada del fordismo, ni añade nuevas máquinas, pero sí altera la forma de realizar el trabajo, las interrelaciones de los trabajadores y las relaciones del trabajador con la empresa, con el objetivo de aumentar la producción. Estas tecnologías también sirven para organizar a los grupos humanos en el territorio o en las hostilidades con otras comunidades; y también forman parte del tejido sociotécnico de las relaciones de una comunidad, de su organización. Asimismo sirven para gestionar la distribución de bienes, y el reparto de lugares y funciones de las sociedades. La historia de las instituciones también forma parte de la historia de las tecnologías organizativas: desde la familia hasta todo el repertorio de instituciones para gobernarse y dirimir conflictos de las que se dotan las comunidades según su complejidad.

Las tecnologías predominantemente artefactuales son aquellas cuya dimensión física proporciona una unidad identificable, integrada por componentes materiales que, además, ocupan un espacio y gozan de cierta independencia de los agentes humanos para desarrollar su actividad. Son precisamente aquellos objetos identificados comúnmente como tecnología: desde los relojes o neveras hasta los

mísiles tierra-tierra, pasando por los televisores, los trenes, las bicicletas, las calculadoras, los teléfonos... Detengámonos en una de ellas: los molinos de viento.

Primero hay que decir que éste no era un artefacto sin más y neutral, sino que era un sistema tecnológico que comportaba un régimen nuevo para moler el trigo; pues, entre cosas implicaba para la zona la obligatoriedad de moler en el molino del rey, quedando así prohibida la molienda particular: era un dispositivo de centralización y fiscalización. Los campesinos que destruyeron los molinos experimentales de Leibniz han pasado a la historia como obtusos y supersticiosos que no aceptaban y temían las mejoras tecnológicas. No disponemos de los panfletos ni de las conversaciones de dichos campesinos, pero podemos interpretar su acción como el resultado de una evaluación negativa: deseo de no perder su autonomía, ni ver aumentados sus impuestos. ¡Había muchas personas, además de don Quijote, que veían a los molinos como gigantes!

Las tecnologías predominantemente biológicas o biotecnologías son aquellas tecnologías cuyo componente principal incide sobre la vida biológica, seleccionando o creando primero un producto y después manteniéndolo en la existencia, protegiéndolo del resto del mundo; es decir, tratan de manipular parcelas de lo vivo modificando o potenciando su estado primigenio. Algunos ejemplos pueden ser: las fermentaciones, la selección de ganado, la fecundación in vitro, las vacunas o las dietas, la ingeniería genética, la medicina o la agricultura.

Las tecnologías predominantemente simbólicas son las que se identifican con signos, rituales, símbolos, representaciones geométricas y topográficas, etc. Son técnicas de representación y de construcción: reproducen o construyen un estado de cosas substituyendo los componentes reales por signos o bien, a partir de éstos, describen propiedades y relaciones entre las construcciones de signos. Las matemáticas, la cartografía, el derecho o la moneda son ejemplos de esta figura.

Se puede analizar el ejemplo de la moneda. Es, quizá, la tecnología simbólica que más claramente ejemplifica la dimensión constructiva, autorreferencial, así como la capacidad de producir efectos y construir hechos y acontecimientos: un mundo de acciones comunicativas ligadas a otras organizativas y a disponibilidades artefactuales, un mundo creado con signos y rituales y del todo post-natural. Que ese mundo sea artificial no quiere decir que no sea real, no está vacío, no es un *engaño*, sino que muestra que la posibilidad de producir acontecimientos no es exclusiva de la acción físico-material, y con ello muestra que no hay ningún salto

entre la acción simbólica y la acción físico-material. También se puede analizar otra tecnología predominantemente simbólica como es la estadística. Es una disciplina que está investida de objetividad y neutralidad, sus fórmulas y métodos básicos, ya son una caja negra. No se trata de recordar los fraudes ni las estadísticas inventadas, sino de evaluar los trabajos realizados siguiendo correctamente las directrices al uso. Su principal valor no deriva de su potencia explicativa —sujeta a infinidad de contingencias como: quién encarga el estudio, quién lo elabora, qué ítems se seleccionan, cuál es la muestra, cómo se ordenan los datos...— ni de su precisión descriptiva, sino de su poder persuasivo. En el caso de estadísticas predictivas se trata de una persuasión peculiar, pues la propia predicción estadística contribuye a su verificación posterior. A través de la selección del vocabulario, la simplificación de las respuestas (en disyuntivas o grados numéricos) y la restricción de situaciones u opiniones posibles, permiten la construcción de los eventos: la *mayoría*, la *minoría*, *otros*, etc. Hay que añadir que la publicación de la encuesta, legitimada por su tratamiento estadístico es ya un elemento de educación y socialización sobre alternativas posibles. La estadística, aunque se autoproclame como una actividad matemática pura, es más bien una práctica que traspasa los límites simbólicos y sirve para legitimar y producir actividades humanas (Álvarez, Martínez y Méndez: 1993).

K) LA TOMA DE DECISIONES EXPERTAS ES UN DESAFÍO PARA LA DEMOCRACIA

El último punto es posiblemente el más importante, puesto que el objetivo final de *Ciencias para el mundo contemporáneo* es la alfabetización tecnocientífica, y ello comporta preparar al alumno como ciudadano que debe estar en disposición de participar activamente en la vida democrática, haciendo valoraciones y evaluaciones del proceso de innovación y desarrollo.

La posición más extendida en la evaluación de tecnologías es la que defiende la expertocracia: hay que dejar la toma de decisiones en manos de los expertos, ellos son los más indicados para realizar una toma racional de decisiones. Sin embargo, durante las últimas décadas se han ido acumulando argumentos contra esta posición. La deficiencia e inviabilidad metodológicas que siguen los expertos para asesorar la toma de decisiones se deben a varias causas:

- La dificultad de cuantificar objetivamente los costos sociales y medioambientales;

- La cuantificación no es un factor decisivo, la política científico-tecnológica se rige por otros parámetros;
- El desarrollo tecnológico es multidireccional y contingente; se caracteriza por la incertidumbre y por las certidumbres conflictivas y contradictorias. La catástrofe no tiene ley;
- La imposibilidad de cuantificar el riesgo. La imposibilidad de cuantificar el peligro. La diferente percepción del riesgo entre grupos sociales relevantes: expertos, ciudadanos, gobiernos, habitantes beneficiados, habitantes que sólo sufren el peligro, etc.;
- La opinión de los expertos es, muchas veces, interesada y poco fiable. La unanimidad suele ser resultado de decisiones políticas;
- La posición realista de la ciencia, así como su pretendida racionalidad, no se sostienen ni epistemológica, ni metodológica, ni políticamente; por ello los expertos llegan a resultados distintos sin posibilidad de alcanzar un acuerdo;
- El avance en una dirección propugnada por los expertos, indefectiblemente bloquea otras líneas de investigación, dando lugar a luchas internas;
- En una sociedad democrática la toma de decisiones expertocrática es discutida y discutible. Los grupos sociales, cuyas formas de vida se ven afectadas por la implantación de sistemas tecnológicos, tiene legitimidad para evaluar.

Un ejemplo real servirá para ilustrar el proceso de evaluación y explicar, una vez más, el problema de fondo que subyace a las deficiencias de la toma de decisiones expertocrática. Esta postura se basa en la suposición de que primero hay que acercarse objetivamente a los hechos y, así, desde enunciados neutrales y objetivos tomar decisiones de tipo racional. El cientismo se apoya en la tesis de que **si se realizaran las investigaciones científicas suficientes en calidad y cantidad, los verdaderos hechos surgirían y zanjarían cualquier disputa**. En el punto anterior se expuso la existencia de constantes controversias y la forma en que tiene lugar su clausura y la elaboración de una caja negra. Estas disputas constantes entre expertos evidencian la dificultad de dejar las decisiones en manos de los expertos y, a su vez, la necesidad tanto de aclarar los problemas de fondo que las provocan, como de enumerar los motivos que se pueden argüir para no

aceptar este tipo de decisión experta. Pues las controversias entre expertos, y entre expertos sobre discusiones entre expertos, ponen en aprietos la premisa tecnocrática y cientista fundamental: la ciencia es conocimiento público, consenso entre todos aquellos que están suficientemente informados para entender. Un ejemplo puede servir para derribar definitivamente este mito:

Meehan, un geólogo experto, planteó la cuestión a raíz de una larga experiencia testificando en las audiencias públicas de la Comisión de Regulación Nuclear: "Trato esta cuestión presentado un informe de la política de expertos tal como la he observado en el contexto del problema concreto, el problema de las centrales nucleares y las fallas que pueden ocasionar terremotos. He escrito este libro después de haber participado durante los años setenta en algunas controversias sobre centrales de energía nuclear y medio ambiente, **donde el desacuerdo sobre los hechos científicos e ingenieriles constituían una cuestión central que había que desarrollar hasta el final en la arena política de acuerdo a las leyes vigentes.** [...] De pronto se buscaban geólogos. Y aquí estábamos nosotros. Nos convertimos en expertos en encontrar y evaluar fallas geológicas. Intentamos volver a nuestro punto de partida. Verdad. Honestidad. Buena ciencia. Buena ingeniería. Exploramos la tierra cavando miles de trincheras, inspeccionando el terreno palmo a palmo. Éramos médicos terrestres buscando células cancerígenas en los huesos de la tierra. Formulábamos teorías sobre diversos defectos que encontrábamos en la fábrica geológica. Testificamos en las audiencias públicas de la Comisión de Regulación Nuclear.

[...] Durante las sesiones miraba en la sala a otros expertos, otros científicos e ingenieros; parecía que representaran a otro bando. A veces estaban en desacuerdo con casi todo lo que decíamos. Después de un tiempo noté que las mismas caras empezaban a aparecer inesperadamente sobre el mismo aspecto en diversas controversias. **Parecía haber dos tipos de geología diferente: geología pronuclear y geología antinuclear.** Como experto, puedes escoger tus amigos; pueden ser personas razonables con sentido de la responsabilidad. Los enemigos se encuentran. Durante los descansos, los pasillos hervían con cuchicheos rencorosos. Me pregunté cómo era posible. Ahí hay un geólogo (en cuya casa incluso cené un día) que me acusa a mí y a mi asociación de mentir, o en el mejor de los casos, de distorsionar mucho la verdad, todo con motivo de mi propio engrandecimiento. Y aún más, nuestra gente pensaba lo mismo sobre él. **¿Cómo pueden existir estos abogados si la cuestión tratada era un hecho científico? ¿No hay sólo un tipo de hechos, una realidad? ¿No somos**

científicos e ingenieros preparados especialmente para percibir esa única realidad? ¿O existen varias realidades ahí fuera, cada una diferente, en función del desarrollo o motivaciones de cada individuo de su profesión de nuestra política individual y colectiva?

He llegado a creer que esta cuestión epistemológica está más allá de los escrúpulos de muchos de nosotros, científicos e ingenieros que estamos ocupados en tecnologías potencialmente peligrosas" (Meehan, 1984: XII).

El dilema de este geólogo sirve para afirmar que la evaluación de tecnologías ya no puede ser, como se presentó en su origen, un proceso llevado a cabo por expertos o por un organismo que proporcione información neutral. No son posibles las respuestas puramente técnicas, como tampoco son las puramente sociales: las respuestas deben ser siempre sociotécnicas, y en una sociedad democrática, los ciudadanos deben tener la posibilidad de participar abiertamente en ellas.

***III. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y VALORES
EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA EN CATALUÑA***

5

EXPERIENCIAS Y MODELOS DE LA INTRODUCCIÓN DE LA NUEVA CONCEPCIÓN DE LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

5.1. ORÍGENES Y OBJETIVOS DE LOS PRINCIPALES PROYECTOS EUROPEOS

En Europa el cambio de paradigma descrito en el capítulo anterior se ha ido trasladando también a la educación secundaria. Profesores como J. Kortland²⁵, W. Bijker²⁶ o J. Solomón²⁷ se encontraron que también en el mundo de la enseñanza secundaria la idea predominante era considerar a la ciencia como el único conocimiento riguroso y auténtico. Sólo la ciencia parecía capaz de satisfacer la curiosidad natural del ser humano, de descubrir la verdadera representación de la realidad, de responder a todas las cuestiones teóricas y de resolver todos los problemas prácticos. La ciencia se presentaba como un conocimiento neutral, racional y objetivo, capaz de explicar la única interpretación/solución acertada convirtiéndose, inequívocamente, en la guía y el instrumento con los que los expertos deberían dirigir todos los asuntos humanos. Bajo este criterio la tecnología quedaba reducida, o bien a prácticas rudimentarias que se podrían enseñar en las aulas-taller, o bien a aplicaciones de la ciencia de tal calado que quedaban más allá de cualquier contenido que se pudiera tratar en la enseñanza secundaria. La tecnología, además, tenía un desarrollo autónomo y no implicaba, por lo tanto, ningún tipo de responsabilidad social.

En consecuencia, las materias de ciencias se presentaban como un conjunto teórico: conceptos, leyes, modelos y métodos desarrollados y estructurados por los científicos. La enseñanza se centraba en la transferencia de contenidos y en la preparación de los alumnos para la enseñanza superior y la futura vida laboral. W. Bijker lo expresaba así. “En la enseñanza habitual de la ciencia, a nivel de secundaria, se transmite una imagen de la ciencia que va décadas por detrás de nuestra comprensión de la práctica científica”. Y más adelante añade: “La situación presente en la enseñanza de la ciencia es pedagógicamente contra-productiva. Los materiales didácticos diseñados en torno a la primera y segunda imágenes de la ciencia intensifican una actitud completamente pasiva del estudiante: la verdad se

²⁵ J. Koos Kortland ha sido profesor de física en la enseñanza secundaria y en 1980 fue nombrado miembro del cuerpo docente de lo que se llamó *Centro para la Educación de la Ciencia y las Matemáticas*, en la Universidad de Utrecht, en los Países Bajos. Fue coautor de materiales didácticos desarrollados por el proyecto para el Desarrollo del Currículum de Física (PLON) y coordinador de este proyecto entre 1981 y 1986.

²⁶ W. Bijker trabajó seis años como profesor de Física en Maastricht, Países Bajos, y luego 10 años en el desarrollo del currículum de ciencia.

²⁷ J. Solomón fue, junto a John Ziman, responsable de la introducción del proyecto SISCON —que veremos más adelante— en el Reino Unido.

transmite a través de la mediación del profesor-sacerdote²⁸. No existe un espacio para la reflexión crítica u otras formas de mayor participación creativa de los estudiantes en sus procesos de aprendizaje. Realizando sus propios experimentos, frecuentemente, acaban en un nivel más alto de frustración que una mayor intuición. Mantendré que es prácticamente imposible desde dentro de esta modalidad educativa consumista, encontrar estudiantes para comprender alguno de los conceptos más complejos, tales como *inercia*.

No obstante, la razón más convincente para incorporar los resultados de los recientes estudios de la ciencia dentro de la enseñanza de la ciencia es una, en mi opinión, más política. El siguiente argumento está basado en la observación de que sólo una pequeña parte de los estudiantes en la enseñanza secundaria necesitan, realmente, un conocimiento detallado de la ciencia en su vida profesional posterior, y de que un número aún más pequeño llegarán a ser científicos. Mi conclusión desde esta observación es que nos deberíamos centrar sobre muchos estudiantes para quienes la enseñanza secundaria de la ciencia es su único contacto con la ciencia en la educación. En mi opinión, **para estos estudiantes el objetivo más importante de la enseñanza de la ciencia debería ser: capacitarlos como futuros ciudadanos para participar en una sociedad democrática**²⁹. La importancia de la primera y segunda imágenes de la ciencia en la enseñanza es perjudicial para el objetivo de estimular una ciudadanía crítica y activa. ¿Cómo puede usted esperar discutir críticamente cuestiones sociocientíficas, si su única experiencia con la ciencia está personalizada en su profesor de ciencia que tendrá el monopolio de la verdad objetiva? Y ¿cómo reaccionarán los ciudadanos, educados en tal sentido, ante una controversia científica? Después de que han sido educados con una imagen de la ciencia en la que la duda no era posible, probablemente llegarán a la conclusión de que estos científicos son todos incompetentes o peores. De este modo, pueden acabar en el grupo de la anti-ciencia. Un refuerzo superior del movimiento anti-ciencia constituiría, creo, una considerable amenaza para el control democrático de la ciencia y la tecnología" (Bijker, 1992 b).

²⁸ W. Bijker se refiere a "la primera imagen de la ciencia es la que surge de los libros de texto corrientemente utilizados: la ciencia es una **actividad estancada**, es **no-humana** y **no-objetiva** —no contribuye a nuestra comprensión de la naturaleza. Es sumamente abstracta y **omnipotente**. Los problemas en los libros de texto tienen una y sólo una solución y no la discusión acerca de cómo esta solución es posible —la verdad reside en el apéndice o es anunciada por el profesor-sacerdote. La segunda imagen de la ciencia es en cierta medida opuesta a la primera imagen: en la investigación científica nuevos descubrimientos se efectúan cada día, la ciencia resuelve casi todos los problemas humanos y explica la realidad; y por supuesto, no todos los problemas pueden ser solucionados (todavía). Sin embargo, al tratar esta segunda imagen quiero fijar la atención en algunos otros elementos que también son parte de la primera imagen de la ciencia pero que allí desempeñan un papel menos destacado. Inducidos por su socialización dentro de la tribu de los científicos, la mayor parte de los profesores sostienen el criterio de que la ciencia está **libre de valores**, es **racional** y una fuente para la innovación tecnológico. [...] Además, la investigación científica es esencialmente **descubrimiento de la verdad** acerca de la realidad por formular las preguntas correctas a la naturaleza" (Bijker, 1992 b).

²⁹ La negrita es mía.

En los proyectos en los que participaron tanto J. Kortland como J. Solomón el objetivo fue intentar introducir la imagen de la ciencia proporcionada por las nuevas investigaciones. En estas, como ya se ha constatado en el capítulo anterior, la ciencia deja de ser “el conocimiento” para convertirse en una práctica y en una cultura. El estudio de la ciencia y la tecnología en el laboratorio, en la fábrica o por medio de la sociedad muestra que los resultados no son auto-evidentes, ya que los “hechos” y “artefactos” se constituyen por medio de procesos sociales, que al mismo tiempo son modelados por el desarrollo tecnológico. Las interacciones entre sociedad y tecnología se muestran complejas, dinámicas y cargadas de valores. Los valores culturales, políticos y económicos ayudan a configurar y dirigir el desarrollo tecnológico que al mismo tiempo afecta y altera estos valores.

Según esta imagen dinámica de la ciencia y la tecnología, muchos programas de enseñanza secundaria ampliaron sus objetivos y se propusieron alcanzar al mismo tiempo las siguientes metas:

- A) **Preparar a los estudiantes para una enseñanza superior y/o futura ocupación**, que da importancia a un adecuado dominio de los conceptos y habilidades científicas, y suministra una orientación sobre el uso del conocimiento científico en diferentes sectores sociales y tipos de enseñanza superior. Incluir las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad en los currícula de ciencias para la educación secundaria no supone ninguna desviación en la enseñanza de las ciencias, como algunas veces se ha querido hacer creer, sino que puede:
- Dar sentido a los conocimientos que aprenden los estudiantes, potenciando su utilidad y funcionalidad fuera del aula;
 - Colaborar a formar ciudadanos capaces de opinar libremente, con conocimiento de causa (fundamentos) y responsabilidad social (formación axiológica), sobre muchos problemas de nuestro tiempo, lejos de posiciones extremas en las que o se sacralizan la ciencia y la tecnología o se las denigra como responsables de todos los males que nos aquejan;
 - Contribuir a evitar rupturas drásticas entre la ciencia y la tecnología, que tienen una frontera común bastante difusa y difícil de definir en el mundo actual (tecnociencia);

— Servir de elemento motivador para el alumnado, favoreciendo las actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia y la tecnología (Acevedo y Acevedo, 2002).

B) **Preparar a los estudiantes para hacer frente a sus futuros roles sociales como consumidores y ciudadanos en una sociedad democrática desarrollada tecnológicamente.** Estos objetivos se pueden explicitar en cuatro puntos:

1. La **formación de actitudes de responsabilidad personal** en relación con el medio ambiente y la calidad de vida;
2. La **toma de conciencia y la investigación** de temas ciencia, tecnología y sociedad (CTS de aquí en adelante) específicos centrados tanto en el contenido científico y tecnológico como en los efectos de las diferentes opciones tecnológicas sobre el bienestar de los individuos y el bien común;
3. La **toma de decisiones** relacionadas con estas opciones, teniendo en cuenta factores científicos, técnicos, éticos, económicos y políticos;
4. La **acción individual y social responsable**, dirigida a llevar a la práctica el proceso de estudio y toma de decisiones.

Esta nueva orientación intentaba convertir la enseñanza de la ciencia, de forma parcial y gradual, en una enseñanza de ciencia, tecnología, y sociedad. De todas maneras, no se hizo de una única manera —no hubo ningún consenso en torno este punto—, sino que diversos equipos docentes experimentaron varias formas de integrar los nuevos contenidos. Por ello se desarrollaron una gran variedad de puntos de vista sobre el contenido y estructura correctos para un curso de ciencia CTS. El primer paso, y sin duda el reto más difícil para implementar esta nueva forma de enseñanza de las ciencias, fue la reforma del currículum.

5.2. INTRODUCCIÓN DE LOS ESTUDIOS CTS EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Las principales líneas de la reforma del currículum siguieron dos caminos posibles. Uno, añadiendo contenidos tecnológicos a los contenidos de las disciplinas científicas tradicionales. Otro, situando la ciencia y la tecnología en su contexto social y político y en su relación con los valores. En ambos casos, el objetivo era elegir cuestiones que involucraran innovaciones tecnológicas para poder analizar su impacto social. Así, los alumnos podrían ocuparse de la evaluación tecnológica y explorar las consecuencias directas e indirectas, positivas y negativas, de las diversas alternativas. En este proceso, uno de los objetivos básicos fue que los alumnos se formaran juicios personales y pudieran participar en actividades ciudadanas, simuladas o reales, para practicar la toma de decisiones, y aprender a actuar democráticamente. Las formas existentes para implementar las unidades CTS en el currículum fluctuaron y aún fluctúan entre la modificación del currículum o su simple reforma.

5.2.1. INTRODUCCIÓN DE LOS ESTUDIOS CTS SIN MODIFICAR EL CURRÍCULUM

Se puede introducir mediante **la yuxtaposición de CTS**. Las unidades y modelos CTS se pueden insertar en los cursos de las disciplinas científicas limitándose a una sencilla lección, o bien extendiéndose durante algunas clases, sin forzar una reestructuración del contenido restante del currículum. Con estas unidades se puede tanto enseñar e ilustrar los conceptos y principios CTS, como profundizar y fortalecer algunas lecciones didácticas mediante el desarrollo de las técnicas CTS. Los alumnos pueden llevar a cabo análisis de cuestiones, simulacros de toma de decisiones y configuración de contextos políticos, y pueden realizar proyectos de actuación ciudadana, reales o simuladas.

O bien se puede introducir mediante **cursos obligatorios de Ciencia a través de CTS**. Dirigidos a alumnos que evitarían elegir cursos de ciencias. Estos nuevos cursos se organizan alrededor de temas como la lluvia ácida, los residuos — radiactivos, urbanos,...—, la defensa estratégica o el desarrollo tecnológico global, en lugar de las disciplinas científicas tradicionales. Tratando estos temas en términos familiares y no técnicos, las unidades dan la oportunidad de evaluar tecnologías alternativas y toma de decisiones y elecciones sociales reales y

simuladas, además de proporcionar algunos conceptos y hechos científicos básicos, presentados con ejercicios cuantitativos.

En ambos casos existen las siguientes ventajas:

- a. Los estudiantes que rechazan las materias científicas están obligados a seguir estos cursos adquiriendo ciertos conceptos científicos y tecnológicos, además de algunas técnicas de resolución de problemas;
- b. El trabajo en los cursos está ligado al futuro papel de los alumnos como ciudadanos participativos, que influyen en sus destinos mediante procesos democráticos.

Pero al mismo tiempo se encuentran con toda una serie de problemas prácticos cuyos principales obstáculos son:

- a. La rigidez del currículum;
- b. Las bajas exigencias conceptuales que se pueden llevar a cabo;
- c. La necesidad de actividad;
- d. La necesidad de ser efectivo a un bajo coste;
- e. La limitada preparación de los profesores.

5.2.2. INTRODUCCIÓN DE LOS ESTUDIOS CTS REESTRUCTURANDO EL CURRÍCULUM

Supone incluir pocos temas en los cursos interdisciplinares de ciencia con el objetivo de estudiarlos en profundidad. Una reforma de este tipo requiere cambios muy considerables en la preparación del profesorado —tanto antes como después de su incorporación a la educación secundaria—, la organización de los centros educativos, los libros de texto y los materiales del currículum, así como pruebas de valoración y procedimientos operativos. Como señala López Cerezo, “esta opción consiste en reconstruir los contenidos de la enseñanza de la ciencia y la tecnología a través de una óptica CTS. En asignaturas aisladas, o bien por medio de cursos científicos pluridisciplinares, se funden los contenidos técnicos y CTS de acuerdo con la exposición y discusión de problemas sociales dados. Es, por tanto, una modalidad para el profesorado de ciencias. El formato estándar de presentación de contenidos en esta opción es, en primer lugar, tomar un problema importante

relacionado con los roles futuros del estudiante (ciudadano, profesional, consumidor, etc.) y, en segundo lugar, sobre dicha base se selecciona y estructura el conocimiento científico-tecnológico necesario para que el estudiante pueda entender un artefacto, tomar una decisión o comprender un problema social relacionado con la ciencia-tecnología" (López Cerezo, 1998). El ejemplo que se enmarcaría en este apartado es el pilotado por el mencionado J. Kortland desde la Universidad de Utrecht y conocido bajo las siglas PLON (Proyecto de desarrollo del currículum de Física). Las unidades PLON que utiliza López Cerezo como ejemplo son 1. Hielo, agua, vapor; 2. Puentes; 3. Agua para Tanzania; 4. La energía en nuestros hogares; 5. Tráfico y seguridad; 6. Calentando y aislando; 7. Máquinas y energía; 8. Armas nucleares y seguridad; 9. Radiaciones ionizantes.

5.3. CATEGORÍAS EXISTENTES DE LOS ESTUDIOS CTS EN EL CURRÍCULUM

Como ya se señaló, nunca existió un consenso sobre cómo se debían introducir la nueva concepción de la ciencia, lo cual provocó que se sucedieran multitud de proyectos que responden a la gran variedad de puntos de vista sobre el apropiado contenido y estructura para un curso de ciencia CTS. Casi todos los experimentos realizados se pueden clasificar según el grado de contenidos incluidos o por su estructura curricular; aunque como presenta J. Kortland, lo adecuado es utilizar a contenidos y a la estructura como coordenadas de un mismo proyecto (Kortland, 1992).

5.3.1. CLASIFICACIÓN POR CONTENIDOS

Según su contenido, un curso de ciencias puede tratar sobre las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad centrándose a) en un artefacto tecnológico o en un proceso; b) en la relación ciencia-tecnología con un problema social; y c) en un problema dentro de la comunidad científica

- a) Dentro de la primera opción, el centro de atención es un artefacto tecnológico —sea físico o intangible— o un proceso. Un ejemplo sería el cinturón de seguridad de los coches: cómo trabaja para prevenir lesiones en la cabeza durante las colisiones, cuándo debería estirarse (pero no demasiado), si llevarlo tiene algún sentido o no lo tiene, etc. Los objetivos de esta aproximación son mejorar tanto la comprensión de los artefactos tecnológicos, como una manera más sensata de utilizarlos en la vida cotidiana (por ejemplo, respecto a la seguridad y al impacto medio-ambiental);
- b) El segundo enfoque se centra sobre los problemas sociales externos a la comunidad científica: ciencia y tecnología relacionadas con problemas sociales como la energía del futuro, la recogida de residuos, la seguridad del tráfico, o la cantidad de dinero gastado en I+D en, por ejemplo, física nuclear. Los objetivos de esta aproximación son mejorar la comprensión y enseñar una manera más completa de participar en los debates públicos sobre estas cuestiones: informar para poder decidir;

- c) La tercera orientación se dirige hacia los problemas internos de la comunidad científica. Un ejemplo serían los cursos que sobre el debate de la agitación de partículas en la naturaleza de los rayos catódicos en torno a 1900, o la existencia o no de experimentos cruciales. El objetivo en este caso es mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia, y de las posibilidades y limitaciones de la ciencia y los científicos.

5.3.2. CLASIFICACIÓN POR ESTRUCTURA

Otra posibilidad es analizar, no la forma de introducir contenidos y objetivos, sino de ver cómo el curso de CTS se estructura y se relaciona con el currículum. Tampoco hubo acuerdo en la manera de estructurar un curso CTS, y por ello se pueden identificar tres formas muy distintas de estructurar un curso CTS: ciencia estándar junto a contenidos CTS, ciencia a través del enfoque CTS y enfoque CTS puro. Estas tres categorías se podrían caracterizar de la siguiente forma:

Ciencia estándar junto a contenidos CTS

En este primer enfoque, CTS no desempeña un papel importante en la estructura de los cursos; se basa en estudios breves de contenidos CTS (entre media hora y dos horas de duración cada una) unidos a un tema tradicional de la ciencia en el cual el contenido CTS no sigue temas cohesionados. Esta estructura se puede plantear, a su vez, de tres formas distintas. En la primera categoría, el contenido CTS es únicamente mencionado en consideración a la motivación, con objeto de hacer una clase más interesante. El bajo nivel dado al contenido CTS explica porque no se considera seriamente esta categoría como un curso de ciencia CTS. La segunda categoría consiste en la introducción de estudios breves de contenidos CTS (cada uno de media hora a dos horas de duración) unidos al tema de la ciencia, en los que el contenido CTS no sigue temas cohesionados (por ejemplo, SATIS, Science and technology in society). La tercera categoría sigue basándose en la introducción de estudios breves de contenido CTS, pero ahora integrados dentro de temas de ciencia, con objeto de examinar sistemáticamente temas CTS cohesionados (por ejemplo, el Proyecto de Física de Harvard). La idea que subyace en todos estos proyectos es que el contenido de la ciencia puede continuar siguiendo las líneas tradicionales.

Ciencia a través del enfoque CTS

Bajo esta estructura, un curso de ciencia CTS cambia de manera espectacular. En estos proyectos el contenido CTS es útil como organizador por el índice de materias de ciencia y su secuencia en cada una de las disciplinas científicas. La lista de temas de ciencia parece bastante familiar para los cursos tradicionales de ciencia, pero la selección y secuencia de estos temas está impuesta por el contenido CTS: el punto de partida es un problema extraído de la vida cotidiana, y el contenido de la ciencia se incluye sobre una base necesaria-para-conocer. Los ejemplos más sobresalientes de este tipo de casos son el Proyecto de Desarrollo Curricular de Física (PLON) en los Países Bajos, el de Química en la Sociedad (ChemCom) en Estados Unidos, o en cursos de ciencia multidisciplinar como Razonamiento Lógico en Ciencia y Tecnología (LoRST) en Canadá, o Educación Medioambiental en las Escuelas de Enseñanza Secundaria (NMEVO) en los Países Bajos.

Enfoque CTS puro.

Está situado en el otro extremo de la estructura, en el que el contenido CTS es centro de atención del curso. En estos cursos la medida del contenido de ciencia y su estatus puede ser diferente. En la primera categoría el contenido relevante de ciencia se incluye para enriquecimiento. En la segunda categoría se menciona el contenido de ciencia, pero no enseñado sistemáticamente; el énfasis puede darse para ampliar los principios científicos (por ejemplo, SISCON, Science in social context)

En resumen, las tres categorías citadas se pueden subdividir en las siguientes ocho categorías (Aikenhead, 1994):

1. Motivación mediante contenidos CTS;
2. Uso casual de contenidos CTS;
3. Uso intencionado de contenidos CTS;
4. Una disciplina particular a través del contenido CTS;
5. Ciencia a través de contenidos CTS,
6. Ciencia siempre con contenidos CTS;
7. Uso de ciencia en contenidos CTS;
8. Contenidos CTS.

5.3.3. UNA CLASIFICACIÓN CONTENIDO-ESTRUCTURA

Después de exponer la gama de contenidos CTS y la estructura de los cursos CTS, factores independientes entre sí, J. Kortland los combina en un esquema que permite clasificar los diferentes proyectos de desarrollo curricular CTS ya citados y que son los siguientes:

SATIS. Ciencia y tecnología en la sociedad

SaE: Ciencia a través de Europa

PP: Proyecto de Física de Harvard

PLON: Proyecto de desarrollo del currículum de Física

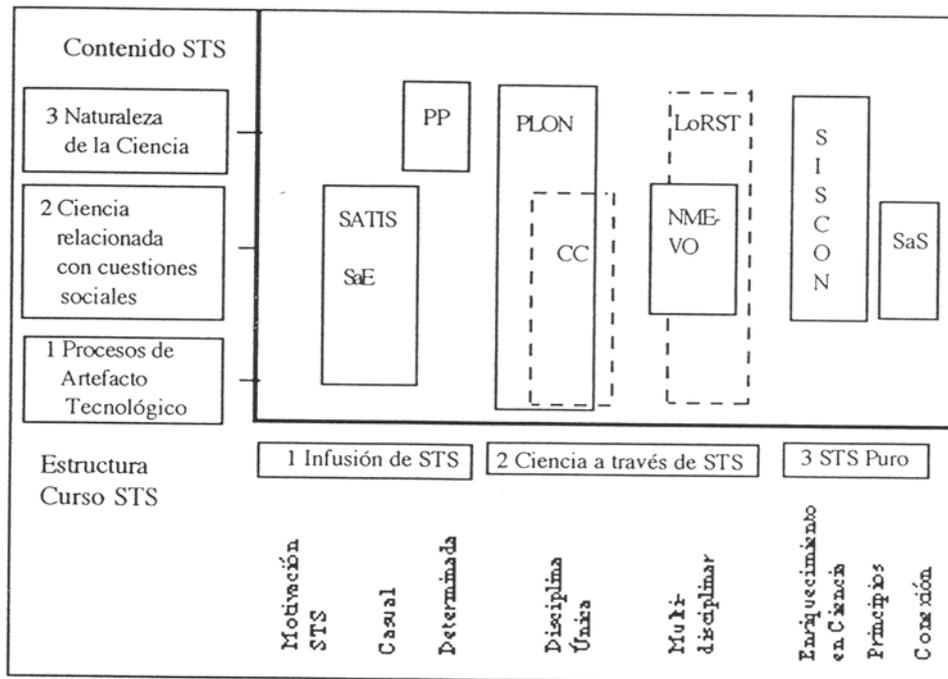
NME-VO: Educación medioambiental en escuelas secundarias.

LORST: Razonamiento lógico en ciencia y tecnología.

SISCON: Ciencia en un contexto social.

SaS: Ciencia y Sociedad.

El esquema estructura-contenido que se presenta a continuación y que fue elaborado por Kortland (1992) muestra que la mayor parte de los proyectos de desarrollo curricular se dirige a más de un área de contenidos CTS, y están, así, intentando presentar un punto de vista equilibrado sobre CTS. No obstante, la relativa importancia sobre cada una de estas áreas depende, en la mayoría de los casos, de la edad y nivel de los alumnos. Por descontado, el esquema contenido-estructura no cubre todos los problemas educativos. Cada proyecto tiene hechas sus propias elecciones por lo que respecta a los métodos de enseñanza (como el tipo de aprendizaje, de investigación, de solución de problemas o toma de decisiones, etc.....), el grado esperado de acción social de los estudiantes y la escala geográfica de problemas (local, nacional o global). Esto supone que una clasificación siempre es artificial ya que cada proyecto educativo tiene sus características peculiares, cuestión que se acentúa al tratarse de una temática nueva y que la formación de los profesores es completamente heterodoxa, es decir, no existe una formación específica para enseñar CTS, sino que la decisión de intentar enseñar bajo esta perspectiva se corresponde con diversos tipos de motivación. Por todo ello, el esquema elaborado por Kortland es susceptible de ser completado con cada nuevo proyecto que pueda surgir; pero al mismo tiempo sirve para clasificar a estos nuevos proyectos como sería el caso de *Ciencias para el mundo contemporáneo*.



5.3.4. OTRAS CLASIFICACIONES

Para ilustrar que si bien esta clasificación elaborada por Kortland parece la más ajustada y la que mejor ordena los proyectos existentes hasta el momento de su presentación, existen otras maneras de realizar la clasificación de los proyectos CTS. Por ejemplo, otra manera útil de clasificar los proyectos y materiales CTS es en función de los componentes que determinan el contenido científico que es esencial aprender (Acevedo y Acevedo, 2002). En esta clasificación se encuentran tres tipos de perfiles.

I. Cursos determinados por la ciencia

En las tres primeras categorías la elección y secuenciación de los conocimientos científicos que hay que aprender vienen determinadas por la lógica tradicional para abordar estos temas en una enseñanza disciplinar de las diferentes ciencias. La secuenciación de los temas de ciencias y sus contenidos permanece inalterada. La profundidad del aprendizaje de los materiales CTS añadidos puede ser muy variada y a menudo estos son solamente opcionales.

II. Cursos determinados por la tecnología

En las tres categorías siguientes los contenidos científicos suelen estar determinados por la tecnología que se estudia. Se incluyen muchos conocimientos científicos tradicionales, pero ahora se consideran relevantes por su relación con la tecnología o con las cuestiones problemáticas socio-tecnológicas abordadas en el aprendizaje global del tema (Layton, 1988).

III. Cursos determinados por la sociedad

Las dos últimas categorías son aquellas en las que la relevancia social determinan la tecnología y la ciencia que debe estudiarse. Hay posibilidad de dar tanto o más peso a los conocimientos sociales como a los científicos y tecnológicos. A menudo este tipo de cursos suelen ser optativos para los estudiantes. En este caso no se trata tanto de conseguir una penetración de las ideas CTS en la enseñanza de las ciencias sino más bien de dar una formación CTS complementaria.

Esto puede resumirse a partir de las categorías señaladas por Fensham que se muestran en el siguiente cuadro (Fensham, 1988):

Categorías de los materiales curriculares CTS

<p>1. Uso motivador</p> <p>Se usa información sobre tecnología al comienzo y a lo largo del tema de ciencia para motivar en el aprendizaje. Hay pocas posibilidades para aprender tecnología de manera sistemática.</p>
<p>2. Hacer referencias a la tecnología mediante ejemplos elegidos al azar</p> <p>El tema se ilustra con ejemplos de aplicaciones tecnológicas relacionadas con los contenidos científicos. No se pretende tratar detalladamente estas aplicaciones tecnológicas, cuya selección no obedece a ningún criterio particular. Hay posibilidad de aprender memorísticamente parte de la información descriptiva aportada sobre la tecnología.</p>

3. Hacer referencias a los hechos a partir de ejemplos seleccionados de la tecnología relacionada con el tema

Se presenta una serie de ejemplos tecnológicos relacionados entre sí y con los contenidos científicos que se abordan. Se pretende un aprendizaje más sistemático de la tecnología, no sólo descriptivo sino también crítico respecto a las funciones sociales que desempeñan los casos tratados, o con aspectos de cuestiones CTS polémicas.

4. Temáticos o de interés actual

Como objeto de estudio se elige un tema CTS amplio o una tecnología concreta para contextualizar la ciencia. Al mismo tiempo que ésta se va abordando, es posible aprender algo sobre el tema CTS o la tecnología de manera sistemática, pero no de una manera tan elaborada conceptualmente como ocurre con los contenidos científicos.

5. Construcción del conocimiento tecnológico

La construcción de un modelo tecnológico o la práctica de un proceso de la tecnología se utilizan como contexto para aprender hechos y principios científicos. Se pretende aprender a la vez destrezas científicas y conocimiento práctico relacionado con el desarrollo y uso de modelos o procesos tecnológicos.

6. Conceptos sociales y científicos relacionados con una tecnología

Se seleccionan algunos contenidos científicos necesarios para comprender el funcionamiento de una tecnología en la sociedad. Los conceptos tecnológicos se estudian, cada vez con mayor detalle, conforme se avanza en la unidad y de manera paralela al aprendizaje de la secuenciación planificada para el aprendizaje de los conceptos científicos.

7. Aspectos científicos de la tecnología o temas socio-técnicos

Se incluyen algunos aspectos científicos que son importantes para comprender el desarrollo y funcionamiento de una tecnología o para abordar un tema CTS. Se destacan los principios científicos involucrados en el tema, aunque dando bastantes detalles de sus contextos social y económico.

8. Ciencia y sociedad

Se da prioridad al aprendizaje sistemático de ciertos aspectos sociales de una determinada tecnología o de un campo amplio de las ciencias aplicadas. Se intenta reconocer las posibilidades y limitaciones de los contenidos científicos subyacentes de manera general, pero no su aprendizaje pormenorizado.

5.4. EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS CTS EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA EUROPEA MÁS RELEVANTES PARA CATALUÑA

De todos los proyectos desarrollados en Europa, dos son los más relevantes tanto para entender la proyección que han tenido en Cataluña, como para guiar la futura implementación de la nueva **Ciencias para el Mundo Contemporáneo**. Los dos proyectos más relevantes son el SISCON y el SATIS.

5.4.1. EL PROYECTO SISCON

El proyecto SISCON (Science in a Social CONtext, Ciencia en el contexto social) nació en el Reino Unido impulsado por un grupo interdisciplinar de profesores procedentes de diversas universidades. Este grupo preparó materiales para un nuevo modelo de cursos de ciencias que incluyeran aspectos sociales de la ciencia: sociológicos, económicos, tecnológicos y ecológicos.

Cuando se terminó la elaboración de materiales para el Proyecto SISCON, en 1978, el profesor John Ziman, uno de los más prestigiosos profesores de ciencias, formó un comité de docentes y educadores para estructurar un curso SISCON para la educación secundaria. Es el curso CTS que ha realizado la utilización más conciente de la historia de la ciencia y de la tecnología para la enseñanza sobre problemas sociales es el SISCON-in-schools. El desarrollo y publicación de este curso en 1983 fue también aprobada por la Asociación Británica para la Educación de la Ciencia. Bajo la dirección de Joan Solomon, los temas tratados en estas unidades incluían: el papel de la industria y el gobierno en el desarrollo científico, el papel de la ciencia y la tecnología en la producción de alimentos, la lucha contra las enfermedades, las armas modernas, los efectos de la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana del ciudadano, y la responsabilidad de los científicos en relación con las consecuencias de las aplicaciones de la ciencia. En total el curso constaba de ocho unidades dirigidas a estudiantes con edades entre los 17 y 18 años, y estaba pensado para ser seguido por ellos junto a los cursos regulares de ciencia. De hecho durante muchos años fue una asignatura optativa fuera del área de ciencias en muchas escuelas secundarias en todo el Reino Unido.

Los libros son los siguientes:

1. Formas de vida;
2. ¿Cómo podemos estar seguros?;
3. Tecnología, invención e industria;
4. La evolución;
5. La bomba atómica;
6. Energía;
7. Salud, alimentación y población;
8. Espacio, cosmología y fantasía (Solomon, 1983).

En cada libro la historia reciente se utiliza para mostrar cómo problemas similares a los actuales han sido tratados en el pasado, o cómo los problemas surgen de la situación actual. El motivo para esta estrategia es retroceder desde el presente y ver cómo la tecnología y la ciencia han servido a una comunidad. Esta dimensión histórica es entonces empleada para establecer una nueva perspectiva en materias que pueden ser casi demasiado controvertidas para una discusión provechosa e inmediata por los estudiantes.

Un ejemplo de este enfoque histórico es la séptima unidad *Salud, alimentación y población*. La primera sección presenta un punto de vista histórico de la eliminación de enfermedades que fueron debidas a la mala higiene, pobreza y dieta equilibrada o carencia de vacunación. A pesar de que la salud general de una comunidad está mucho más influida por sus suministros de alimentos y agua potable que por el tratamiento moderno de la enfermedad, el número y utilización de las medicinas modernas es creciente. Este problema está tratado en la segunda parte de la unidad, centrándose en lo que tiene que ver el público sobre algunos métodos polémicos por los que estas medicinas están siendo sometidas a prueba para la seguridad completa. Un estudio de caso del desarrollo y puesta a prueba de la píldora anticonceptiva sirve como ejemplo. En una de las preguntas para la discusión la semejanza con las pruebas llevadas a cabo sobre criminales condenados en los primeros días de vacunación es notable: ¿Permitirías pruebas de ensayo controladas para ser realizadas con prisioneros o deficientes mentales? La sección final del libro considera aspectos de estos temas en las sociedades del Tercer Mundo. Esto demuestra que algunos de los que fueron enseñados sobre la medicina preventiva primaria en Reino Unido pueden ser aplicados en estos países, pero también demuestran que las soluciones a los problemas de salud, alimentación y población necesitan estar adecuados a las formas locales de vida.

Algunos de los libros de la serie son menos temáticos y más de carácter general, como la unidad *Cómo podemos estar seguros*. La primera parte del libro es una mirada en la historia de la ciencia para averiguar cómo son creadas las teorías científicas, considerando el papel de los experimentos, la predicción e imaginación, y la controversia entre teorías rivales. La última parte de la unidad trata algunos problemas contemporáneos, donde existen discrepancias entre los científicos expertos sobre los efectos de la tecnología y de la ciencia. Y la pregunta para que los alumnos discutan es: ¿podrían las opiniones científicas de los expertos reflejar algunas otras opiniones que las que ellos sostienen?

La razón para incluir esta unidad en el curso es que la investigación demuestra que los estudiantes no ponen en duda la *verdad* de los datos científicos. Y cuando los científicos discrepan sobre un problema social y presentan datos conflictivos, el resultado es que los estudiantes rechazan todos los datos —porque debe haber algo erróneo con estos científicos. Esto conduce fácilmente a la idea de que el conocimiento científico no es relevante para los problemas sociales. Para contestar a esta creencia, la enseñanza sobre la naturaleza provisional e incierta del conocimiento científico y sobre los científicos como seres humanos podría ser esencial.

La meta principal del proyecto SISCON es ayudar a los alumnos a entender las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad. El énfasis de este proyecto se encuentra en dos aspectos: los proceso en que interviene la ciencia, y no el conjunto de conocimientos científicos; y la participación del alumno en las sesiones educativas (Solomon, 1993).

5.4.2. EL PROYECTO SATIS

El primer proyecto de Ciencia y Tecnología en la sociedad fue creada en 1984 por la Asociación Profesional de Profesores de Ciencia Británicos (ASE) con el fin de crear materiales que mostraran a los alumnos de entre 14 y 16 años, la interdependencia entre ciencia y sociedad. El proyecto se estableció como respuesta a la demanda de profesores de ciencias para desarrollar el currículum. Los materiales tenían que relacionar ciencia, tecnología y sociedad en áreas tales como alimentación medicina, industria y medio ambiente. Fue particularmente importante porque los exámenes de ciencia introducidos en 1985, acentuaban la importancia de ciencia-tecnología-sociedad, e introducían por primera vez su evaluación en los exámenes.

Los materiales se diseñaron para enriquecer y complementar cursos más que para funcionar como un curso independiente: con otras palabras, **son recursos, no cursos**. Las unidades SATIS desempeñan un papel importante en la implementación de la educación STS. Los profesores de ciencias que no se sienten suficientemente preparados para organizar o impartir cursos enteros o unidades largas de por ejemplo 6 u 8 semanas en CTS, casi siempre están dispuestos a enseñar dos o tres unidades elaboradas cuidadosamente, con el fin de formar parte del proceso. Lo importante es conseguir que el estudio de la ciencia y la tecnología en relación con la sociedad sea relevante para:

- a) el futuro ciudadano;
- b) el futuro trabajador;
- c) las propias vidas de los alumnos;
- d) el mundo en su totalidad.

Los materiales del currículum tienen que satisfacer un cierto número de criterios requeridos si se pretende que sean utilizables en las escuelas. Fundamentalmente tienen que ser baratos, fáciles de utilizar y ser relevantes tanto para los propios jóvenes, como para el currículum de ciencia a los que pretende servir. Los materiales SATIS se presentan por lo tanto como colecciones de unidades que contienen la guía del profesor y el material fotocopiable para los alumnos, con material suficiente para ocupar alrededor de una hora de clase. Una unidad típica contiene algunas lecturas (para comunicar nuevas ideas y para reforzar el trabajo previo), preguntas y algún tipo de actividad. Estas actividades son muy variadas:

- discusiones;
- encuestas;
- análisis de datos;
- trabajo experimental;
- juego de roles.

Todos los materiales se probaron extensivamente en varias escuelas para asegurarse si el objetivo se cumplía. Sus estudios incluyen estudios de caso de la industria para desarrollar nuevos productos, estudios interdisciplinarios que aclaran vínculos entre las ciencias y otras disciplinas. Los materiales demuestran que, a menudo, las decisiones tienen que basarse sobre una información conflictiva o inadecuada, que implican hacerse concesiones recíprocas y que no hay siempre una

respuesta *correcta* a los problemas de la vida real. Una lista aleatoria de seis unidades permite tener una idea clara de los contenidos del SATIS:

Unidad 104. **¿Qué hay en nuestra comida?**

Encuesta, análisis y discusión sobre todo lo relacionado con las etiquetas de las comidas y los aditivos químicos.

Unidad 106. **Juego de diseño.**

Diseñar una casa energéticamente eficiente.

Unidad 202. **Vehículos eléctricos.**

Lecturas y cuestionarios relativos a las ventajas y limitaciones de los vehículos eléctricos.

Unidad 401. **Fluoración del agua.**

Lectura y discusión relativa a la fluoración artificial de los suministros públicos de agua corriente.

Unidad 507. **Ordenadores y trabajo.**

Ejercicios y simulaciones en torno al impacto de los ordenadores en el mundo laboral.

Unidad 710. **¿Qué es la biotecnología?**

Lecturas y preguntas sobre la historia y la naturaleza de la biotecnología, incluyendo estudios de casos.

La excelencia didáctica del material preparado tanto por el SISCON como por el SATIS los convirtieron en modelos posibles para el desarrollo de esta temática en Cataluña. Por ejemplo el SATIS fue traducido al catalán por un equipo dirigido por Damià Obach como se verá en el capítulo 7.

6

SOCIEDAD Y VALORES

EN EL ÁREA DE TECNOLOGÍA

Una de las innovaciones más importantes de la ley educativa de 1990 (LOGSE) fue la creación del área de **Educación tecnológica** que superaba una antigua pre-tecnología y que se hacía un lugar en la educación secundaria obligatoria para todos los alumnos de 12 a 16 años, formando parte de los créditos comunes, y en la educación secundaria post-obligatoria (bachillerato) formando parte de los créditos de modalidad del bachillerato tecnológico y, de forma optativa, del bachillerato científico —caso poco frecuente. El currículum original contemplaba un reparto horario entre las materias en el que, como se ve en la tabla de la página siguiente, la **Educación tecnológica** se sitúa al mismo nivel que las **Ciencias sociales**, las **Ciencias experimentales**, el **Inglés**, la **Educación física** o las **Matemáticas**. Por primera vez se introducía el concepto de crédito que recién se había establecido en la universidad. El crédito se definía como una unidad cerrada e independiente compuesta por 35 horas lectivas con aproximadamente 30 alumnos por grupo. Las áreas de **Ciencias experimentales** y **Educación tecnológica** desdoblaban el horario en uno de los créditos con el objeto de disminuir la ratio a 20 alumnos por grupo. Aunque hay varios tipos de créditos (de refuerzo, comunes integrados o interdisciplinarios, comunes de áreas, de síntesis), los importantes son los **créditos comunes** que constituyen un plan estructurado para toda la etapa en la que desarrollan los primeros niveles de concreción del diseño curricular, y los **créditos variables** cuya finalidad era el refuerzo, la consolidación o la ampliación de las capacidades y los conocimientos teniendo en cuenta su diversidad, es decir, el nivel de los alumnos que los eligen. La duración es también de 35 horas, impartidas en un trimestre con un total de 3 horas semanales. El currículum establecido por la LOGSE en el momento de su implantación era el siguiente:

	Primer ciclo Etapa 12-14	Segundo ciclo Etapa 14-16
Lengua catalana y literatura	3	3
Lengua castellana y literatura	3	3
Contenidos y estructuras de lenguas comunes	2	1
Lenguas extranjeras	4	4
Ciencias sociales	4	4
Matemáticas	4	4
Ciencias experimentales	4	4
Educación tecnológica	4	4
Educación Física	4	4
Educación visual y plástica	2	2
Música	2	2
Total créditos comunes:	36	35
Tutoría	2	2
Créditos variables	15	21
Créditos de síntesis	2	2
Horas de clase semanales	1º 26 h 2º 27 h	3º 26 h 4º 27 h

En su planteamiento general, el objetivo del currículum de **Educación Tecnológica** plantea lo siguiente: “L'essencial de la Tecnologia és l'adquisició de cultura tecnològica, entesa aquesta no només com la capacitat de comprendre i emprar diferents tecnologies, sinó també com la capacitat d'interrelacionar-les, usar els procediments que els són propis, conèixer-ne els seus orígens i evolució, les implicacions econòmiques i el seu impacte social i ambiental. Es tracta, doncs, d'una assignatura general i no professionalitzadora, si bé hi té una forta incidència el que en termes curriculars entenem per formació professional de base. [...] Així aquesta matèria esdevé un espai d'integració i de treball interdisciplinari respecte de les altres matèries que determinen la modalitat de tecnologia”³⁰.

³⁰ Todos los documentos y textos originales en catalán, se dejará en esta lengua, pues el objetivo de esta tesis es ser presentada en Barcelona, donde el bilingüismo es lo habitual. Como en la mayoría de los casos citados a partir de ahora, la cita es del Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC).

6.1. SOCIEDAD Y VALORES EN EL CURRÍCULUM DE TECNOLOGÍA DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA (ESO)

Del currículum de la **Educación Tecnológica** de la ESO se han seleccionado los objetivos, que son los únicos que permiten estudiar cómo se relaciona la tecnología con la sociedad o los valores. Son los siguientes³¹:

OBJECTIUS GENERALS D'ÀREA

1. Relacionar elements bàsics de cultura tecnològica que li permetin de comprendre els canvis que es produeixen en les formes de vida: relacions home-natura, relacions socials i de producció.
2. Conèixer les necessitats individuals i socials més properes i les solucions més adients que li ofereix el patrimoni tecnològic del propi entorn.
3. Valorar els avantatges i els inconvenients de l'ús d'objectes, processos tecnològics i recursos naturals.
11. Extrapolar la fabricació artesanal d'un material o objecte a un sistema de producció industrial considerant la relació de la tecnologia amb la ciència i amb la tècnica.

CONTINGUTS.

Fets, conceptes i sistemes conceptuals

1. Humanitat i Tecnologia.
 - 1.1. Necessitats humanes en l'alimentació, l'habitatge, el vestit, l'energia, el transport i la comunicació d'informació.
 - 1.2. Instruments i tècniques per facilitar la vida referents a l'alimentació, l'habitatge, el vestit, l'energia, el transport i la comunicació.
2. Producció i elaboració de materials i d'objectes
 - 2.1. Fabricació i elaboració de materials i productes.
 - 2.2. Fabricació d'objectes.
 - 2.3. Treball artesanal-industrial
3. L'evolució tecnològica.
 - 3.1. Evolució científico-tecnològica.

³¹ Ver nota 30.

- 3.2. Canvis de les necessitats humanes.
- 3.3. L'evolució en la fabricació de materials i d'objectes.
- 3.4. Avantatges i inconvenients de les aportacions de la tecnologia.

Procediments

- 2. Manipulació directa
 - 2.1. Anàlisi d'un objecte senzill
- 3. Obtenció d'informació
 - 3.1. Observació directa
 - 3.2. Transmissió oral.
 - 3.3. Documentació escrita.
 - 3.4. Suport electrònic.

Valors, normes i actituds

- 2. Valoració de la tecnologia en l'entorn social.
 - 2.2. Actitud crítica davant de l'ús de la tecnologia i la seva repercussió social.
 - 2.4. Valoració de la limitació dels recursos naturals.

OBJECTIUS TERMINALS

- 1. Prendre consciència de la tecnificació, la industrialització i la seva evolució com a resposta a les necessitats humanes tot respectant societats de nivell tecnològic diferent.
- 2. Relacionar les actuals necessitats humanes amb els canvis socials que les han generat i amb les solucions que hi aplica la tecnologia.
- 3. Descriure l'evolució d'un objecte al llarg de la història tant pel que fa als materials que el constitueixen com a la millora del seu funcionament.
- 5. Relacionar els factors d'interdependència entre alimentació i producció, elaboració i conservació d'aliments.
- 6. Identificar els factors que caracteritzen l'eficàcia de les màquines i els sistemes tecnològics d'ara comparats amb els anteriors i relacionar-ho amb la font d'energia utilitzada.
- 9. Assenyalar els grans sectors industrials de Catalunya i analitzar les condicions naturals, econòmiques, tècniques i socials que afavoreixen la implantació d'una indústria determinada en una zona.
- 10. Habituar-se a observar, analitzar i utilitzar l'entorn tecnològic.

16. Adquirir una actitud crítica davant les solucions i ofertes aportades en l'àmbit tecnològic, especialment per les noves tecnologies.
28. Identificar utilitatges i eines, com també l'àmbit tecnològic al qual pertanyen, explicant-ne l'ús.
50. Valorar la importància de les condicions de treball adequades: influència dels sorolls, el fum, l'espai, la llum, la netedat i l'ordre.
54. Comparar la producció industrial i artesanal en el procés de fabricació d'un material o objecte determinat.
56. Reconèixer la implicació de diferents àrees del coneixement en un determinat avenç tecnològic.

6.2. EL PROYECTO TECSO

No sabemos quiénes se *esconden* detrás del BOE o del DOGC, y por tanto no sabemos el origen, la intención, ni lo imaginado por quienes escribieron el currículum de **Educación tecnológica**. Pero sí podemos acercarnos a las personas que hicieron un esfuerzo por hacer viable la presencia de los estudios de CTS en dicha área. En el caso del Educación tecnológica, el profesor que proyectó su desarrollo curricular haciendo especial hincapié en la relación de la tecnología con la ciencia, la sociedad y los valores fue **Xavi Bachs** desde el CDEDT.

6.2.1. EL ÁREA DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA DEL CDEDT

Para impulsar la reforma se creó el Área de Educación Tecnológica del CDEDT, Centre de Documentació i Experimentació de Didàctiques Tecnològiques, perteneciente a la Direcció General d'Ordenació i Innovació Educativa del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. En su boletín, CONNEXIONS, planteaban sus objetivos como los de "un centro donde se recopila documentación con información de experiencias y materiales didácticos procedentes tanto de nuestro país como del resto del mundo, experimentamos y evaluamos recursos y materiales didácticos en general. Es al mismo tiempo un lugar donde se elaboran materiales de ejemplificación y recursos para su experimentación y, donde, fruto de estas tareas, se organizan eventualmente actividades de formación y asesoramiento para el profesorado de la materia. Con estos criterios interpretamos el desarrollo de nuestras actividades presentes y futuras" (Bachs et al., 1992: 1). Y más adelante añadía: "el esfuerzo que todo esto representa se manifiesta especialmente en el ámbito del Área de Tecnología, ya que nos encontramos ante un nuevo currículum, un nuevo perfil de profesor, y un espacio con nuevas características (aula de tecnología), y por tanto la necesidad de adoptar una metodología conforme a éste y a sus equipamientos. Al mismo tiempo, es evidente la necesidad de elaborar materiales de ejemplificación que proporcionen pautas para trabajar la asignatura en su vertiente de cultura tecnológica, integradora, interdisciplinar y con pluralidad metodológica. Deseamos y esperamos poder dar respuesta a las demandas que nos lleguen desde los diferentes sectores a los que dirigimos nuestra actividad" (Bachs et al., 1992: 2).

6.2.2. EL PROGRAMA TECSO 12-16

En sus inicios, Xavi Bachs junto a Jordi Anchón y Alonso Pallí, los componentes del área de Educación Tecnológica del CDEDT, centraron sus esfuerzos en crear y desarrollar un nuevo proyecto: el programa TECSO 12-16, cuyo objetivo final era establecer unos créditos que sirvieran como ejemplo del tercer nivel de concreción, que permitiera tanto su experimentación inmediata como servir de pauta o modelo a los profesores para la elaboración de actividades de aprendizaje en general y de otros créditos variables en particular. Este proyecto implicaba, obviamente, la producción de material didáctico concreto que facilitase la práctica de las actividades propuestas, tanto en lo que respecta a las programaciones y orientaciones didácticas dirigidas estrictamente al profesor, como a las producciones pensadas para dar soporte directamente al trabajo experimental con alumnos.

La propuesta del proyecto TECSO partía de la identificación de las necesidades humanas y las soluciones que aporta la tecnología para resolverlas, soluciones que siempre requieren la evaluación de los costes y riesgos que pueden derivarse. Así, para facilitar su trabajo con los alumnos, agruparon estas necesidades en cuatro ámbitos: alimentación, transporte, protección (indumentaria y vivienda) y comunicación. Cada uno de ellos debía servir como punto de partida de los cuatro créditos existentes en cada ciclo.

Un ejemplo de las actividades propuestas incluía la elaboración de diferentes tipos de pan, el montaje y el estudio mecánico de diferentes modelos de molinos, estudios del pan y productos afines que se encuentran en los supermercados y panaderías, evaluación del impacto social del pan y su peso en la economía general y privada en el transcurso del tiempo y los cambios sociales, etc. El objetivo, evidentemente, no era el pan en sí mismo, sino que éste tenía el papel de hilo conductor de los diferentes contenidos y actividades. La cuestión de las necesidades humanas daba pie a innumerables referencias transcurriculares: son bien evidentes los puentes que se pueden establecer hacia las áreas de ciencias sociales y experimentales. El estudio de la diversidad y evolución de las diferentes técnicas demuestran la presencia de los conceptos estructurantes a lo largo de todos los contenidos (Bachs et al., 1992: 3).

Resumen de la estructura del crédito dedicado al pan (Bachs, 1992: 5)

El problema de la alimentación, la producción y la distribución de alimentos a escala mundial.

El problema tecnológico de la molienda

Transformación: grano de trigo-harina-pan

Estudio de la evolución: del molino manual a las harineras actuales

Principios mecánicos de los molinos

 Papel de las aspas del molino de viento y relación con la palanca.

 Estudio de la palanca

Montaje de 3 modelos de molino de viento

 Estudio de la transmisión del movimiento y la fuerza

 Eje vertical

 Eje horizontal

 Eje horizontal orientable manualmente

Elaboración del pan

 Variedad de panes y productos similares

 Diversas técnicas de elaboración artesanal e industrial

 Mecanización de la panificación

 Ingredientes y aditivos

 Harinas, levaduras, grasas, agua, sal...

Conservación del pan y sus materias primas

Papel del pan en la alimentación

 Evolución social de su consumo

El cultivo del trigo

 Técnicas y maquinaria: de la siembra a la siega

 Cereales panificables y no panificables

 Zonas de producción dentro y fuera de Cataluña

A lo largo de los siguientes años se fueron realizando multitud de actividades dedicadas a implementar el proyecto TECSO. Entre las más significativas, que en gran medida se hacían en colaboración con los Institutos de Ciencias de la Educación, se pueden destacar tres:

1. La elaboración de unidades didácticas;
2. La realización de cursos de formación de profesores de Tecnología;
3. La organización de jornadas internacionales.

La elaboración de unidades didácticas

Se realizó una serie de ocho unidades didácticas que sirvieran como ejemplo del paso del currículum, del primer nivel de concreción, al segundo y al tercero, las actividades que se desarrollan en el aula. La serie estaba compuesta por los siguientes títulos publicados por el Departament d'Ensenyament:

AVALUACIÓ DE TECNOLOGIES

1992, 23 pags.

TECNOLOGIA I SOCIETAT

1993, 23 pags.

NECESSITATS HUMANES I DIVERSITAT TECNOLÒGICA

1993, 30 pags.

AVALUANT I DISSENYANT LA BICICLETA

1994, 39 pags.

DESENVOLUPAMENT MULTIDIRECCIONAL DE LA BICICLETA

1994, 53 pags.

INNOVACIÓ I DINÀMICA DEL CANVI TECNOLÒGIC

1994, 26 pags.

CULTURA DEL RISC

1994, 25 pags.

Una mayor información sobre una de ellas puede ayudar a entender con mayor profundidad en qué consistía y la consistencia del proyecto TECSO:

Desenvolupament multidireccional de la bicicleta

Álvarez Revilla, Àlvar; Martínez Márquez, Antonio; Méndez Stingl, Roberto; [autors]; Bachs Valldeneu, Xavier; [coordinació]
CDEDT; Direcció General d'Ordenació Educativa; Departament d'Ensenyament, 1994.

És una unitat didàctica per a l'Àrea de Tecnologia pensada per a dur-la a terme en el segon cicle de l'etapa 12-16. Consta de dos apartats, el primer és el material del professor/a en el que s'explica els continguts, els objectius del crèdit, les activitats d'ensenyament-aprenentatge, els criteris i activitats per a l'avaluació, la temporització, les orientacions per a la intervenció pedagògica, la bibliografia i els recursos didàctics. La segona part és el material per a l'alumnat, amb els objectius del crèdit. Aquesta unitat didàctica ens permet de conèixer la història multidireccional de la bicicleta tot introduint nous conceptes, com ara: grup social rellevant, clausura parcial, estabilització precària, entramat sòcio-tècnic.

Característiques: Té 53 pàgines. hi ha dibuixos de bicicletes.

Nivell educatiu: secundària.

La realización de cursos de formación de profesores de Tecnología

Algunos ejemplos de los cursos impartidos en colaboración con los Institutos de la Ciencia de la Educación de la Universidad de Barcelona y de la Universidad Politécnica de Barcelona sirven también para reconocer parte de los objetivos del proyecto TECSO:

CULTURA TECNOLÒGICA: NECESSITATS HUMANES I AVALUACIÓ DE TECNOLOGIES FORMACIÓ D'APROFUNDIMENT PER A LA REFORMA.

Organizado por el ICE (UB), 30 horas, durante los cursos 1992-1993 y 1993-1994.

CIÈNCIA, TECNOLOGIA I SOCIETAT: PERSPECTIVES INTERDISCIPLINARS

Organizado por el ICE (UB), 30 horas, durante los curso 1994-95 y 1995-96.

Sesiones de **CIÈNCIA, TECNOLOGÍA I SOCIETAT**

Programa de Posgrado Formació de Professors de Tecnologia

Organizado por el ICE (UPC), cursos 1994-95 y 1995-96.

ÈTICA DE LA CIENCIA I LA TECNOLOGIA

Organizado por el ICE (UPC), 30 horas, durante el curso 1995-96.

La organización de Jornadas Internacionales

Con la finalidad de conocer y divulgar el tratamiento de temas CTS en la educación secundaria de otros países, y que sirviera, también, para prestigiar la materia y motivar a los profesores, Xavi Bachs participó activamente en la organización de dos jornadas internacionales:

ESTUDIS DE LA CIÈNCIA I LA TECNOLOGIA EN LA INVESTIGACIÓ I L'EDUCACIÓ

Organizadas por el ICE (UB), INVESCIT y CDEDT; 27 y 28 de febrero de 1992.

(Fue una actividad incluida en el *Plà de Formació Permanent del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya*).

II JORNADES INTERNACIONALS: L'EDUCACIÓ TECNOLÒGICA A EUROPA

Organizadas por el ICE (UB) y el CDEDT; 7 y 8 de setiembre de 1994

(Fue una actividad incluida en el *Plà de Formació Permanent del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya*).

6.3. LOS CRÉDITOS VARIABLES: UNA PUERTA ABIERTA A LA SOCIEDAD Y LOS VALORES

En el currículum presentado al comienzo de este capítulo se hace hincapié en otra de las novedades importantes aportadas por la nueva ley educativa: los créditos variables. En la práctica permitió que cada instituto, cada departamento o cada equipo docente de nivel lo utilizará para superar carencias, hacer recuperaciones, ampliar nuevas áreas o profundizar en el temario de los créditos comunes. Pero también proporcionó la oportunidad para que cada profesor impartiera una materia que resultara interesante y motivadora. Era, por lo tanto, una puerta abierta a la introducción de contenidos CTS. No tenemos constancia de si fue aprovechada en este sentido, pero sí que se puede dejar testimonio de un crédito variable sobre **TECNOLOGIA DE LA ENERGIA I SOCIETAT** realizado en el IES Pau Picasso de Terrasa durante el curso 1989-90 y cuyo objetivo fue hacer un trabajo en equipo para presentarlo en el **5e Concurs Juvenil de Recerca sobre l'Home i els Processos Productius**, convocado por el **Institut Català de Serveis a la Joventut**, de la Direcció General de Joventut de la Generalitat de Catalunya, en el que finalmente obtuvo el tercer premio.

6.4. SOCIEDAD Y VALORES EN EL CURRÍCULUM DE TECNOLOGÍA DEL BACHILLERATO

El área de tecnología de bachillerato consta tres materias de modalidad. Por un lado **Electrotecnia** y **Mecánica** que no introducen ningún tema relacionado con ciencia, sociedad y valores; y, por otro, **Tecnología Industrial** que tiene 6 créditos, divididos en partes iguales en los dos cursos de bachillerato. Su currículum introduce varias cuestiones relacionadas con la ciencia, la sociedad y los valores, así como con la historia de la tecnología y la reflexión hacia la propia actividad de los ingenieros. De todos modos, tanto los libros de texto que hay en el mercado como, sobre todo, el examen de selectividad de esta materia reflejan que los contenidos tratados y exigidos como contenidos mínimos son prácticamente inexistentes. No deja de ser una contradicción que sirve para evaluar negativamente el tratamiento que se hace de los temas CTS, cuestión que ya **sirve de alerta para no caer en la trampa de la relación entre la teoría del currículum y la realidad del tercer nivel de concreción basado en los libros de texto y en las exigencias de la evaluación**. A continuación se seleccionarán los puntos relativos a objetivos generales, contenidos y objetivos terminales de la materia para, a continuación, analizar el último examen de selectividad realizado hasta la fecha y correspondiente al curso 2006-2007.

6.4.1. EL CURRÍCULUM DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Los siguientes items se corresponden con el currículum de la materia **Tecnología Industrial**³²:

OBJECTIUS GENERALS

1. Entendre la tecnologia com una interrelació de diferents camps de coneixements, tècnic, científic, històric, econòmic i social, que té com a finalitat la satisfacció de necessitats de la humanitat.
2. Aprofundir en els elements de cultura tecnològica per millorar el seu coneixement sobre qualsevol camp industrial concret, tot valorant críticament les repercussions de l'activitat industrial a la vida quotidiana.

³² Ver nota 30.

CONTINGUTS

Fets, conceptes i sistemes conceptuals

1. La Humanitat i la Tecnologia

- 1.1. L'ésser humà i la tecnologia: La tècnica i l'evolució de l'home. La satisfacció de necessitats.
- 1.2. El naixement de la ciència i de la tecnologia, definició i objectius.
- 1.3. La tecnologia de les civilitzacions agràries.
- 1.4. Les revolucions industrials. L'arqueologia industrial.
- 1.5. Ciència i tecnologia al món actual
- 1.6. La tecnologia com a sistema. Els mètodes i llenguatges de la tecnologia.
- 1.7. Els components dels sistema tecnològic: necessitat, materials, coneixements, recursos econòmics, condicions d'entorn.
- 1.8. L'impacte de la tecnologia: social, econòmic, cultural, medio-ambiental.

Valors, normes i actituds

- 1.1. Atenció als lligams de la tecnologia amb altres disciplines.
- 1.2. Sensibilització envers la història de la tecnologia.
- 1.3. Sensibilització envers els progressos tecnològics, en el respecte a la diversitat de tradicions tecnològiques.
- 3.2. Interès i respecte envers els efectes socials de l'activitat tecnològica.

OBJECTIUS TERMINALS

1. Identificar les característiques específiques de la ciència, la tècnica i la tecnologia, atenent les seves diferents activitats i la seva interdependència.
2. Reconèixer i descriure les relacions existents entre l'avenç de la tecnologia i l'evolució de les civilitzacions.
10. Relacionar els conceptes de cultura tecnològica estudiats amb les aplicacions en els camps industrials.
36. Reconèixer les formes de prevenció de l'impacte ambiental de les activitats industrials.
37. Analitzar l'efecte social de l'activitat tecnològica.
38. Descriure els elements bàsics d'organització industrial.
39. Descriure el paper de la tecnologia i de la gestió de la innovació a l'empresa.
40. Reconèixer la necessitat de la minimització dels residus i del reciclatge dels materials.

6.4.2. EL EXAMEN DE SELECTIVIDAD DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Como ya se argumentó anteriormente, una fuente importante y bastante decisiva para verificar el pleno desarrollo del currículum tanto en el segundo, como en el tercer nivel de concreción, es analizar las pruebas de evaluación. En el caso de **Tecnología Industrial**, que también se imparte en segundo de bachillerato, nada más apropiado que atender al examen de selectividad, pues no se refiere al interés y al trabajo aislado de un profesor, sino que atiende a una cuestión estructural de exigencia y control. El enunciado de la última prueba de selectividad, correspondiente a junio de 2007 se presenta en el anexo I. En él se puede apreciar con absoluta rotundidad que no hay ninguna exigencia en relación con los contenidos CTS. Si el mayor apremio que tiene todo profesor de segundo de bachillerato es preparar el examen de selectividad, que suele abarcar una gran cantidad de temas y que presenta una dificultad suficiente como para evitar detenerse en tratar otros temas a lo largo del curso, es evidente que la parte del currículum que implican temas o contenidos CTS no serán tratados.

6.5. CONCLUSIONES: EN LA PRÁCTICA, LA SOCIEDAD Y LOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LA EDUCACIÓN EN EL ÁREA DE TECNOLOGÍA

Aunque la valoración sea parecida, se tratará por separado los resultados de la introducción de CTS en la educación secundaria obligatoria (ESO) y el bachillerato. En lo que respecta a **bachillerato**, el examen de selectividad hace patente la insignificancia de los valores cuando se evalúa el aprendizaje de **Tecnología Industrial**. Apenas la pregunta 4 del examen de selectividad elegido como modelo (anexo I) sugiere que en algún momento se pudo haber tratado uno de los llamados ejes transversales, en este caso, el de la educación medioambiental, aunque el tratamiento admite una respuesta puramente técnica o legal. La prueba es contundente. Entonces, como los libros de texto marcan el camino y los profesores se centran en preparar el examen de selectividad, se llega a la conclusión de que **no es posible ni necesario dedicarle tiempo a los valores o a la relación de la tecnología con la sociedad**.

En el otro lado encontramos el poco éxito de la implementación de CTS en la educación tecnológica de la ESO; conclusión a la que podemos llegar dada la desaparición del CDEDT y al análisis de los libros de textos que, indudablemente, marcan el segundo y tercer nivel de concreción y, en consecuencia, el trabajo del profesor en el aula. Concluimos entonces que, a pesar de las intenciones y el esfuerzo inicial, la **Educación Tecnológica** ha ido perdiendo peso en el marco curricular y, además, se puede afirmar que quedó huérfana de CTS. Al cerrar el CDEDT, Xavi Bachs el principal impulsor de esta perspectiva vio mermadas sus posibilidades de formar profesores, ensayar materiales y su aportación se redujo a la participación en una colección de libros de texto de esta materia, y que se convirtió en el único estandarte, por así decirlo, de CTS dentro de la educación tecnológica de la ESO. La falta de continuidad de su trabajo se debió a varios factores que conviene tener en cuenta si se quiere aprender del pasado en el momento de acentuar los temas CTS en la práctica de **Ciencias para el mundo contemporáneo**. Los factores se pueden resumir en:

6.5.1. EL CRECIENTE DESINTERÉS DE LAS AUTORIDADES EDUCATIVAS.

El desinterés de las autoridades educativas por desarrollar la reforma en toda su dimensión ha sido creciente. Primero, por la propia área de Tecnología que, en los

sucesivos ajustes de la reforma de 1990, fue perdiendo peso en el currículum. Segundo, porque con el paso de los años se fue solventando el problema de recolocar a los profesores de FP y éste dejó de ser un problema que, cuando lo era, actuaba como estímulo necesario para igualar el área de tecnología con otras. Y en tercer lugar, porque revertir el prestigio heredado y transformar el área en una de las más importantes, como indicaba la dedicación horaria, implicaba grandes inversiones y una gran voluntad política. Este desinterés se manifestó a través del cierre y desmantelamiento del CDEDT, la inexistencia de planes de formación de profesores —incluida la paulatina desaparición de la formación permanente para los profesores en ejercicio. Si todas las materias del área de Tecnología se vieron afectadas, no es necesario añadir que los contenidos relacionados con la sociedad y los valores quedaron completamente marginados, la tecnología se quedó huérfana de CTS.

6.5.2. LA ADAPTACIÓN DEL CURRÍCULUM

La ley impone el primer nivel de concreción, pero la forma de entenderlo y adaptarlo, así como el desarrollo del segundo y tercer nivel de concreción corresponde al profesor. Su preparación, su formación, su capacidad, su predisposición y su voluntad, así como los apoyos que recibe son fundamentales para cumplir todo lo exigido por la ley. Y salvo los esfuerzos mencionados en el apartado 6.2., casi no se ejerció ninguna de estas ayudas hacia el profesor que, además, no contaba en absoluto con la preparación necesaria para tratar cuestiones CTS.

La valoración sobre la integración de la sociedad y los valores en el área de tecnología es negativa. El tratamiento de temas relacionados con los ejes transversales es bastante escaso y casi siempre inexistente. Con el agravante de que el currículum de tecnología plantea de forma muy explícita la necesidad de introducirlo. En teoría, parece imposible dejar de lado el tema de los valores en el tratamiento de puntos como *Humanitat i tecnologia*, *L'evolució científico-tècnica* o *Avantatges i inconvenients de les aportacions de la tecnologia*. Pero, ante la pasividad de la inspección o de aquellos encargados de velar por el cumplimiento del currículum, los contenidos CTS quedaron marginados de las adaptaciones curriculares y de su integración de la educación efectiva.

6.5.3. LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO

En el caso de los profesores de tecnología implicados en la introducción de cuestiones CTS había un triple déficit en relación con su formación. Primero, en su carrera y su socialización como técnicos; segundo, en su formación como profesores mediante un curso de aptitud pedagógica (CAP); y tercero, por la escasez o falta de formación permanente tan necesaria en el momento de realizar una reforma educativa.

Ni la **universidad**, ni mucho menos la **formación profesional** forman a los profesores en valores o en la relación de la tecnología con la sociedad. Los cursos siguen estrictamente la antigua concepción de la ciencia, la tecnología y la sociedad, y los valores no formaban parte de las carreras ingenieriles. La falta de adecuación de los perfiles iniciales de los profesores de la educación secundaria para el tratamiento de estas nuevas áreas requería un trabajo de actualización del perfil profesional de los profesores que ya tenían la idoneidad por la titulación. Por su formación inicial, no existía ninguna garantía que pudiesen introducir nuevos contenidos, y por ello, por sí mismos, salvo grandes dosis de voluntarismo o por cuestiones ideológicas, los profesores no trataban explícitamente ninguno de los ejes transversales —la ética y los valores, la interculturalidad, el sexismo, la educación por la paz o la educación medioambiental.

Para acceder al trabajo de profesor es necesario obtener el Certificado de Aptitud Pedagógica (CAP). Es posible que el planteamiento inicial del CAP en la Ley General de la Educación de 1970 fuera el que entonces aconsejaban las reformas educativas modernas. Pero la reforma de 1990 lo dejó rápidamente desfasado. El Certificado de Aptitud Pedagógica se consideraba —y se considera hasta en su penúltimo año (curso 2007-2008) un trámite previo para presentarse a oposiciones o para acceder a listas de profesores sustitutos e interinos. En él predominan cursillos masificados, escasa financiación —en realidad se auto-financia y apela al voluntarismo de los formadores— y, como causa y consecuencia a la vez, la falta de interés del alumnado. El CAP es la preparación más corta para ser profesor existente en toda la Unión Europea y una muestra de cómo las sucesivas administraciones, la universidad e incluso las asociaciones profesionales han valorado la formación para ser educador de alumnos de 12 a 18 años.

En tercer lugar, los cursos de formación permanente no fueron suficientes en absoluto. La transformación de profesores de FP en profesores de secundaria exigía

una formación completa y sistemática que, además, sirviera para prestigiar el área de Tecnología que se solía identificar con la desprestigiada FP. Pero como se dijo en el punto 6.5.1., las autoridades educativas muy pronto renunciaron a ello.

6.5.4. LA FALTA DE MATERIAL DIDÁCTICO ADECUADO.

Uno de los obstáculos con lo que se encuentra el profesorado a la hora de introducir una innovación es, sin duda, la falta de materiales didácticos adecuados para planificarla y poder llevarla a cabo. Sucede sobre todo, en el momento de iniciarse una reforma educativa para la enseñanza y el aprendizaje de nuevos contenidos y éste es uno de los fallos que se pueden detectar en el caso de Cataluña, pero que también es uno de los principales obstáculos para el desarrollo de CTS en todo el mundo, como no se cansó de señalar uno de sus principales teóricos: Glen Aikenhead (2002). Desde el CDEDT se prepararon cursos de formación, así como unidades didácticas, pero estas carecieron de medios adecuados para llevarse adelante cumpliendo un plan de experimentación y contrastación, lo cual convirtió un buen material, realizado a base de voluntarismo, en un material poco útil y poco difundido. Quienes se encargaron, en consecuencia, de adaptar la ley fueron las editoriales a través de los libros de texto. Las editoriales marcaron la pauta, y todas salvo Eumo editorial, olvidaron por completo cualquier tipo de enfoque y de contenidos CTS (Méndez, 1997).

Eumo editorial desarrolló unos libros de texto en un grupo en el que participaron Xavier Bachs y Alonso Pallí, y que pretendía ser una continuación del proyecto TECSO originario del CDEDT. Sus libros forman parte, sin duda, de la innovación didáctica y hacen patente sus intenciones interdisciplinares al añadir actividades de ciencias experimentales, ciencias sociales, matemáticas, así como secciones imposibles de encontrar en los libros al uso. Entre estas innovaciones se pueden destacar, un artículo escrito por un periodista tecnocientífico que intenta relacionar el trabajo de clase con la realidad, o la preparación de una actividad para realizar el aprendizaje fuera del aula y del instituto –cosa que debería hacerse con mucha más frecuencia en un país con un patrimonio histórico e industrial de tanta riqueza.

Los libros de texto editados por Enciclopedia Catalana, Mac Grew Hill, Santillana y Edebe ni siquiera utilizaban contenidos CTS como motivación. Algo que sí se podía realizar —en el sentido de *infusión* (ver capítulo 5)— utilizando los libros del segundo ciclo editados por la Editorial Cruilla.

6.5.5. LA GESTIÓN DEL AULA Y EL PERFIL DEL ALUMNADO

Finalmente hay que hacer mención de la gestión del aula. La creación del aula taller convirtió el aula en un escenario que no invitaba a ser un foro de debate, reflexión y, en cambio, motivaba a utilizar herramientas y realizar todo tipo de trabajo manual. La cantidad de horas que el alumno debía permanecer sentado, puesto que casi todas las materias implican, básicamente, un aprendizaje teórico, contribuyó a que el alumno percibiera el aula taller como un sitio donde predomina el trabajo manual, estar de pie, o hacer tareas que implican moverse constantemente.

Tampoco el prestigio de la materia ayudaba para convertir la clase en un centro de verdadera educación para la ciudadanía. La LOGSE supuso la unión de los antiguos EGB, BUP y FP, generalizando la educación y haciéndola obligatoria hasta los 16 años. Esta medida implicaba automáticamente que los objetivos debían variar y que el nivel del alumnado sería más bajo, lo que, a su vez, comportaba que el profesor debía trabajar en la diversidad con alumnos que en número elevado eran incapaces de plantearse cuestiones abstractas. Esta medida, positiva en todos sus aspectos, indirectamente perjudicó la intención de introducir CTS en el área de Tecnología.

Los principales errores en el intento de introducir contenidos CTS en la educación tecnológica pueden marcar la pauta de aquellos factores que son importante, e incluso imprescindibles, en el momento de plantear la nueva materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo partiendo de una concepción como la presentada en el capítulo 4. En resumen son:

1. Un apoyo comprometido de las autoridades educativas. Y ello significa inversiones y apoyo a los profesores que se dediquen a liderarla.
2. Reconocer que elaborar un currículum pretencioso no es suficiente. Es necesario velar por un cumplimiento acorde al *espíritu* de la ley.
3. Organizar una formación de profesores acorde con el cambio, lo que supone una resocialización.
4. Elaborar materiales pedagógicos adecuados.
5. En la línea con el punto 4, la gestión del aula no puede reducirse al sistema actual.

7

SOCIEDAD Y VALORES EN EL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

Como se vio en el capítulo anterior, en la primera propuesta de la LOGSE, el área de **Ciencias Experimentales** tenía dos créditos comunes anuales durante los cuatro años de la educación secundaria obligatoria (ESO) —aunque en las sucesivas reformas se han ido cambiando hasta tener tres anuales en la actualidad—, siendo, por tanto, una materia —o dos si la dividimos en las áreas de física y química, y biología— equivalente en dedicación horaria a las Ciencias sociales, las Matemáticas, la Educación física, el Inglés o la Educación tecnológica. En bachillerato, los profesores de ciencias divididos generalmente en los dos seminarios mencionados —física y química uno, ciencias de la naturaleza el otro— imparten las siguientes materias que constan de 6 créditos en total (3 en primero y 3 en segundo): **Biología, Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Física y Química**, todas ellas encuadradas en el bachillerato científico y en el bachillerato tecnológico.

Siguiendo la metodología del capítulo anterior, en este se analizará primero el currículum del área de ciencias en la ESO, seleccionado en función de su relación con la sociedad, la tecnología y los valores, para luego exponer los proyectos, programas y traducciones que han intentado introducir algún tipo de dosis o contenidos CTS en Catalunya. En segundo lugar se seleccionaran los objetivos y contenidos relacionados con la sociedad, la tecnología y los valores en el bachillerato y luego se hará la misma comprobación, bien sencilla pero contundente, para conocer la importancia que se le otorga: analizar un examen de selectividad correspondiente a la última convocatoria de selectividad —junio de 2007— de cada una de las materias. En el último apartado se hará un balance final.

7.1. SOCIEDAD Y VALORES EN EL CURRÍCULUM DE CIENCIAS EXPERIMENTALES DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA (ESO)

Del currículum de Ciencias Experimentales se han seleccionado los objetivos que permiten estudiar cómo se relacionan las ciencias con la sociedad, con la tecnología y con los valores. Son los siguientes³³:

OBJECTIUS GENERALS D'ÀREA

1. Emprar els coneixements científics per comprendre a grans trets l'evolució científico-tecnològica de la nostra societat i per donar suport a les opinions envers aspectes que afecten l'organització social, com ara l'aprofitament i l'ús de diverses fonts d'energia, l'ús adequat i la conservació de les primeres matèries, el reciclatge de materials, la solució a problemes mèdico-sanitaris, la invenció i l'ús d'aparells i materials nous que facilitin la vida de les persones.
2. Valorar actituds científiques com la curiositat, l'objectivitat, l'observació i els processos en la investigació científica per tal d'obrir-se receptivament a l'entorn i per distingir la superstició de la ciència pel fet d'adonar-se que és aquesta la que pot explicar els fenòmens.
3. Respectar les formes de vida i el medi ambient, considerats com un patrimoni comú.
5. Utilitzar de forma correcta l'instrumental científic necessari per fer observacions i experimentacions adequades a la seva edat, tant en el treball de camp com en el laboratori, iniciar-se en el procés d'experimentació científica mitjançant l'elaboració i la realització de dissenys experimentals senzills [...].
6. Demostrar que ha adquirit el coneixement de la terminologia científica i la simbologia bàsica necessària per comprendre textos científics adequats a la seva edat i per descriure o explicar els coneixements o les opinions sobre temes relacionats amb la ciència.
10. Conèixer el cos humà i comprendre'n el funcionament per tal d'utilitzar aquests coneixements per tenir cura de la salut, tot adquirint aquells hàbits d'higiene, alimentació i profilaxi que seran útils al llarg de la vida.

³³ Ver nota 30.

CONTINGUTS

Fets, Conceptes i sistemes conceptuals

1. Matèria i materials
 - 1.5. Materials d'ús quotidià.
2. L'energia
 - 2.1. Formes d'energia.
 - 2.3. Fonts naturals de l'energia i utilització.
4. Els organismes
 - 4.3. Els organismes i l'entorn
 - 4.4. L'ésser humà: el cos humà i la salut
 - 4.5. La perpetuació de l'espècie i l'evolució

Procediments

1. Obtenció de la informació
 - 1.1. Observació, amb criteris científics, d'objectes, fenòmens naturals i processos experimentals.
 - 1.3. Utilització de mitjans tecnològics (àudio-visuals, informàtica i telemàtica), de documentació impresa i de fonts de transmissió oral de temàtica científica.

Valors, normes i actituds

1. Respecte pel patrimoni natural
 - 1.1. Presa de consciència de la limitació dels recursos naturals.
 - 1.2. Respecte als éssers vius.
 - 1.3. Defensa del medi ambient davant la contaminació i el seu deteriorament.
2. Respecte per un mateix i pels altres
 - 2.2. Valoració del respecte en la comunicació de les idees i la tolerància envers les diferències entre les persones.
4. Valoració de l'esperit científic i de la importància de la ciència en la tecnologia
 - 4.1. Reconeixement de la importància del mètode científic.
 - 4.2. Interès a conèixer les respostes científiques a problemes plantejats pels éssers humans en diverses èpoques.
 - 4.4. Valoració de la importància i l'avenç científico-tecnològic en la millora de la qualitat de vida.

OBJECTIUS TERMINALS

31. Avaluar l'efectivitat, els humans sobre el sòl, l'atmosfera, la hidrosfera, la vegetació i els animals, i també les seves repercussions ecològiques per tal de manifestar actituds de defensa de l'entorn, especialment els costos ambientals, la disponibilitat i la limitació de recursos de les fonts d'energia emprades habitualment i de les fonts d'energia alternatives, i analitzar l'impacte de l'espècie humana contra de la contaminació.
41. Observar analíticament informació científica en forma d'imatges fixes, com ara dibuixos, fotografies, esquemes, diagrames o mapes topogràfics, mapes meteorològics senzills, models i maquetes, tant reals com en suport informàtic.
42. Extreure les idees bàsiques de textos científics senzills, de vídeos científics i de simulacions interactives per ordinador.
55. Reflexionar sobre l'actitud quotidiana personal envers problemes com ara la generació de deixalles, el mal ús de l'energia i de l'aigua, la contaminació i la limitació dels recursos naturals, des de la perspectiva de voler trobar vies alternatives que puguin comportar canvis d'actitud.

7.2. PROYECTOS, PROGRAMAS Y TRADUCCIONES DE CONTENIDOS CTS DESARROLLADOS EN CATALUÑA EN EL ÁREA DE CIENCIAS

7.2.1. LA TRADUCCIÓN DEL SATIS AL CATALÁN

Damià Obach, catedrático de Física y Química del IES Milà i Fontanals de Barcelona fue el impulsor de la traducción al catalán del SATIS 14-16. Según su punto de vista: “Las características del proyecto, que permite introducir temas CTS sin provocar grandes cambios en la estructura de los cursos, motivó a un conjunto de profesores y profesoras a iniciar la traducción del SATIS 14-16” (Obach, 1995: 43). La traducción fue realizada por profesores de la Comisión de Ciencias del Col·legi de Doctors i Llicenciats de Catalunya promovida por el ICE de la Universitat Politècnica de Catalunya y el Departament d’Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. Según Damià Obach, los profesores participantes experimentaron este material con un resultado satisfactorio: “Se puede decir, en definitiva, que el SATIS es un proyecto útil para iniciarse en la Educación CTS. Al ser un proyecto *a la carta* permite que el profesorado y el alumnado vayan tomando contacto, al ritmo que consideren más adecuado, con los temas CTS y con el tipo de actividades empleadas” (Obach, 1995: 44).

7.2.2. EL PROYECTO APQUA

El proyecto educativo de ciencias APQUA (*Aprendizaje de los Productos Químicos, sus Usos y Aplicaciones*) comenzó a desarrollarse en 1988 en el Departamento de Ingeniería Química de la Universitat Rovira i Virgili de Tarragona. El material didáctico creado se centró tanto en los productos y los procesos químicos, como en el riesgo que su uso puede representar para las personas y el medio ambiente (Acevedo y Acevedo, 2002).

Este proyecto ha desarrollado cuatro líneas diferentes de trabajo (Medir, 1995):

- El programa *APQUA escolar*, dirigido a los estudiantes y docentes del ciclo superior de educación primaria y de educación secundaria obligatoria. El programa escolar de APQUA se ha difundido desde Cataluña a toda España, realizándose la formación del profesorado en los Centros de Profesores;

- El programa público, iniciado en 1989 y dirigido a todas las personas adultas;
- El Centro de Información Química (CIQ), una base de datos informatizada que, de manera sencilla, pone a disposición de toda la población información básica sobre los productos químicos;
- El programa de formación de profesionales, dirigido a todo tipo de personas que trabajan en la industria o en la administración, así como a otros grupos profesionales que tengan relación con los productos químicos o interés por el tema.

APQUA es uno de los pocos proyectos educativos de química españoles con un enfoque CTS, basado en problemas y cuestiones químicas de interés social tales como la toxicidad de los aditivos en los alimentos, la contaminación del agua de consumo, el riesgo en las actividades cotidianas, la peligrosidad y la gestión de los residuos contaminantes, la elección entre plástico o papel, etc. Por su estructura puede clasificarse como un proyecto de química con tecnología desarrollado a través de las coordenadas CTS (Medir y Abelló, 2002).

En el ámbito concreto de la educación secundaria se puede afirmar que APQUA ha sido un proyecto basado en aspectos CTS de la Química. En él se enseñan los contenidos científicos, los procesos y las habilidades de resolución de problemas para que los alumnos y alumnas, con la información suficiente, puedan tomar decisiones personales sobre temas relacionados con los productos químicos. El objetivo no es convertir al estudiante en un activista por una causa determinada, ni pretende que tome una posición concreta delante de un problema social, sino que desarrolle su capacidad de comprensión y crítica sobre temas científicos y sobre las limitaciones de la ciencia (Thier, 1988).

La metodología de APQUA en el aula no se basa en leer un libro y hacer ejercicios, sino en realizar actividades, preguntas, discusiones e involucrarse en debates. La separación artificial entre las diferentes disciplinas científicas desaparece a medida que el profesor y el alumno se dan cuenta de que los temas de ciencia y tecnología son cuestiones sobre las cuales las personas toman decisiones, como individuos miembros de una sociedad. Los créditos no son un conjunto de prácticas de laboratorio, sino una forma de enseñar a plantear y resolver problemas que interesan a la sociedad actual.

7.2.3. EL PROYECTO SALTERS

En 1995 se firmó un convenio entre tres administraciones educativas (*Centro de Desarrollo Curricular del Ministerio de Educación y Ciencia, Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya y Conselleria de Cultura, Educació y Ciència de la Generalitat Valenciana*) para subvencionar la adaptación del proyecto Salters al Bachillerato de España (Caamaño, 1997).

El *Salters Advanced Chemistry* (Burton, Holman, Pilling y Waddington, 1995) es un proyecto británico para la enseñanza de la química, desarrollado por el *Science Educational Group* de la Universidad de York, que cubre los contenidos de química de los dos cursos del A-Level destinado a alumnos de 17-18 años. Las aplicaciones de la química y sus implicaciones sociales son su eje organizador. Para realizar este trabajo se formó un equipo de profesores dividido en tres grupos de trabajo que, entre 1995 y 1999, prepararon dos ediciones (en español y catalán). En la versión española, que fue la de más éxito y aplicación, se respetaron el espíritu original del proyecto y sus objetivos principales:

- Organizar el currículo de química tomando como criterio las aplicaciones tecnológicas y su influencia en la sociedad actual;
- Resaltar la relación entre la química y nuestra vida cotidiana;
- Mostrar algunos de los métodos de trabajo que se utilizan en química;
- Presentar algunas líneas de investigación química más recientes;
- Ampliar el abanico de actividades que se utilizan en la enseñanza de la química.

El proyecto Salters en español consta de ocho unidades didácticas, la realización de una investigación individual y visitas a diferentes industrias. Cada unidad tiene tres secciones: *Química y Sociedad, Conceptos Químicos y Actividades*. Además, incluye una *Guía Didáctica o Guía del Profesor* (Gómez-Crespo, Gutiérrez-Julián, Martín-Díaz y Caamaño, 2000). Su principal aportación para dar una orientación CTS al proyecto es *Química y Sociedad*, una lectura que sirve de hilo conductor para cada unidad. Su estructura también es la de un proyecto de química con tecnología que se desarrolla a través de CTS.

7.2.4. CIENCIA A TRAVÉS DE EUROPA

Como resalta su principal mentor en Cataluña, Carles Parejo, “La idea es simple. La ciencia es una parte del currículum que es común a todos los países europeos. Se pueden encontrar alumnos aprendiendo la misma ciencia en todos los países de Europa. El proyecto utiliza esta base común para relacionar a los estudiantes entre sí. Trata temas que interesan a todos tales como la lluvia ácida o el suministro de energía (Parejo, 1995: 45).

El proyecto SAE (*Science Across Europe*) nació bajo el patrocinio de la ASE (*Association for Science Education*) en colaboración con la BP (*British Petroleum*) y se inició como una extensión del proyecto británico SATIS. La primera reunión de profesores del equipo europeo de SAE tuvo lugar en Brujas (junio de 1990), repitiéndose desde entonces con periodicidad anual. En estos encuentros se revisan las unidades en funcionamiento, se programan y experimentan otras nuevas y se difunden a nuevos países e idiomas (Parejo y Juan, 2000). El material de cada unidad incluye información para el profesor, hojas del alumno e información adicional sobre el tema.

Los objetivos fueron:

- Introducir una dimensión europea en la enseñanza de la ciencia para poner de manifiesto las diferentes tradiciones nacionales frente a una cultura europea común;
- Concienciar a los estudiantes sobre los diferentes puntos de vista y modos de vida de los alumnos de los restantes países europeos;
- Ofrecer oportunidades para desarrollar las técnicas de comunicación en su sentido más amplio que incluye diferentes lenguas además de la propia;
- Proporcionar a las escuelas de los distintos países oportunidades para colaborar entre sí.

En la actualidad, *Ciencia a través de Europa* es una sección integrada en el proyecto SAW (*Science Across World*), que mantiene lazos entre profesores de varios países, como se tratará y detallará más adelante en el capítulo 9. La

estructura de ambos proyectos no va más allá de la inserción de unidades CTS en el currículo ordinario (véase la figura), si bien están bastante elaboradas.

Como señalan los responsables en España (Parejo y Juan, 2000), de hecho Xavier Juan es el coordinador para España, los principales objetivos son:

- Lograr un mayor conocimiento de la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad actual.
- Permitir a los alumnos conocer opiniones y formas de vida de compañeros de otros países, lo que sirve para transferir el conocimiento desde lo local a lo global.
- Desarrollar habilidades de comunicación incluyendo otros idiomas.
- Facilitar las relaciones entre escuelas de diferentes países.

7.3. EL CRÉDITO VARIABLE *LA NATURALEZA DE LA CIENCIA*

La concepción de la ciencia que se plantea en este crédito se muestra mucho más cercana a la nueva concepción de la ciencia y de su relación con la sociedad y los valores expuesta en el capítulo 4 (La nueva concepción de la ciencia y de sus relaciones con la tecnología, la sociedad y los valores). Si el currículum de la asignatura común se mantiene fiel a lo expuesto en el capítulo 2 (Los valores y la sociedad en la historia de la filosofía de la ciencia. De la edad moderna hasta la década de 1970), este crédito variable muestra la mayor flexibilidad existente en el planteamiento de materias optativas, que se discuten menos y que satisfacen a aquellos profesores ávidos por desarrollar una nueva concepción de la ciencia. Por lo tanto, podemos apreciar que los créditos variables permiten una mayor amplitud de miras, aunque, al mismo tiempo, desde una posición que está en clara desventaja, pues pueden ser fácilmente obviados, como ha sucedido en este caso. A continuación se exponen los objetivos y contenidos del programa de este crédito que tienen relación CTS³⁴.

OBJECTIUS

1. Descriure algun avenç científic en els contextos de la medicina, la biologia, l'agricultura, l'enginyeria, tot remarcant les noves idees i aportacions, la investigació o l'avenç realitzat, i la vida i el context social dels principals científics que l'han fet possible.
2. Debatre sobre la interpretació d'algun experiment nou, i adonar-se que són possibles diferents interpretacons de l'evidència o resultats experimentals.
3. Usar models científics que hagin estat alternatius en la història de la ciència, per explicar un fenomen i mostrar com les prediccions que se'n dedueixen estimulen nous experiments.
4. Descriure i explicar un incident de la història de la ciència en què les hipòtesis fetes hagin resultat encertades per establir un nou model o teoria.
5. Donar una descripció històrica del canvi produït en una teoria ja establerta i mostrar els seus efectes en la societat.
6. Apreciar la diferent funció de l'evidència científica experimental i del pensament imaginatiu en el progrés de la ciència.
7. Entendre que una explicació científica d'una cultura i d'una època diferents contribueix a la nostra comprensió actual de determinats fets.

³⁴ Ver nota 30.

8. Diferenciar entre generalitzacions i teories predictives.
9. Comprendre les diferències de criteri que poden existir en l'opinió científica sobre un tema, ja sigui del passat o del present, i relacionar les diferències de criteri amb la naturalesa incerta de l'evidència científica.

CONTINGUTS

Procediments

1. Observació i interpretació de fenòmens sobre la història de la ciència.
2. Comprensió de textos senzills sobre la història de la ciència.
6. Disseny d'experiments per a la contrastació d'hipòtesis.
8. Obtenció de conclusions.
10. Comparació entre explicacions alternatives de determinats fenòmens o experiments.
11. Elaboració de pòsters, redacció d'informes i participació en debats.
12. Anàlisi de notícies de diaris en què apareguin opinions diferents de científics sobre problemes diversos de ciència, tecnologia i societat actuals.

Fets, Conceptes i sistemes conceptuals

1. Què són les teories científiques.
3. Quin és el paper dels experiments.
4. Quin grau de certesa tenim sobre les teories.
5. Influència de les teories científiques en la societat.
6. Quina relació hi ha entre ciència i tecnologia.
7. Com canvien les teories científiques.
8. Diferència entre ciència i paraciència.
9. La construcció social del coneixement científic.

Valors, normes i actituds

1. Valoració del caràcter temptatiu dels models i de les teories.
2. Consciència de les diferents interpretacions possibles que poden deduir-se dels experiments.
3. Valoració del caràcter canviant de les teories al llarg de la història.
5. Valoració de les relacions ciència-tecnologia-societat.
9. Actitud oberta per a l'intercanvi d'opinions sobre la interpretació de l'evidència experimental.

7.4. SOCIEDAD Y VALORES EN EL CURRÍCULUM DE CIENCIAS DE BACHILLERATO

El área de ciencias de bachillerato está constituida por dos seminarios responsables de dos materias cada una que, como ya se señaló en el apartado 7.1., constan de 6 créditos en total, ello se traduce en tres horas semanales en primero de bachillerato y tres en segundo. Las materias encuadradas en el bachillerato científico y en el bachillerato tecnológico son **Biología, Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Física y Química**.

7.4.1. EL CURRÍCULUM DE BIOLOGÍA

En su planteamiento general, el objetivo del currículum de **Ciencias Experimentales** plantea lo siguiente³⁵: "L'especialització que s'ha de donar a aquesta matèria en el batxillerat ha de permetre de situar els coneixements biològics en el marc general de la ciència i la tècnica en particular, i de la cultura en general. A més s'haurà de fer referència als problemes que la humanitat té plantejats i als quals la biologia pot fer aportacions per a la seva solució tant directament com indirecta. Al tractament científic s'hi afegeix la reflexió ètica que aquest temes comporten. També, és molt important deixar constància que els coneixements biològics estan sotmesos a canvis continus ja que la ciència és un conjunt de sabers i de pràctiques provisionals que rep influències del context social i històric així com dels efectes de la seva aplicació a la societat". Este planteamiento se articula en la forma de los siguientes objetivos y contenidos:

OBJECTIUS GENERALS

2. Fer una anàlisi i valoració crítica dels coneixements biològics i ser conscient dels seus límits i dels canvis continus a què són sotmesos els coneixements científics.
3. Situar els coneixements biològics en el marc general de la ciència i tècnica, i en la perspectiva dels problemes que té plantejats la humanitat.

³⁵ Ver nota 30.

8. Rebutjar els plantejaments reduccionistes en l'aplicació i l'ús inadequat de la ciència, en particular la biologia, que impliqui atemptar contra la dignitat humana.
9. Valorar la complexitat biològica del planeta i la necessitat de conservar la seva biodiversitat, tant pel coneixement i ús científic com pel gaudi estètic, tot valorant la responsabilitat de l'espècie humana en la biosfera.

CONTINGUTS

Fets, conceptes i sistemes conceptuals

- 1.7. L'origen de la vida.
- 5.6. Introducció a l'enginyeria genètica
- 6.5. La reproducció medicament assistida: Implicacions ètico-socials
- 7.4. Teories evolutives i proves de l'evolució
- 7.5. L'evolució de l'espècie humana.

Valors, normes i actituds

1. Valoració crítica de la biologia, i de la ciència en general, així com les seves aplicacions.
2. Presa de consciència del fet que la biologia i la ciència en general, són el resultat d'un treball alhora individual i col·lectiu, i d'una despesa econòmica.
3. Interès per las relacions que existeixen entre la biologia, la societat i la tecnologia.
4. Acceptació i respecte per les diferents opinions degudament fonamentades davant d'un mateix fet biològic.

OBJECTIUS TERMINALS

5. Discutir algunes de les teories sobre l'origen de la vida i reconèixer el seu caràcter científic o no científic.
32. Valorar la importància de les aportacions de la biotecnologia i la reproducció assistida.

7.4.2. EL CURRÍCULUM DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE

El planteamiento general de **Ciencias de la Tierra y del medio ambiente** es bastante abierto a cuestiones CTS. Su primer nivel de concreción ofrece un marco considerablemente idóneo para conectar la ciencia con la sociedad y los valores a través del análisis y debates de cuestiones que son constantemente noticia de primera página. Los objetivos y contenidos relacionados con CTS son los siguientes³⁶:

OBJECTIUS GENERALS

2. Conèixer els processos i les característiques geològiques que determinen la disponibilitat de recursos i l'existència de riscos geològics, tot condicionant l'ocupació i l'ús del territori.
7. Comprendre que l'actual ritme d'explotació dels recursos de la Terra té unes repercussions sobre l'entorn i que calen criteris científics per tal de planificar les activitats humanes que impliquen un impacte sobre el medi ambient.

CONTINGUTS

Fets, conceptes i sistemes conceptuals

- 1.3. L'espècie humana i el medi.
- 3.3. Impactes: contaminació de l'aire i de l'aigua.
- 3.4. L'esgotament dels recursos.

Procediments

- 4.3. Avaluació de recursos, de riscos i d'impactes ambientals.

Valors, normes i actituds

- 1.2. Reflexió sobre les conseqüències que tenen les pròpies accions sobre el medi físic.
- 2.2. Valoració crítica sobre el que significa qualitat de vida.
- 2.3. Valoració de les repercussions que les activitats humanes tenen sobre els recursos els riscos i els impactes
- 3.1. Reflexió sobre els hàbits de consum.
- 4.3. Consciència de la desigualtat entre els països en relació a l'explotació dels recursos i a la qualitat de vida.

³⁶ Ver nota 30.

OBJECTIUS TERMINALS

3. Analitzar l'ús de la matèria i l'energia que han fet diferents societats tot relacionant aquest ús amb els avantatges i inconvenients que generen.
8. Comparar, a partir de l'estudi de casos, les conseqüències que per al medi ambient tenen diversos models de desenvolupament econòmic.
14. Analitzar i avaluar les possibles propostes que s'aporten pel tractament dels diferents problemes ambientals.
26. Definir el propi codi ètic en relació als problemes ambientals i als hàbits de consum, prenent posició personal respecte del que significa la qualitat de vida.

7.4.3. EL CASO DE LA FÍSICA Y DE LA QUÍMICA.

Tanto en el currículum de **Física** como el de **Química** se puede afirmar con claridad que no están dirigidos a tratar cuestiones CTS; en ningún momento contemplan en sus objetivos y contenidos rastro alguno de la sociedad y los valores. Se centran básicamente en cuestiones teóricas de las respectivas especialidades, tratadas desde un punto de vista completamente internalista y que están dirigidas exclusivamente a la resolución de problemas. Si en el caso de la Biología o de Ciencias de la tierra y del medio ambiente, materias en las que el currículum está abierto a tratar cuestiones sociales y éticas, los exámenes no contemplaban ninguna pregunta en esta dirección, es decir no reflejaban ningún rastro de CTS, más claro aún, es el caso de los exámenes de selectividad de Física y Química, tal como se puede precisar leyendo los anexos IV y V.

7.5. CONCLUSIONES: APENAS INFUSIÓN DE SOCIEDAD Y VALORES EN EL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

La valoración final se realizará materia por materia atendiendo a la diversidad de las asignaturas que componen esta área y, en consecuencia, de la diversidad de los currícula. En esta investigación se ha optado por buscar la que es posiblemente la prueba más decisiva para *controlar* el grado de introducción de cuestiones CTS en estas materias. Esta prueba no depende ni del trabajo editorial y de un conjunto limitado de autores, ni de la voluntad y conciencia del profesor, sino que muestra cuál es realmente la exigencia en bachillerato de aspectos CTS, se refiere a la prueba de **selectividad**. Es el examen que organiza decisivamente la agenda de trabajo del profesor en los dos años de bachillerato, pues las cuestiones tratadas en el examen implican la necesidad y obligatoriedad de su tratamiento. Puesto que los alumnos que atienden estas cuatro materias (Química, Física, Biología y Ciencias de la tierra y del medio ambiente) tienen la posibilidad de examinarse de selectividad de todas estas opciones, se ha optado por analizar los exámenes de selectividad y verificar qué exigencias existen al respecto (anexos II – V). Al ser la estructura similar, se puede analizar cualquier de las opciones posibles de los últimos años. En este trabajo se ha optado por utilizar la primera opción de la penúltima selectividad (2007). Además, en el caso de ciencias experimentales, que es la única materia que introduce temas CTS en su currículum de la ESO, se han consultado los libros de texto de cuatro de las principales editoriales, para analizar si se corresponde auténticamente con lo señalado en el currículum.

Si se comienza por **Ciencias experimentales** de la ESO, lo primero que hay que decir es que muy pocos profesores han tratado estas cuestiones aprovechando las menciones que aparecen en el currículum, aunque el 85% de los profesores de ciencias creían conveniente profundizar en temas de ética y valores. No encontraban, eso sí, en qué temas, en qué momento y, sobre todo, de qué manera, lo que da una pista muy importante para tener en cuenta en el momento de implementar *Ciencias para el mundo contemporáneo*: en algo que no hay tradición y los profesores no fueron formados, es muy importante que el currículum deje la cuestión lo más clara posible y, sobre todo, que el material de los libros de texto sean adecuados, interesantes y faciliten su uso por parte del profesor. Sin embargo se reducía a la mitad el número de profesores que creían importante conectar los temas de ciencia con cuestiones de gran actualidad (Méndez, 1997).

En la encuesta mencionada, realizada a los profesores de ciencias, estos mantenían la necesidad de dedicar parte de sus clases a la educación medio ambiental. Parecía como si esta fuese una responsabilidad nueva, un imperativo que debe cumplirse. En el otro extremo se encuentra la educación para la paz: nadie asume que este tema se encuentra entre sus competencias, cosa sorprendente ya que una gran parte de la inversión en investigación científica de los países industrializados se dedica al armamento y a tecnologías relacionadas con la guerra o cuestiones afines. Aún sorprende más el poco tratamiento que se dedicaba al sexismo, sobre todo por su actualidad, al ser una cuestión que desde hace ya varios años ocupa uno de los primeros objetivos de casi cualquier proceso educativo. Y que, en este caso, dado el cambio que se está produciendo en la sociedad y que contrasta con la historia de la ciencia protagonizada casi exclusivamente por hombres, sugiere la necesidad de reflexionar sobre la tendencia y estereotipos que influyen a la hora de escoger la modalidad de bachillerato. En este sentido la cuestión es muy importante, el contacto con esta materia durante la ESO será determinante para la elección de la modalidad de bachillerato y, consecuentemente, para las posibilidades de elegir alguna carrera universitaria o un módulo de grado superior. Prestar atención a esta cuestión e integrarlo en el currículum sería decisivo para que las chicas se sientan motivadas a estudiar carreras de ciencias, pues si no se interviene, los estereotipos condicionaran la elección de estudios en el bachillerato. Los tópicos que afectan al género y que hasta ahora son los determinantes, son los siguientes: el chico que elija Humanidades y Ciencias sociales perderá características masculinas a ojos de los demás y se le tachará de incompetente, pues se asocia el alumno de letras con el sociable, simpático y abierto, pero vago, incapaz, despreocupado e indeciso. De la misma forma, la chica que elija Ciencias y Tecnología, perderá para sus compañeros características típicamente femeninas de sociabilidad, ya que el estereotipo de la alumna que elige esta modalidad es la inteligencia, la seriedad y la responsabilidad, al mismo tiempo que es individualista, poco sociable, aburrida y materialista (Cuadrado, Gaviria y López Sáez, 2007). Es por ello que parece extraño que no se impongan nuevas fórmulas didácticas y de reflexión sobre la incorporación de los valores en los estudios de las materias de ciencias. Aunque de hecho, expertos internacionales como el británico Jonathan Osborne reclama insistentemente el destierro de las pizarras llenas de fórmulas interminables y las verdades rígidas e incuestionables, para sustituirlas por el debate, la discusión y la práctica (Osborne, 2007).

Para contrastar la opinión de los profesores se ha realizado un análisis de los libros de texto de Ciencias experimentales de la ESO, investigación que confirma esta

tendencia. Después de analizar los libros de las editoriales Santillana, Baula, McGraw Hill, Edebe, Cruilla y Barcanova, la primera valoración que se puede hacer es que el tratamiento de temas relacionados con los ejes transversales —que son lo que de alguna manera acercaría las cuestiones de valores al estudio de la ciencia— es más bien escasa, y en la mayoría de los temas inexistente. También se constata que los temas más adecuados, ya sea por su actualidad o por su importancia, son tratados de forma marginal y más como un añadido que no como tema de reflexión profunda. Evidentemente el currículum no favorece mucho la inclusión de estos temas y estos tratamientos, pero se ha de decir que incluye temas, permitiendo el despliegue de contenidos CTS, pero que la totalidad de los libros de texto analizados no lo tienen en cuenta.

El examen de selectividad de **Biología** (anexo II) demuestra que la tendencia se mantiene en bachillerato. Las cuestiones que relacionan el temario con la sociedad o los valores sólo se utilizan como tema sobre el que se plantean ejercicios, sobre el que se aplican las fórmulas de una forma abstracta, pero para nada más. Por tanto, no es posible utilizarla como modelo para *Ciencias para el mundo contemporáneo* que dedica prácticamente la mitad de su temario a cuestiones relacionadas con la biología. Sólo hay un tema que se trata tanto en los libros de texto de la ESO como en los de bachillerato y es la ingeniería genética. Pero siempre se trata como problema, en ningún momento se trata de discutir sobre su alcance, su futuro, su adecuación con las necesidades y deseos de los alumnos, ni sobre cómo pone en jaque algunos principios morales de la cultura occidental. De todos modos, como se ve en el examen de selectividad, nada *fuerza* a que el alumno elabora una reflexión personal sobre esta cuestión sustancial y trascendental en la sociedad actual.

El examen de **Física** (anexo IV) propicia que se identifique la física con la alta tecnología, de hecho los alumnos que siguen la vía dirigida al ámbito técnico, de hecho sólo los *futuros* ingenieros tienen que realizar esta prueba, pero no exige que los alumnos sean capaces, al terminar los estudios de identificar el contenido de la materia, basado en la resolución de problemas, con la incidencia de la alta tecnología en las formas de vida. Si se analizan los tres problemas que permiten identificar la física con la tecnología actual, se entenderá mejor la crítica sobre la ausencia de contenidos CTS. El primer problema hace referencia al AVE y plantea lo siguiente:

En un tram del recorregut, l'AVE Lleida-Tarragona du una velocitat constant en mòdul de 300 km/h. En aquest tram fa un revolt de 600 m de radi que està peraltat un angle de 20°. Damunt d'una taula del vagó restaurant hi ha un plat buit de massa 350 g. El plat es troba en repòs en el tren gràcies a la fricció amb la taula, que impedeix que el plat es desplaci cap enfora.

- a) Feu un diagrama de les forces que actuen sobre el plat.
- b) Determineu el mòdul de la força de fricció que actua sobre el plat.
- c) Determineu el mòdul de la força centrípeta que actua sobre el plat.

Es decir, menciona el AVE, todo un símbolo de la más actual tecnología, pero no implica tratar cuestiones que problematicen su desarrollo como sería analizar si es necesario y/o deseable invertir tanto en unas pocas líneas férreas, si el proyecto debe reforzar la centralidad de alguna ciudad, cuáles son los condicionante de su trazado, la importancia de aumentar la velocidad de los medios de transporte, o cómo los trenes de alta velocidad cambian la relación de la sociedad con el territorio. En detrimento de todo ello, el problema en cuestión se refiere exclusivamente a un cálculo matemático.

También hay una cuestión que trata sobre una tecnología punta: la investigación espacial; pero tampoco se hace referencia a cuestiones sociales o de valores, una vez más se trata de un cálculo:

El 19 d'octubre de 2006 es va llençar un nou satèl·lit de la família Meteosat, el *MetOp-A*. Aquest satèl·lit té una massa de 4 085 kg i descriu una òrbita polar (òrbita que passa pels pols i és perpendicular al pla de l'equador) a una altura de 800 km sobre la superfície de la Terra. Calculeu:

- a) A quina velocitat orbita.
- b) Quantes vegades passa pel pol Nord diàriament.
- c) Quina energia mecànica té.

DADES: $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg; $R_T = 6\,400$ km; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N · m² · kg⁻².

Finalmente se comentará el problema relacionada con balística: no se relaciona con la tecnología militar, ni mucho menos como dieron lugar al desarrollo de la física moderna cuando Galileo hacía experimentos en los arsenales de Venecia y Tartaglia hacía experimentos que desafiaban la física aristotélica. Para que sirva como ejemplo definitivo del análisis que se exige a los alumnos, y ser plenamente conscientes de que cualquier otro comentario para relacionarlo con la sociedad o los

valores, queda a criterio o afición del profesor, a continuación se expone el problema:

1. En l'impacte de la bala, es conserva
 - a) la quantitat de moviment de la bala.
 - b) la quantitat de moviment del bloc.
 - c) la quantitat de moviment del conjunt.

2. En el moviment de pujada del conjunt bala-bloc, es conserva
 - a) la quantitat de moviment.
 - b) l'energia mecànica.
 - c) totes dues magnituds.

En **Química**, a pesar de los mencionados proyectos APQUA y Salters, sucede lo mismo que en el caso de la Física, aunque ni siquiera se conectan los problemas con cuestiones de su desarrollo actual y, por tanto, mucho menos se relacionan con la sociedad (anexo V). Es como si estuviera estancada en la falacia naturalista separando de forma absoluto el conocimiento de la naturaleza con los valores. De todos modos, y es destacable, desde el área de química han surgido los principales intentos, como se vio en el apartado 7.2., y de hecho han constituido un grupo de influencia importante en el proceso de implantación de Ciencias para el mundo contemporáneo.

En **Ciencias de la tierra y del medio ambiente**, a pesar de que el currículum deja abierta la posibilidad de relacionar constantemente los contenidos con el desarrollo social y con los valores, el examen de selectividad (anexo III) muestra que está lejos de preparar y exigir al alumno una competencia en estas relaciones. De todo el examen citado, sólo la pregunta 4, sobre las desaladoras como alternativa a la sequía en Cataluña —y el área mediterránea— permiten incidir en el estudios de las relaciones CTS. Después tres problemas muy interesantes para analizar el papel desempeñado por los embalses, la siguiente pregunta, que se utiliza como ejemplo ilustrativo es la siguiente:

4. Les dessaladores són l'alternativa que Catalunya i altres països mediterranis es plantegen davant la manca d'aigua. Empleneu la taula següent posant un avantatge i un inconvenient relacionats amb la construcció i el funcionament de les dessaladores i els embassaments.

Avantatge Inconvenient

Dessaladores

Embassaments

Los acontecimientos durante 2008 muestran la actualidad del tema y lo necesario de esta preparación, si el objetivo no sólo fuera preparar científicos, sino ciudadanos con competencias científicas. Prácticamente cada semana noticias que se pueden relacionar con esta materia son motivo de tratamiento periodístico destacado; utilizarlos serviría para tratar temas básicos en la alfabetización tecnocientífica, entender los problemas, aceptar la existencia de controversias en el ámbito científico, y estar en condiciones de participar en la evaluación de tecnologías.

En definitiva podemos concluir que la nueva concepción de la ciencia y la tecnología planteada en el capítulo 4, así como una didáctica más participativa, como pedían Solomon, Kortland y Bijker, los propulsores de programas y proyectos CTS en Europa, no forman parte de la educación secundaria de Cataluña. Se podría afirmar solamente que apenas hay infusión de temas de sociedad y valores en el área de ciencias experimentales.

8

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y VALORES

EN EL ÁREA DE FILOSOFÍA

Con la implantación de la LOGSE (1990) disminuyó considerablemente el número de horas lectivas de las materias del área de **Filosofía**. Además, y después de varios intentos frustrados —por ejemplo en 1994 y durante dos cursos se llamó Departamento de Antropología— los departamentos de **Filosofía** se diluyeron en los departamentos de **Ciencias Sociales**, y aún más, se podría decir que a duras penas se ha ido manteniendo como área de conocimiento. Después de una tentativa —positivista— de despojarla de todo contenido ético y político y pasar a llamarse **Teoría del Conocimiento**, en 1995 se convirtió nuevamente en Filosofía. Bajo la normativa LOGSE, el área de filosofía se centraba en el bachillerato, aunque poco a poco también se fue instalando en la ESO mediante la implantación de créditos variables. En Bachillerato hubo varios cambios tanto en lo referente a la modalidad en la que se impartía la Historia de la filosofía, en segundo, como en la posibilidad de ofrecer optativas: **Psicología, Sociología, Estética y Lógica y metodología de la ciencia**.

En estos vaivenes la siguiente reforma, instaurada por la LOE (2006), supone otra vuelta de tuerca. **Filosofía para la ciudadanía** se centra únicamente en contenidos éticos y políticos y deja de lado o ignora todo lo relacionado con la epistemología. Eso sí, muchos de estos temas son tratados en **Ciencias para el Mundo Contemporáneo** como se verá en el capítulo siguiente. En esta última reforma, el área de Filosofía ha quedado compuesta por la **Filosofía para la ciudadanía** —2 créditos en primero de bachillerato, y por **Historia de la Filosofía** —3 créditos en segundo. En la ESO esta área abarca dos materias: **Educación ético-cívica**, 1 crédito en cuarto, y **Educación para la ciudadanía** —1 crédito en uno de cualquier de los otros tres cursos.

Hay que señalar dos hitos en el currículum de **Filosofía** en relación con la inclusión de temas relacionados con ciencia, tecnología y valores: el crédito variable tipificado *Problemes ètics de la ciència i la tecnologia* y el capítulo 8 del currículum de filosofía de primero de bachillerato del currículum vigente entre 1997 y 2002, titulado *La dimensió social del coneixement. Ciència, tecnologia i societat*, capítulo novedoso que se hacía eco de la profunda transformación que estaba teniendo el desarrollo tecnocientífico, tanto en la vida cotidiana como en el desarrollo del pensamiento de las principales disciplinas filosóficas: ética, política, epistemología, estética... A pesar de esta justificación, cinco años más tarde se modificó el currículum y desapareció toda mención al campo de estudios relacionado con CTS.

8.1. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y VALORES EN EL ÁREA DE FILOSOFÍA DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA (ESO)

En el segundo ciclo de la educación secundaria obligatoria (ESO) ante la variedad de créditos variables y, sobre todo, su utilización como complemento y ajuste del horario lectivo de los profesores, se produjo la demanda de una cierta homogeneización y unificación en el estudio de la **ética**. El Departament d'Ensenyament decidió, a partir del curso 1995-96, establecer cuatro créditos variables tipificados: **Drets humans i ciutadania**, **Els valors de la convivència**, **Reflexió i argumentació ètica** y **Problemes ètics de la ciència i la tecnologia**.

El crédito variable tipificado, que tenía un carácter interdisciplinar, "Problemes ètics de la ciència i la tecnologia" constaba de los siguientes objetivos y contenidos³⁷:

OBJECTIUS

1. Analitzar l'interdependència entre valors, necessitats i desigs, i desenvolupament tecnològic, en el marc d'una mateixa cultura i en la diversitat cultural.
2. Analitzar una societat diferent de la nostra, tot adoptant una actitud de respecte i d'interès per la manera d'actuar d'altres tot relativitzant el nostre desenvolupament tecnològic.
3. Comparar algunes necessitats actuals amb d'altres de temps anteriors, i relacionar llurs canvis amb els canvis tecnològics.
4. Esbrinar els factors (socials, ètics, tècnics, polítics, ideològics, econòmics...) implicats en el disseny i configuració de les tecnologies artefactuals, simbòliques, organitzatives i en les biotecnologies.
5. Descriure els canvis mediambientals que poden comportar diferents tipus d'intervencions o activitats humanes.
6. Definir els trets fonamentals de l'organització econòmica capitalista i les institucions bàsiques de l'economia de mercat, tot analitzant les relacions entre països desenvolupats i en vies de desenvolupament en el tema industrial.
7. Reconèixer la incidència dels canvis tecnològics en els valors, drets i llibertats fonamentals reconeguts per la Constitució Espanyola i l'Estatut d'Autonomia de Catalunya.

³⁷ Ver nota 30.

8. Reflexionar sobre la qualitat de vida, el consum i les disponibilitats tecnològiques.
9. Identificar i comprendre les diferents opcions de valors que adopten els individus i les col·lectivitats a propòsit d'algunes confrontacions morals que es plantegen en el món.
10. Prendre posició i argumentar a favor o en contra de determinades aplicacions de la ciència i la tecnologia actuals.

CONTINGUTS

Procediments

1. Observació i anàlisi de temes presentats en suport videogràfic.
2. Interpretació de documents escrits relacionats amb l'opció de valors implicada en el canvi tecnològic.
3. Elaboració i interpretació d'enquestes, entrevistes, qüestionaris, fonts orals d'informació i registres.
4. Confeccionar esquemes cronogeogràfics de valors
5. Elaboració de treballs i confecció de gràfics, murals i exposicions orals.
6. Elaboració de síntesis a partir dels diferents tipus d'informació que ofereixen els mitjans de comunicació.
7. Descripció i explicació de les implicacions ètiques d'algun episodi de tecnologia artefactual, simbòlica, organitzativa o biotecnologia.
8. Participació en jocs de rols i en la simulació de defensar argumentacions i presa de decisions.
9. Participació activa en debats de confrontació de valors amb l'elaboració de judicis fonamentats i explicitació de les preferències personals.
10. Comparació de diferents actituds davant la implantació d'una nova tecnologia.

Fets, conceptes i sistemes conceptuals

1. Diversitat sociotècnica.
 - 1.1. Cronogeografia dels valors
 - 1.2. Formes de vida i estils sociotècnics
 - 1.3. Progrès col·lectiu i benestar individual

2. Diversitat tecnològica.
 - 2.1. Tecnologies artefactuals, simbòliques, organitzatives i biotecnologies
 - 2.2. Opcions de valors i canvi tecnològic.

3. Ciència, tecnologia i societat.
 - 3.1. El treball tecnocientífic en el seu context social
 - 3.2. L'occidentalització del món. Transferència de tecnologies
 - 3.3. Societat de consum i malbaratament

4. Actituds i conflictes de valors davant l'entramat científic-tecnològic.
 - 4.1. Implicacions ètiques dels programes d'investigació i desenvolupament
 - 4.2. La crisi del imperatiu tecnològic
 - 4.3. Avaluació de tecnologies: avaluació tecnocràtica i avaluació social
 - 4.4. Alternatives sociotecnològiques.

Valors, normes i actituds

1. Valoració de les paradoxes ètiques del nostre temps.
2. Mostrar actituds d'atenció, comunicatives, expresives i de participació, així com de respecte, antidogmatisme i tolerància vers altres opinions.
3. Actitud crítica davant el consum i l'ús de la tecnologia.
4. Actitud participativa, responsable i de col·laboració.
5. Relativització de la tecnologia occidental i actitud respectuosa vers altres cultures.
6. Interès per adquirir criteris bàsics i formular opinions personals sobre el desenvolupament de la tecnologia i de la seva repercusió social.
7. Exposar i defensar les idees amb riquesa conceptual i amb consciència de la pròpia opció de valors, i no basant-se únicament en dades quantificades.
8. Sensibilització i respecte vers els drets humans, la diversitat, la pau i el medi ambient

8.2. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y VALORES EN EL CURRÍCULUM DE FILOSOFÍA DE BACHILLERATO

Como se señaló en la introducción de este capítulo, en el constante cambio de currículum de la materia de filosofía de primero de bachillerato, hubo un momento —el curso 1997-1998— en que súbitamente, en el apartado sobre el conocimiento, centrado en epistemología, lógica y filosofía de la ciencia, apareció un capítulo dedicado a Ciencia, Tecnología y Sociedad: se abrió así, la posibilidad de relacionar la teoría del conocimiento con los valores. De la misma forma que apareció en el, desapareció en la siguiente reforma del currículum en el curso 2002-2003. Esta sucesión de currícula es la siguiente:

Contenidos del currículum de Filosofía (1995)

I. L'ésser humà

1. L'espècie humana: Evolució i cultura.
2. Estructura de la ment humana: Percepció, conducta i motivació.
3. L'animal simbòlic: Llenguatge, ciència, art i religió.
4. L'animal polític: Individu, societat i estat.

II. El coneixement

5. Naturalesa, origen, formes, possibilitats i límits del coneixement. Veritat i certesa.
6. Estructura lògica del coneixement. Argumentacions vàlides i fal·làcies.
7. El coneixement científic. La ciència: noció, classes i metodologia.
8. La dimensió social del coneixement. Ciència, tecnologia i societat.

III. L'acció

9. Components individuals i socials de l'acció humana. Causes i motius; llibertat i responsabilitat.
10. Racionalitat de l'acció: creences i actituds; mitjans, fins i conseqüències.
11. Àmbits de l'acció. Avaluació d'accions. Valors, principis i normes.
Llibertat i justícia: drets i deures.
12. Racionalitat estètica. Creació artística i bellesa.

Contenidos del currículum de Filosofía (2002)

1. El saber filosòfic

- 1.1. Què és la filosofia? Especificitat del saber filosòfic.
- 1.2. Sentit i necessitat de la filosofia.
- 1.3. La filosofia i la seva història. El paper de la dona a la Història de la filosofia.

2. El coneixement

- 2.1. Origen del coneixement, possibilitats i límits. El coneixement científic.
- 2.2. Veritat i certesa. El llenguatge i el coneixement.
- 2.3. L'estructura lògica del coneixement. Argumentacions vàlides i fal·lacies.

3. La realitat

- 3.1. El món físic i la ciència. Les cosmovisions científiques.
- 3.2. La reflexió filosòfica sobre la realitat. Metafísiques espiritualistes i materialistes.
- 3.3. Els grans problemes de la metafísica occidental.

4. L'ésser humà

- 4.1. L'espècie humana: evolució i cultura.
- 4.2. El comportament humà.
- 4.3. La reflexió filosòfica sobre l'ésser humà.

5. L'acció humana

- 5.1. L'acció transformadora: treball i tecnologia. La creació artística.
- 5.2. L'acció racional: creences i actituds; mitjans i fins.
- 5.3. L'acció moral: valors, principis i normes morals. La reflexió ètica.

6. La societat

- 6.1. Individu i societat. Interacció, cultura i estructura social.
- 6.2. Dret i justícia. Ordre econòmic i canvi social.
- 6.3. Principals teories sobre l'origen de la societat i de l'Estat.

8.3. CONCLUSIONES: APARICIÓN Y DESAPARICIÓN SÚBITA DE LOS CONTENIDOS CTS DEL CURRÍCULUM DEL ÁREA DE FILOSOFÍA.

La creación de créditos variables tipificados fue un éxito. La mayor parte de profesores de secundaria decidió impartir créditos variables tipificados, en parte debido a la tendencia a homogeneizar contenidos y garantizar una continuidad en los planes de estudio de cada instituto, en parte porque no implicaba hacer una programación nueva y propia, pendiente de aprobación por parte de la inspección. Como resultado de la amplia difusión, las editoriales se volcaron en confeccionar libros de texto, cosa que servía al mismo tiempo para prestigiar estas materias tan subestimadas y desarrolladas en general con dossiers hecho a base de fotocopia — créditos que con fotocopias eran auténticos descritos.

A pesar de ser interdisciplinar, pocos profesores de materias diferentes a filosofía se animaron a impartir el crédito titulado *Problemes ètics de la ciència i la tecnologia*. Se consideró que los profesores de filosofía estaban suficientemente preparados para impartir esta materia, pero se comprobó que la tendencia fue a optar mayoritariamente por cualquier de las otras materias o créditos variables tipificados que competían con este: *Els drets humans*, *Reflexió i argumentació ètica* y *Els valors de la convivència*.

De esta forma, la vida del contenido de las materias objeto de este capítulo fue sumamente corta. En el caso de *Problemes ètics de la ciència i la tecnologia*, fue menguando, al mismo tiempo que los únicos profesores que tendían a optar por esta asignatura, que como se señaló eran de filosofía, vieron mermada su disponibilidad horaria ya que la reforma del bachillerato comportó una ampliación del horario de filosofía. Así, la disponibilidad de los profesores para completar su horario con créditos variables disminuyó considerablemente, y si ya era poco elegida, casi desapareció por completo. Al mismo tiempo, las siguientes reformas parciales de los planes de estudio siguieron la tendencia de eliminar créditos variables a favor de incrementar el número de horas lectivas de las materias comunes. **Estos dos motivos trajeron como consecuencia la desaparición parcial y paulatina de esta materia que nunca se impartió de forma generalizada.**

La súbita desaparición de los temas de CTS tiene un misterio mayor en el currículum de bachillerato puesto que si la filosofía debe tratar temas fundamentales de la cultura occidental, debería incorporar como un tema importante del currículum algún punto relacionado con el desarrollo tecnocientífico, sin cuya aportación es imposible comprender el mundo actual. En definitiva, si la introducción del capítulo 8. *La dimensió social del coneixement: ciència, tecnologia i societat*, mencionado estaba completamente justificada, se antoja que su desaparición sólo puede estar vinculada al capricho de un legislador, si bien es cierto que no contó con la oposición de los profesores de filosofía. No se reclamó, ni se echo de menos en la ESO, y en bachillerato no fue un capítulo muy aceptado, ni muy trabajado por las editoriales. Tampoco hubo protestas pues AD HOC, la principal agrupación de profesores de filosofía de la educación secundaria, estaba más centrada en mantener el horario, siempre en la cuerda floja, que luchar por los contenidos. Estrategia valorada como errónea pues facilitó que con la LOE la filosofía se redujera a cuestiones éticas y políticas y que con un temario menos amplio diera pie a la temida reducción horaria, dejando fuera de su área cualquier tipo de contenido relacionado con ciencia, tecnología y valores.

9

CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO: UNA REVOLUCIÓN EN LA NUEVA LEY DE EDUCACIÓN

9.1. EL LUGAR DE *CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO* EN LA ESTRUCTURA DEL NUEVO BACHILLERATO (LOE) DE CATALUÑA

El decreto por el que se establece la adaptación realizada por el **Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya** (Decreto 142/2008 de 15 de julio, publicado el 29 de julio de 2008, DOGC 5183, páginas 59082 a 59091) del nuevo bachillerato tipificado en el Real Decreto 1467/2007 de 2 de noviembre del Ministerio de Educación y Ciencia de acuerdo a la LOE (2006), y que comenzará a impartirse durante el curso 2008-2009, tiene tres novedades importantes:

A) REDUCIR LAS MODALIDADES Y POTENCIAR SUS MATERIAS ESPECÍFICAS

Se mantiene el bachillerato artístico, con una profunda reforma de las materias de modalidad, pero se unen el bachillerato de Ciencias y el de Tecnología por un lado y el Bachillerato de Humanidades y el de Ciencias sociales por otro, con lo que de las cinco modalidades existentes se pasa a tres. Al mismo tiempo las cuatro materias de modalidad que se cursan cada uno de los dos años de bachillerato aumentan el número de créditos de 3 a 4, y, por tanto, también aumentan las horas lectivas de 3 a 4 semanales. Esta potenciación de las materias de modalidad se hace en detrimento de las materias comunes. Si el bachillerato consta de 60 créditos, en el bachillerato LOGSE (1990) se repartían en 32 créditos comunes y 28 créditos de modalidad u optativos, el bachillerato LOE (2006) reduce los créditos comunes a 28 y aumenta los créditos de modalidad u optativos a 32. Las materias de modalidad siguen siendo exactamente las mismas. En el bachillerato de Ciencias y Tecnología son Matemáticas, Física, Química, Biología, Ciencias de la tierra, Tecnología industrial, Electrotecnia y Dibujo Técnico; la única excepción es la desaparición de Mecánica y el cambio más importante es que se siga un itinerario más técnico o más científico, se pueden cursar todas las materias de modalidad indistintamente. En el bachillerato de Humanidades y Ciencias sociales las materias de modalidad son Economía, Economía de la empresa, Geografía, Griego, Historia del arte, Latín, Matemáticas de las ciencias sociales, Literatura catalana, Literatura castellana, Literatura universal e Historia del mundo contemporáneo.

Los únicos cambios respecto a las materias existentes en el bachillerato LOGSE son la desaparición de Historia de la música y la incorporación de Literatura universal.

B) FLEXIBILIZAR LA MATRÍCULA Y CURSAR EL BACHILLERATO EN TRES AÑOS

Mediante la flexibilización de la matrícula se crea la opción de cursar el bachillerato que consta de dos cursos en tres años. Se dividen las materias de primero y segundo (60 créditos) en tres bloques, según la organización interna de cada centro educativo. Ello supone eliminar el principal obstáculo para que los alumnos no abandonen el bachillerato, a saber, que de las once materias de primero, se veían obligados a aprobar al menos nueve; en la nueva organización en tres bloques, durante el primer año el alumno puede cursar 7 y necesita aprobar seis. Al mismo tiempo cuando se cursen las materias correspondientes a segundo de bachillerato, se considerará que cualquier materia aprobada quede superada definitivamente y no en función del número de materias no aprobadas —ahora sólo sucede cuando se suspenden tres o menos.

C) LA INTRODUCCIÓN DE UNA NUEVA MATERIA COMÚN: CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO.

Esta tercera innovación se ha convertido en el objeto central de esta tesis, y sólo mirando en perspectiva las materias que componen uno y otro bachillerato, es posible darse cuenta de su inmensa dimensión. De las 26 materias (7 comunes y 19 de modalidad) que forman el nuevo currículum LOE (sin contar el bachillerato artístico), sólo aparecen dos nuevas. Literatura universal y Ciencias para el mundo contemporáneo. La diferencia, muy significativa, es que Literatura universal es una de las 11 materias de modalidad del bachillerato de Humanidades y Ciencias sociales, mientras que **Ciencias para el mundo contemporáneo se incorpora como la única nueva materia común para todos los alumnos**. Si la mínima variabilidad que se observa entre uno y otro currículum —a pesar de los 16 años que distancian a la LOE de la LOGSE (y aún podríamos referirnos a sus antepasados BUP y COU), demuestra la gran dificultad que implica hacer algún cambio de esta dimensión en el currículum, la aparición de una nueva materia común debería calificarse como un hecho revolucionario. Y en este caso **hay que calificar la aparición de Ciencias para el mundo contemporáneo como algo extraordinario**. Y todavía más extraordinario es observar en la siguiente tabla como el número de créditos comunes se redujo de 32 a 28.

La siguiente tabla muestra la comparación del número de créditos de las materias comunes entre el bachillerato LOGSE cursado el 2006-2008 y el nuevo bachillerato

LOE que comenzará a cursarse con el ciclo 2008-2010 (En ambos casos es la adaptación realizada en Cataluña por el Departament d'Educació).

Materia	Nº de créditos 2006-2008 (Bachillerato LOGSE)	Nº de créditos 2008-2010 (Bachillerato LOE)
E.Física	2	2
Filosofía	6	5*
Catalán	6	4
Castellano	6	4
Inglés	6	6
Historia de España	4	3
Ciencias para el mundo contemporáneo	-	2
Tutoría	2	2
Nº total de créditos comunes	32	28

* Se divide en Filosofía y ciudadanía (2 créditos en 1º) e Historia de la filosofía (3 créditos en 2º).

Otro dato interesante para el análisis de la incorporación de la nueva *Ciencias para el mundo contemporáneo* es cómo ha sido adaptada en las diversas comunidades autónomas. A partir de la información extraída de los decretos provisionales (*El País*, 19-05-2008) la mayoría de Comunidades Autónomas sólo contemplará los dos créditos de *Ciencias para el mundo contemporáneo* fijados por el real decreto de mínimos. Estas comunidades son: Asturias, Baleares, Cantabria, Castilla-La Mancha, Cataluña, C. Valenciana, Galicia, Murcia y Navarra. Pero hay dos comunidades que han asignado **tres créditos** a esta nueva materia: **Aragón y Canarias** (más las que siguen la adaptación entera propuesta por el ministerio de Educación). Otorgar dos o tres créditos supone una diferencia sustancial, no sólo evidente en el 50% de más, sino en las posibilidades potenciales que ello significa y, en consecuencia, en la consideración académica que recibe por parte del alumnado.

Antes de analizar el currículum y hacer una especie de prospectiva sobre su implantación es necesario decir que **el desarrollo de la LOE en Cataluña, en lo que se refiere a bachillerato, ha estado acompañado de grandes dosis de negligencia institucional, pues en el momento de organizar el curso de implantación de la reforma en bachillerato, las autoridades educativas no habían publicado el decreto de ordenación del currículum de bachillerato,**

ni habían publicado la configuración de la nueva selectividad. Estas deficiencias han tenido diversas repercusiones negativas. Básicamente porque los centros educativos se vieron obligados a preparar la introducción de la reforma con todos los problemas que ello supone, sin apoyarse en suelo sólido, es decir, sin tener directrices claras debido tanto a la ambigüedad implícita en el proyecto de decreto, como a las diferentes interpretaciones dadas por las autoridades. Esta negligencia ha afectado a los diversos estamentos de la comunidad educativa. Entre los problemas más importantes hay que destacar:

a) Los alumnos. Para los alumnos de 4º de ESO, matricularse en bachillerato y elegir un itinerario supone tomar una decisión trascendental para su vida académica y profesional. Al matricularse para este nuevo bachillerato, la falta de información supuso un serio problema tanto en lo que respecta a la forma final del itinerario preferido y/o al ofrecido por el centro, como a las exigencias para realizar, al finalizar el ciclo, la selectividad;

b) Los equipos directivos. Se vieron en la responsabilidad de, sin directrices completamente claras o excesivamente ambiguas, 1. Organizar itinerarios coherentes dentro de cada modalidad; 2. Al mismo tiempo, plantear esos itinerarios relacionándolos con los estudios universitarios posteriores y con la selectividad o prueba de acceso, cuya reforma se ha anunciado insistentemente pero que no se sabe cómo será (aunque esta prueba no debería marcar necesaria y forzosamente la configuración del currículum de bachillerato, que es un ciclo en sí mismo y que también habilita para los estudios de formación profesional de grado superior, de hecho lo condiciona en gran medida); 3. Anunciar pero no ofrecer el bachillerato en tres años, e ir preparando la organización por si algún alumno lo solicita; y 4. Designar a los profesores que impartirían esta materia que no está adjudicada formalmente a ningún departamento y que recién en las instrucciones para el curso enviadas en julio, otorgaban la prioridad a los profesores del Departamento de Ciencias Experimentales.

c) Los profesores. Primero porque hasta último momento no supieron si podrían impartir la materia, en los casos de que quisieran, pues como se acaba de señalar, no estaba adjudicada a ningún departamento. O, incluso, independientemente de la voluntad del profesor, hasta junio nadie supo con certeza si durante el siguiente curso iba a impartir la nueva materia. En todos los casos esta situación ha perjudicado la planificación y la preparación de los profesores, algo que podría no suponer un cambio importante en las materias que gozan de una larga experiencia,

pero que es un gran *handicap* para la nueva **Ciencias para el mundo contemporáneo**.

d) Las editoriales. Y finalmente esta premura en la implantación o el retraso en la publicación de los decretos oficiales también han dificultado la confección de libros de texto. Al tener que guiarse por los currícula provisionales, las editoriales se han visto obligadas también a trabajar sobre planos y de una forma acelerada. Esto ocasiona dos problemas de entidad: primero, al tener que preparar libros de una materia nueva y con un enfoque totalmente nuevo. No es lo mismo adaptar un libro de Historia, Matemáticas o Historia de la filosofía al nuevo temario, que crear uno nuevo. Y segundo, que la incertidumbre que se mantiene hasta la publicación del decreto oficial favorece a las grandes editoriales que tienen acceso a la información de forma extraoficial y que, además, pueden rectificar cualquier equivocación en algún libro modificándolo inmediatamente en la siguiente edición, con la consecuencia de que elimina la posibilidad de que pequeñas editoriales o grupos de autores independientes participen de la competencia: **que las grandes editoriales barajen la información extraoficial supone una especie de concepción monopolística de la edición de libros de texto**. Hay que añadir aún otro agravante, el proyecto de decreto por el que se indicaba cómo sería la adaptación del currículum en Cataluña fue publicado por la Generalitat recién el 10 de abril, lo que hace sospechar que la mayoría de editoriales se remiten a traducir los libros ya realizados con la guía del decreto del Ministerio de Educación, perjudicando, condicionando y desvalorizando a la vez el trabajo de adaptación realizado.

A pesar de estas deficiencias en la puesta en marcha de la reforma educativa, se puede afirmar que Ciencias para el mundo contemporáneo es una oportunidad y un desafío para integrar el tratamiento de los valores en la educación de la ciencia y la tecnología en la educación secundaria.

9.2. EL CURRÍCULUM DE CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO

El objetivo de este apartado es analizar si existe correspondencia entre la nueva concepción de la ciencia y la tecnología y de sus relaciones con la sociedad y los valores expuestos en el capítulo 4 y el currículum de la nueva materia Ciencias para el mundo contemporáneo. En primer lugar se analizará el currículum marco que es el del Ministerio de Educación y Ciencia publicado en el Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura de bachillerato y se fijan las enseñanzas mínimas (BOE nº 266, 06-11-2007, ver anexo VI), y luego se analizará la adaptación para Cataluña, publicada el 29 de julio de 2008 en el decreto 142/2008 del 15 de julio, del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya (DOGC nº 5183, páginas 59082-59091, ver anexo VII).

9.2.1. EL CURRÍCULUM DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

La introducción deja clara su sintonía con las tesis planteadas en el nuevo marco teórico: la concepción constructivista, expuesta en el capítulo 4, desarrollada en las dos vertientes del STS, tanto por la tradición americana del Ciencia, Tecnología y Sociedad, como la tradición europea de Estudios de Ciencia y Tecnología. Así plantea, por citar sólo unos ejemplos, la imposibilidad de seguir tratando a la ciencia o a la tecnología como compartimentos estancos, o como materias que sólo sirven para resolver algún tipo de problema, sino que están estrechamente unidos con la sociedad y los valores: "ha de incidir en la conciencia de que la ciencia y la tecnología son actividades humanas incluidas en contextos sociales, económicos y éticos que les transmiten su valor cultural"³⁸. En el mismo sentido plantea como una finalidad central "conocer algunos aspectos de los temas científicos actuales objeto de debate con sus implicaciones pluridisciplinares y ser consciente de las controversias que suscitan". También plantea la necesidad de analizar el proceder científico, ya que otra finalidad es "familiarizarse con algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia y el uso de los procedimientos más comunes que se utilizan para abordar su conocimiento". Y finalmente se preocupa por plantear cuestiones relacionadas con la evaluación de tecnologías en una sociedad democrática: "adquirir actitudes de curiosidad, antidogmatismo, tolerancia y tendencia a fundamentar las afirmaciones y las refutaciones".

³⁸ Todas las citas textuales pertenecen al Real Decreto 1467/2007 del Ministerio de Educación (BOE 2666, del 6 de noviembre de 2007) que se puede leer en el anexo VI.

Al mismo tiempo, la introducción también deja clara la **consonancia entre el currículum de esta materia y los programas europeos de STS** desarrollado para la educación secundaria y presentados en el capítulo 5 de esta tesis, cuyos objetivos principales se relacionan con evitar el *sonambulismo tecnológico* y que la educación científica no estuviera dirigida únicamente a futuros estudiantes de ciencias, sino que cualquier ciudadano debía recibir una instrucción dirigida a la alfabetización tecnocientífica. Así lo refleja el real decreto: “Los ciudadanos del siglo XXI, integrantes de la denominada «sociedad del conocimiento», tienen el derecho y el deber de poseer una formación científica que les permita actuar como ciudadanos autónomos, críticos y responsables. Para ello es necesario poner al alcance de todos los ciudadanos esa cultura científica imprescindible y buscar elementos comunes en el saber que todos deberíamos compartir. El reto para una sociedad democrática es que la ciudadanía tenga conocimientos suficientes para tomar decisiones reflexivas y fundamentadas sobre temas científico-técnicos de incuestionable trascendencia social y poder participar democráticamente en la sociedad para avanzar hacia un futuro sostenible para la humanidad”.

En definitiva, **la introducción a Ciencias para el mundo contemporáneo planteada por el Ministerio de Educación y Ciencia se corresponde casi plenamente con los aspectos básicos de la visión constructivista, con el auténtico interés que dio origen a los diversos movimientos de Ciencia, tecnología y sociedad, y con los programas educativos europeos que se describieron en el capítulo 5: preparar a los estudiantes para hacer frente a sus futuros roles sociales como consumidores y ciudadanos en una sociedad democrática desarrollada tecnológicamente.** Antes de concluir la valoración, es necesario, aún, analizar los objetivos, los contenidos y los criterios de evaluación.

Objetivos

Los objetivos del currículum plantean con bastante claridad que esta materia no está destinada únicamente a alumnos de ciencias que deben prepararse como futuros científicos, sino que atañe a todos los alumnos que viven y vivirán en una sociedad sobredeterminada por el desarrollo tecnocientífico e impulsora, al mismo tiempo, de las futuras innovaciones, y que, en consecuencia, deberán reflexionar, comprender y pensar sobre estas cuestiones. Todos los objetivos se hacen eco de la nueva visión de la ciencia y la tecnología planteados en el capítulo 4, con lo que

muestran que la elaboración del currículum se ha hecho bajo esta nueva perspectiva. Una selección de extractos de los objetivos permiten ver esta cuestión:

- Objetivo 1.** [...] formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas, que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.

- Objetivo 2.** Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad [...]

- Objetivo 4.** Adquirir un conocimiento coherente y crítico de las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio presentes en su entorno, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.

- Objetivo 5.** Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social [...]

- Objetivo 6.** Poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente, [...]

- Objetivo 7.** Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural, social y económico en el que se desarrollan.

- Objetivo 8.** Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.

Contenidos

La claridad de los objetivos, muy en línea con la introducción, no se ve reflejada más que parcialmente en los contenidos, que divididos en seis temas (1. Contenidos comunes; 2. Nuestro lugar en el universo; 3. Vivir más, vivir mejor; 4. Hacia una gestión sostenible del planeta; 5. Nuevas necesidades, nuevos materiales; 6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento) abarcan la mayoría de cuestiones importantes pero no propician con claridad una reflexión sobre el proceso de innovación y desarrollo, sobre la incidencia política y social en su proceso, sobre la existencia de controversias, sobre cuestiones económicas y relaciones de poder, aunque, eso sí, queda abierto a la adaptación correspondiente a los principios marcados en la introducción y desarrollados en los objetivos. Por otro lado, cae en el error, propio de los currícula de todas las materias, de ceder a la tentación de poner todos los temas relacionados, de que no parezca que se olvida algo, cuando en realidad el tiempo es limitado y no es necesario presentar un catálogo sobre *todo lo que hay*, sino que el propósito básico es enseñar las herramientas y habilidades que permitan comprender el mundo contemporáneo. La falta de concreción los contenidos, así como su organización, impiden mantener la valoración positiva que se realizó del planteamiento inicial y de los objetivos.

Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación suponen todo un abanico de capacidades que el alumno debería aprender al cursar esta materia. Sin duda son completamente diferentes a los criterios utilizados en la forma tradicional de impartir ciencia que, como se analizó en los capítulos 6 y 7, utilizando los exámenes de selectividad como medida de control, se reducían a saber resolver problemas técnicos (anexos I a V). En esta nueva materia se vislumbra con claridad que el objetivo no es formar futuros científicos, sino a futuros ciudadanos que deben participar activamente en sus vidas y en la globalidad y por ello, en el siguiente resumen y selección de los criterios de evaluación del ministerio, se puede apreciar con claridad, su correspondencia con los planteamientos actuales de los estudios de la ciencia y la tecnología y con sus correspondientes desarrollo educativos europeos. Entre los criterios de evaluación más acordes a la nueva visión se encuentran criterios como exigir la capacidad para:

1. Formarse una opinión argumentada sobre las consecuencias sociales de temas científico-tecnológicos como la investigación médica (y temas controvertidos de plena actualidad);
2. Analizar algunas aportaciones científico-tecnológicas considerando sus ventajas e inconvenientes desde un punto de vista económico, medioambiental y social;
3. Realizar pequeñas investigaciones sobre cuestiones sociales con base científico-tecnológica;
5. Ser conscientes de la importancia de la sensibilización ciudadana para actuar sobre los problemas ambientales locales;
8. Conocer las bases científicas de la manipulación genética y embrionaria, valorar los pros y contras de sus aplicaciones y entender la controversia internacional que han suscitado, siendo capaces de fundamentar la existencia de un Comité de Bioética que defina sus límites en un marco de gestión responsable de la vida humana;
9. Analizar la influencia del contexto social para la aceptación o rechazo de determinadas explicaciones científicas, como el origen físico-químico de la vida o el evolucionismo;
10. Valorar la incidencia de los últimos instrumentos tecnológicos de información, comunicación, ocio y creación en los hábitos de consumo y en las relaciones sociales. Reflexionar sobre el consumo racional y crítico de las tecnologías de la información para actuar como consumidores racionales y críticos valorando las ventajas y limitaciones de su uso.

En conclusión, en gran medida **Ciencias para el mundo contemporáneo** es el intento por realizar una reflexión profunda dirigida desde la nueva concepción de la ciencia y la tecnología. Aunque falten algunas cuestiones (relacionadas con el vocabulario, con el constructivismo, con contenidos), y sobren otras (algunas como reminiscencias de la visión heredada: “haciendo hincapié en la importancia del razonamiento hipotético deductivo” —criterio de evaluación 9—, otros de tipo

metodológico, pues el largo catálogo de temas impide un tratamiento profundo de muchas cuestiones capitales) refleja claramente la necesidad de que los alumnos reciban una cultura no abstracta y no dirigida a la especialización, sino a la vida cotidiana. En ese sentido **no cabe más que hacer una valoración muy positiva**, pues supone un gran paso adelante y una gran oportunidad para mejorar la comprensión de la relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y valores. **A la revolución de incluir estas cuestiones como materia común de bachillerato, se añade una forma de llevarla a cabo que satisface plenamente una visión actualizada, crítica y no idealizada de la ciencia y la tecnología, al mismo tiempo que, al imbricarla con la sociedad y los valores, desarrolla una faceta básica en la alfabetización del siglo XXI.**

9.2.2. EL CURRÍCULUM DEL DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ DE LA GENERALITAT DE CATALUÑA

La adaptación realizada por el Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya de la materia **Ciències per al món contemporani** no se corresponde con la nueva concepción constructivista de la ciencia y la tecnología, ni se hace eco del planteamiento de los proyectos europeos de ciencia, tecnología y sociedad, por lo que hay que decir que, en relación con el currículum del ministerio, representa, más bien, un paso atrás. Como en el apartado anterior, se procederá a analizar los principales apartados del decreto. Primero la introducción, en la que también se incluye una sección dedicada a las *competencias específicas de la materia* y otro dedicado a la *contribución de la materia a las competencias generales del bachillerato*. En segundo lugar se pasará revista a los objetivos, en tercer lugar a los contenidos, y finalmente a los criterios de evaluación.

Introducción

A diferencia del currículum del ministerio, la introducción no muestra una sintonía clara y evidente con la nueva concepción de la ciencia, de la tecnología y de sus relaciones con la sociedad y los valores, sino que muestra una gran ambigüedad y una cierta confusión respecto a cuál es el sentido de esta nueva materia. Para fundamentar esta valoración con connotaciones negativas, se procederá a exponer los tres puntos básicos que la sustentan y que muestran por qué es un currículum

que no permite dar “el salto necesario” en la enseñanza de ciencia, tecnología y sociedad: porque, en cierta medida, está anclada en la visión tradicional o heredada.

Primero, porque no tiene como uno de sus principales objetivos la comprensión de cómo se produce el conocimiento científico, sino que uno de sus pilares es **considerar a la ciencia como una forma de actuar y saber paradigmática en relación con la religión-superstición**. Como si todavía la mente del legislador estuviera instalada en una postura propia de hace 30 años, afirma continuamente el propósito de reivindicar la ciencia frente a la religión como modelo de saber: “Un primer propósito del currículum debe ser el reconocimiento del carácter unitario de la ciencia como un producto de cultura, como una obra colectiva del pensamiento y la imaginación que nos libera de la ignorancia y la superstición”³⁹; o “la educación científica [...] tiende a sustituir a la antigua escolástica”.

Es una idea que se mantiene constante a lo largo no sólo de la introducción, sino también del resto del currículum, como si todavía el objetivo fuera legitimar el proceder científico frente a la religión, en una especie de postura defensiva. Pero esta actitud claramente positivista, cuyo eje central sería extender la forma de actuar científico como ideal racional y crítico en comparación con la religiosa o metafísica, podía tener sentido hace varias décadas, pero en el nuevo marco teórico ya no tiene lugar. Es por tanto un primer punto que muestra una postura desfasada, atrapada por la visión tradicional expuesta en los capítulos 2 y 3 en los que se exponen las concepciones de la ciencia y la tecnología mantenidos hasta la década de 1970, y que obstaculiza los objetivos de entender la postura constructivista del campo interdisciplinar de Ciencia, Tecnología y Sociedad expuesta en el capítulo 4, al mismo tiempo que no allana el camino para la introducción de objetivos y contenidos similares a los de los programas europeos que reflejan esa postura, expuestos en el capítulo 5.

En segundo lugar, esta adaptación mantiene la visión lineal de la ciencia como descubrimiento, la tecnología como la aplicación de dicho conocimiento y, en el último escalón, la sociedad como depositaria y usufructuaria de esas aplicaciones: “como una actividad que hace posible, mediante las aplicaciones tecnológicas, la satisfacción de las necesidades humanas”. O también cuando afirma “Preferencia por las actividades que fomenten

³⁹ Todas las citas textuales pertenecen al decreto 142/2008 del DOGC (5183 de 29 de julio) que se puede leer en el anexo VII.

el discurso científico y la comprensión del papel de la ciencia en la sociedad". De estas citas hay que extraer tres cuestiones que impiden una enseñanza de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad que responda a los estudios sobre ciencia y tecnología de las últimas décadas:

- a) Se niega, precisamente, el punto de partida de la concepción constructivista, como se planteó en el capítulo 4, que se expone con la metáfora del tejido sin costuras. No es posible comprender el desarrollo tecnocientífico si el punto de partida es la investigación básica alejada de la influencia de los aparatos y técnicas simbólicas, de los valores, de los intereses económicos, de la subjetividad y las actitudes de los grupos sociales, etc.
- b) Se considera a la tecnología —como ya lo hiciera Bacon hace cuatro siglos— como una respuesta encaminada a procurar alivio a las necesidades humanas, concepción demasiado simplista que hace imposible comprender el desarrollo tecnocientífico. Es cierto que es una reflexión muy extendida: considerar a la técnica como respuesta a las insuficiencias biológicas propias de los seres humanos. "Sin embargo, eso quizás sea así en los arquetipos pretecnológicos descritos con la simplicidad del bricolaje: un cuadro en el cual las herramientas se muestran nítidamente como medios para unos fines y donde el ajuar de herramientas-instrumentos se corresponde con un repertorio de funcionalidades y eficiencias. Pero en nuestro mundo ambiente, la tecnología nos emplaza en unos fines inéditos, que no tienen correlato biológico sino que escriben la tecnoevolución: nuevas habilidades que no tiene su paralelo en la naturaleza ni responden a ninguna carencia instintiva, nuevas disponibilidades que nos proponen objetivos y fines que no habíamos proyectado. La autorrealización del hombre no tiene su raíz en la memoria de las carencias biológicas ni en la historia de las necesidades. Las sucesivas autocreaciones no se han detenido y estabilizado con la domesticación del mundo y su manejabilidad, ni en el punto en el cual la dotación instintiva supera a las otras especies. Las sucesivas innovaciones no han perseguido recortar un trozo del mundo donde el hombre pueda vivir una estabilidad instintiva —como la araña en el bosque— sino que, excediendo a las necesidades orgánicas, han supuesto una **ruptura biológica**" (Martínez, 2008).
- c) La asimetría de "la comprensión del papel de la ciencia en la sociedad" que sólo plantea la idea de que la ciencia configura la sociedad, pero no

contempla la visión de que al mismo tiempo la sociedad configura la ciencia. Es, también, una diferencia fundamental con el currículum del ministerio y la posición constructivista. Por ello el currículum del ministerio hace constantes alusiones a la economía, la sociedad, la cultura, o los valores en relación con el contexto en que se produce la acción tecnocientífica, cuestiones que aquí apenas se citan, obviando que la tecnociencia se produce dentro de un contexto cultural, político, económico y militar.

En tercer lugar se idealiza al científico tanto en su proceder como en su forma de acercarse y entender el mundo. En este sentido se encuentran una multitud de citas del Decreto:

- “Hay que hacer comprender y transferir a las aulas, tanto como se pueda, la manera de trabajar de los científicos”;
- [...] “exigir una metodología orientada hacia la investigación que implica capacidades como describir, medir, representar, argumentar y hacer predicciones”;
- “pretende ayudar a todos los alumnos de bachillerato a lograr los fundamentos necesarios para observar el mundo con una mirada científica”;
- En la misma línea plantea como objetivo la competencia de indagar como un científico: “Explorar el mundo con herramientas instrumentales e intelectuales definidas, e implica capacidades como la de hacerse preguntas con orientación científica sobre la naturaleza”;
- Y ser comprensivo y admirador de “La competencia en la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia, implica comprender que la ciencia, después de milenios de desarrollo, ha procurado elaborar teorías que explican de una manera simple y unificadora las grandes preguntas”;
- “Asumir la manera de pensar de los científicos” (objetivo planteado en la contribución de la materia a las competencias generales de bachillerato);

- “Preferencia por las actividades que fomenten el discurso científico y la comprensión del papel de la ciencia en la sociedad”.

Después del extensamente mencionado *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos* (Latour y Woolgar, 1979), y de los estudios realizados posteriormente sobre el trabajo real de los científicos, se puede concluir, que este currículum presenta una visión poco actualizada del científico, de su trabajo en el laboratorio, y de su relación con la sociedad. Una larga cita de un artículo de Sánchez Ron (2008) servirá para ilustrar cuál es el cambio que debe producirse en la enseñanza de las ciencias. El artículo lleva por título “*El reino de Einstein y la patria de Venter*” y los párrafos que podrían en evidencia las carencias del currículum son los siguientes:

“[...] planteado en estos términos, no existe mejor reino que el de la ciencia, la patria de la racionalidad en la que el juez último es la comparación con lo que sucede realmente en la naturaleza. Si nos tienta la idea de alejarnos de un mundo que nos alarma y confunde, imponiéndonos además la penosa obligación de elecciones morales y de asunción de responsabilidades, si queremos buscar, para refugiarnos en él, un lugar donde reine lo objetivo, la ciencia es uno de los mejores lugares al que mirar. Lo expresó bien Albert Einstein en 1918. “Creo que una de las más fuertes motivaciones de los hombres para entregarse al arte y a la ciencia es el ansia de huir de la vida diaria, con su dolorosa crudeza y su horrible monotonía; el deseo de escapar de las cadenas con que nos atan nuestros, siempre cambiantes, deseos. Una naturaleza de temple fino anhela huir de la vida personal para refugiarse en el mundo de la percepción objetiva y el pensamiento.

[...] Desgraciadamente, el reino del que hablaba Einstein existía sobre todo en su imaginación y deseos. Ha existido y puede existir, es cierto, pero únicamente en fortalezas bien pertrechadas para resistir las invasiones que tienen que ver con las pasiones e intereses humanos. Un ejemplo magnífico de lo raro que es hoy el reino einsteiniano es la autobiografía que el biólogo molecular estadounidense Craig Venter ha publicado hace unos meses: *A Life-Decoded. My Genome: My Life*. [...] Su lectura es esclarecedora –y también un tanto estremecedora– porque, al menos en los campos de mayor relevancia socioeconómica, la investigación científica va acompañada de todo aquello que es más fiera y tristemente humano. Ambición, lucha por el poder y el dinero, envidia, tácticas ventajistas, mentira. [...] Precisamente por cómo pone en evidencia este nuevo espíritu del tiempo, *Una vida decodificada* deberá ocupar el lugar de *La doble hélice* como texto que nos enseña cómo es realmente la ciencia, al menos la ciencia a la que se asocia la generación

rápida de riqueza. Y también porque nos muestra un tipo de científico menos conocido, que sabe moverse en el complicado mundo de las empresas a las que *vender futuro* gracias a prometedores proyectos les resulta rentable. Científicos capaces de liderar grandes grupos de investigación” (Sánchez Ron, 2008).

En conclusión, creo que los tres puntos expuestos demuestran que este currículum no se despegaba de la visión tradicional. El problema no es que se ensalce la actividad científica, sino que se ensalza una visión de la actividad científica que no existe en la realidad. Se mitifica, en definitiva, una mirada, una manera de pensar y actuar, o una forma de trabajar que no tiene correlato con la acción cotidiana del científico. No se trata de analizar su trabajo real, sino tomar como ejemplo una imagen idealizada y propagar su actitud y su metodología. Parecería que el legislador no acaba de entender el motivo por el cual el ministerio incluyó esta nueva materia; que vive estancado en el *reino de Einstein* y no es capaz de dar el paso a la *patria de Venter*. Es posible que la concepción cientista que subyace a esta introducción proceda de un férreo proceso de socialización —que se tratará en profundidad en el apartado 9.3.3., y que, finalmente, ha traicionado el desarrollo de este currículum. También puede deberse a la falta de tradición existente en Cataluña de integrar este nuevo campo interdisciplinar en los estudios de secundaria, pues hay que recordar que entre las materias optativas del área de filosofía del currículum de bachillerato del Ministerio existía la posibilidad de impartir Ciencia, Tecnología y sociedad, lo que implicó la preparación de profesores y la elaboración de libros de texto.

Objetivos

Los objetivos de esta adaptación también están bastante lejos de corresponderse con la concepción de la ciencia y la tecnología y de sus relaciones con la sociedad y los valores expuesto en el capítulo 4, de la misma forma que también se aleja mucho de los objetivos planteados por el currículum del Ministerio. Si en éste encontramos que prácticamente todos los objetivos se encuentran en esa senda, en la adaptación realizada en Cataluña apenas podemos extraer alguna parte de los seis objetivos:

Objetivo 4. Conocer las premisas generales de las principales cosmologías y teorías científicas unificadoras, el contexto histórico y cultural en que se formaron y las controversias vigentes;

Objetivo 5. Reconocer y evaluar la dimensión social de problemas y propuestas científicas y tecnológicas en relación con la salud, la biotecnología, el medio ambiente, los recursos naturales y las aplicaciones de las tecnologías de la información y la comunicación;

Y por el contrario, algunos objetivos coinciden con la concepción tradicional en coherencia con lo planteado en la introducción, como el que ya se plantea el primer objetivo:

Objetivo 1. [...] diferenciando entre la ciencia como actividad que genera conocimiento y la tecnología como actividad destinada a satisfacer necesidades.

La lectura de los objetivos me llevan a concluir que, además de muy pobres, no acaban de superar la ambigüedad reflejada en la introducción, de la misma manera que confirman la impresión de una especie de desconcierto acerca de qué es lo que se pretende con la incorporación de **Ciències per al mon contemporani** en bachillerato.

Estos objetivos, auténtica guía del profesor junto a los contenidos y los criterios de evaluación, van acompañados, sin embargo, de una retórica en la introducción que parece proponer algo distinto: “Esta materia debe favorecer que el alumnado de bachillerato adquiera las competencias necesarias para comprender el mundo actual, tanto en los aspectos relacionados con su entorno inmediato y vital, como en aquellos de carácter global que gobiernan el funcionamiento de la naturaleza y el sistema social”; “Un primer propósito del currículum debe ser el reconocimiento del carácter unitario –no compartimentado- de la ciencia como un producto de cultura”. Pero son enunciados que sólo producen ambigüedad y no sirven como punto de partida para impartir una materia nueva en un mundo diferente.

Contenidos

A diferencia de la introducción y los objetivos, los contenidos planteados en Cataluña siguen fielmente los propuestos por el ministerio, e incluso, al ser más concretos, los mejoran en algunos aspectos. Por lo tanto, mi valoración se remite a la realizada en el currículum del ministerio, destacando además que la retórica que sirve como presentación de los temas deja una impresión mucho más positiva que

el planteamiento de la introducción. No deja de ser un punto de partida posible para conformar un curso CTS en toda regla, aunque como en el caso anterior cae en la tentación de pecar por exceso: parece una lista de novedades de cada ámbito de la tecnociencia. En definitiva, es un apartado que sigue la senda del ministerio.

Criterios de evaluación

En coherencia con la concepción de la materia planteada en la introducción, los criterios de evaluación muestran una ambigüedad respecto a qué postura adoptar ante la enseñanza de Ciències per al mon contemporani.

Por un lado mantiene la visión tradicional:

Criterio de evaluación 1. Construir una argumentació completa que fundamente una interpretación sobre un hecho o proceso natural formulada con propiedad y claridad, separando la teoría científica de las creencias, opiniones o interpretaciones pseudocientíficas y usando diferentes soportes de comunicación.

Pero, por otro, plantea criterios que podrían estar en consonancia con el planteamiento del ministerio y que supone, a mi juicio, un criterio constructivo sobre lo que debe enseñarse esta materia:

Criterio de evaluación 2. Presentar ejemplos actuales o históricos donde la ciencia y la tecnología se relacionen con la economía y la organización de una sociedad determinada. Valorar la influencia de las teorías científicas unificadoras en la construcción de la sociedad moderna.

Y otros que dejan cierta ambigüedad

Criterio de evaluación 3. Identificar, a partir de la lectura de diversos textos seleccionados sobre la evolución o sobre el origen de la vida, la adscripción de su autor/a a diferentes campos de ideas, reconociendo si la argumentación es científica, basada en hechos y datos observables o especulativos.

En definitiva, son, a mi juicio, unos criterios de evaluación que no clarifican los objetivos de esta materia y que, desafortunadamente no coinciden con los del ministerio que fueron valorados positivamente.

9.3. CONCLUSIONES, VALORACIONES Y PROPUESTAS

En este momento del final del trayecto de la tesis, las principales conclusiones y valoraciones son:

1. La concepción de la ciencia y de la tecnología, de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, y de las relaciones entre ciencia y valores cambiaron radicalmente en el siglo XX. La separación radical entre ciencia –verdad, objetividad, racionalidad— y valores, defendida por el positivismo y el racionalismo, dio paso a la concepción constructivista cuyo punto de partida afirma que al mismo tiempo que la ciencia y la tecnología configuran la sociedad y sus valores, estos configuran el desarrollo tecnocientífico. (Marco teórico de la tesis, capítulos 2, 3 y 4).
2. Varios programas europeos, entre los que destacan, por ser de los más significativos en Cataluña, el SATIS y el SISCON, intentaron trasladar esta nueva concepción a la educación secundaria. Plantearon, además, la necesidad de que el estudio de la ciencia no fuera únicamente dirigida a futuros científicos, sino que se extendiera a todo el alumnado en función de su carácter de ciudadanos y de la necesidad de tener una alfabetización tecnocientífica requerida para vivir y comprender el mundo contemporáneo (Capítulo 5).
3. El proceso de incorporación de los valores en el estudio de la ciencia y la tecnología en la educación secundaria en Cataluña, adaptándose a la nueva concepción constructivista, comenzó parcialmente con la reforma LOGSE (1990) y ha dado un paso, que puede ser de gigante, con la última reforma LOE (2006).
4. La LOGSE fue un primer y tímido intento de introducir los valores en el estudio de la ciencia y la tecnología. De todas las materias, el currículum de **Educación tecnológica** de la ESO destacó por el nuevo tratamiento dado a la interacción con la sociedad y los valores, así como la creación del proyecto TECSO. Aunque, como las demás, fracasó en este terreno por diversos motivos: la desidia institucional, la falta de recursos, los problemas relacionados con la formación inicial de los profesores, la falta de material didáctico o el propio desarrollo de

LOGSE que abandonó, paulatinamente, los objetivos iniciales planteados en la Educación tecnológica. (Capítulos 6, 7 y 8).

5. La LOE significa un paso adelante, más firme y aparentemente más sólido, en el propósito de que **todos los alumnos tengan una formación no tanto EN ciencia, sino SOBRE ciencia**. Y lo hace de forma extraordinaria: la creación de la materia **Ciencias para el mundo contemporáneo** como crédito común, una auténtica y extraordinaria revolución de este proceso de reforma (Capítulo 9, apartado 1).
6. El currículum de la nueva materia elaborado por el Ministerio de Educación y publicado en noviembre de 2007 recibe una valoración positiva, pues sintoniza en gran medida con el marco teórico desarrollado en las últimas décadas. Sin embargo, la adaptación realizada en Cataluña, publicada en julio de 2008, no recibe una valoración positiva pues se desmarca bastante tanto del currículum del Ministerio, como del nuevo marco teórico, y manifiesta una gran dosis de ambigüedad respecto a los objetivos, contenidos y criterios de evaluación (Capítulo 9, apartado 2).
7. Para completar estas conclusiones y valoraciones, y con la intención de fortalecer la consolidación de **Ciències per al món contemporani**, así como contribuir a su progreso, la tesis termina con una serie de propuestas dirigidas a 1. El currículum de bachillerato; 2. El currículum de **Ciències per al món contemporani**, en relación a los objetivos, los contenidos y los criterios de evaluación; y 3. La formación de profesores y recursos didácticos (Capítulo 9, apartado 3).

9.3.1. CURRÍCULUM DE BACHILLERATO

La introducción de Ciencias para el mundo contemporáneo constituye una auténtica revolución en el diseño curricular, al convertirse en la única materia común nueva de bachillerato a lo largo de varias décadas. Al mismo tiempo, esta exitosa circunstancia supone su propio punto débil: la hace susceptible de cambios y desaparición en la próxima reforma. Su mayor debilidad radica en que no tiene detrás, como soporte, un área disciplinaria —facultad, asociación, profesores...— que pueda defenderla con ahínco. Será, sin duda, objeto de ataque,

pues los dos créditos que tiene adjudicados se han hecho en detrimento de otras materias comunes, materias que han perdido una hora semanal como es el caso en Cataluña de Lengua catalana, Lengua castellana y Filosofía, y que harán lo posible por recuperarla. Se echara en falta, entonces, algún tipo de organización tipo EASST (European Association of the Study of Science and Technology) o SSSS (4 S) (Society for Social Studies of Science) que pueda servir como grupo defensor de la materia, al mismo tiempo que colabora en el desarrollo de los tres siguientes puntos: elaboración del currículum, formación de profesores y creación de material didáctico.

9.3.2. CURRÍCULUM DE LA MATERIA

La valoración de los objetivos, contenidos y criterios de evaluación fue bastante negativa en el caso de Cataluña y por ello propongo que se trabaje atendiendo a las siguientes pautas, que pueden seguir, en gran medida, al currículum del Ministerio que se valoró muy positivamente.

Objetivos y criterios de evaluación

Tanto en el caso de los objetivos como en el de los criterios de evaluación, mi propuesta para Cataluña es clara y sencilla. El modelo del Ministerio se ajusta satisfactoriamente al marco teórico actual de los Estudios sobre Ciencia y Tecnología y por tanto habría que rectificar la adaptación realizada en Cataluña, ajustándose a ese modelo y complementándolo con una selección de los objetivos de los principales programas europeos. Muy resumidamente podrían asentarse sobre estos tres ejes principales:

1. Evitar la visión idílica-utópica-extemporánea de la ciencia y del científico que se desprende del currículum actual, y acercarse a su trabajo en el laboratorio y en los despachos, en las revistas especializadas y en los medios de comunicación, en su gestión económica y en la bolsa, en la educación secundaria y en la universidad, en la cultura y en las formas de vida. Un ejemplo concreto a seguir podría ser el objetivo 7 del Ministerio: "Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural, social y económico en el que se desarrollan".

2. Evitar la formación de especialistas poco preparados para reflexionar sobre su trabajo. **Ciències per al món contemporani** debe ir encaminada a comprender y reflexionar sobre las innovaciones científicas y tecnológicas que se están produciendo y que representan los mayores dilemas políticos y morales de la sociedad actual. Este contexto sociotécnico requiere un tipo de conocimiento sobre ciencias diferente para preparar a los estudiantes para un enseñanza superior dándole sentido a los conocimientos propios de la ciencia y la tecnología; y contribuyendo a formar ciudadanos capaces de opinar libremente, con conocimiento de causa y responsabilidad social; al mismo tiempo que sirviendo como elemento motivador para el alumnado, favoreciendo las actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia y la tecnología.

3. Evitar el sonambulismo tecnocientífico. Es decir, preparar a los estudiantes, que en su mayoría no van a ser científicos, para desarrollar actitudes de responsabilidad personal, para tomar decisiones y para reflexionar sobre cuestiones tecnocientíficas, porque “la formación de sujetos y la educación de persona como ciudadanos son objetivos de la escuela y, en especial, de los períodos previos a la incorporación de las generaciones jóvenes al ejercicio pleno de sus derechos en el proceso de construcción activa del bien común. Éstos son además objetivos imposibles de delegar fuera de la escuela en el caso de sociedades democráticas y plurales que procuran profundizar en democracia y pluralismo (Martínez, 1998: 15). En definitiva se trata de capacitar a los estudiantes como futuros ciudadanos para participar en una sociedad democrática mediante la formación de actitudes de responsabilidad personal, la toma de conciencia y de decisiones tanto en la acción individual como desarrollando una actitud social responsable. También en este caso el currículum del Ministerio sirve como guía mediante el objetivo 5: Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud, el medio ambiente, los materiales, las fuentes de energía, el ocio, etc., para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.

Contenidos

Los contenidos son, a mi juicio, la parte del currículum que precisa de un cambio mayor. Los contenidos seleccionados en el currículum oficial, tanto del Ministerio de Educación como del Departament d'Educació no acaban de corresponderse con la

intención pauta en la introducción y al mismo tiempo pecan de exceso: es decir, parece un catálogo para poner sobre la mesa todos los ámbitos e innovaciones de la tecnociencia. **Esa tarea es imposible por muchos motivos: tiempo, preparación del profesor, capacidad del alumno...** Paradójicamente, la propuesta que expongo a continuación, va encaminada a señalar algunos *déficits* que se pueden constatar en el programa y que serían necesarios completar para desarrollar una auténtica educación en Ciencia, tecnología, sociedad y valores. Esta larga lista, aunque tenga otro cariz, añadida a la presentada en el currículum, se convierte en infinita. Por ello, para aligerar los contenidos, la propuesta es que **a partir de estudios de casos diferentes, de acuerdo a la especialidad y competencia de cada profesor, se enseñen las ciencias guiadas por los tres objetivos mencionados en el apartado anterior.**

Los contenidos que faltan, a mi juicio, en el currículum y que podrían estar presentes en la mayoría de estudios de caso son:

- 1. La guerra y la investigación militar.** Si se pretende ilustrar realmente a los alumnos en el desarrollo tecnocientífico del mundo contemporáneo, es una negligencia más que irresponsable no tratar estas cuestiones. Es necesario incluirlas dado que la mayor parte de las inversiones en I+D corresponde a la investigación militar, o que muchísimas de las tecnologías que forman parte de la vida cotidiana como la energía nuclear, los ordenadores, internet, los gps, técnicas de control y tantas otras innovaciones tecnocientíficas proceden de la investigación militar. Es cierto que no parece políticamente correcto enseñar esta conexión, pero más incorrecto es evitar mencionarla.
- 2. El mercado.** Cualquier análisis del papel que desempeñan la ciencia y la tecnología en el mundo contemporáneo, no puede obviar los vínculos cada vez más estrechos entre el desarrollo de la tecnociencia y las fuerzas de los mercados económicos. Por un lado, la denominada I+D constituye un elemento cada vez más determinante en el crecimiento económico de los países, y, por otro, muchas características de las actividades de I+D están fuertemente influidas por los intereses económicos de las empresas y grandes corporaciones multinacionales que las sostienen.
- 3. Una reflexión de base antropológica.** En el currículum se echa de menos una reflexión más explícita sobre las necesidades, los deseos, las pasiones y los intereses de los seres humanos, como agentes protagonistas de la ciencia y la

tecnología. En particular es útil constatar el carácter inestable y cambiante de las necesidades humanas, así como el rol de la tecnología en la construcción y diversificación de nuevas necesidades.

- 4. Los valores.** Cualquier posible innovación requiere y exige tratar sobre los valores implicados. Si nos fijamos, por ejemplo, en el ámbito biomédico, es fácil apreciar que cada innovación hace estallar los valores tradicionales. Si en el proyecto SISCO, hace 25 años, se preguntaba ¿Permitirías pruebas de ensayo controladas para ser realizadas con prisioneros o deficientes mentales?, ahora el punto de partida podría ser, por ejemplo, que ya se pueden extraer genes de las medusas, de color verde fluorescente, introducirlos en un gen de ratón y observar dónde actúa ese gen y qué funciones tiene, porque las células que se activan se vuelven verdes. Es un experimento que ya se lleva a cabo. Pero es un tipo de cosas que se pueden hacer con un ratón y no se pueden hacer con un ser humano (Capecchi, 2008).
- 5. La visión simétrica.** Si la lista de éxitos ya es muy larga, añadir los fracasos podría ser una tarea infinita. Pero de todos modos, creo necesario añadir un estudio de caso sobre algún fracaso, alguna controversia no clausurada, alguna derrota, porque serviría para desmitificar la imagen triunfal, y reconocer que en el proceso de innovación hay fracasos, derrotas, abandonos..., controversias, discusiones, se utilizan estrategias de todo tipo para defenestrar al competidor, etc. Un caso paradigmático podría ser el de Patarroyo y la vacuna de la malaria (Méndez y Álvarez, 1999).
- 6. El argumento de autoridad.** De forma recurrente la filosofía advierte sobre la falacia *ad verecundiam*: utilizando el respeto que se tiene a una persona o institución, se apela a la autoridad para demostrar la conclusión. Los psicólogos han llamado a este último fenómeno, el efecto halo; y lo utilizan provechosamente en los cursos de liderazgo. ¿Participa también la ciencia del mito de la autoridad o es inmune a este? Un caso interesante sería analizar el caso de Linus Pauling y la vitamina C.
- 7. Actitudes ante el desarrollo tecnocientífico.** Un punto importante para darle un carácter participativo a la materia e ir más allá de puras descripciones técnicas es analizar diversas posibles actitudes y qué criterios de evaluación pueden usarse, así como la discusión, de quién debería estar habilitado para participar en la toma de decisiones. Analizar controversias y plantearlas sobre

cuestiones de actualidad puede ser la forma de introducir la **evaluación de tecnologías** en el currículum.

- 8. Otros conceptos vetados y algunos términos no incluidos.** El riesgo-peligro, cuestiones relacionadas con el género, innovaciones desarrolladas en otras culturas deberían formar parte de los contenidos. Así como incluir términos propios de los nuevos estudios de ciencia y tecnología como multidireccionalidad, flexibilidad interpretativa, actores, grupos sociales relevantes, clausura o sociotécnico.

- 9. Visión amplia de la tecnociencia.** Las biotecnologías y los artefactos ocupan prácticamente todo el currículum transmitiendo una visión reduccionista que deja fuera muchos temas. Es necesario incluir cuestiones relacionadas con técnicas simbólicas —como la cartografía, fundamental en nuestra percepción del mundo y en el momento que se estudia el universo— y con técnicas organizativas —como los sistemas de trabajo y producción o la organización de un ejército.

- 10. La política.** La imagen que transmiten los contenidos del currículum es que la tecnociencia parece un terreno exclusivo de científicos e ingenieros. Sin embargo, siguiendo los pasos descritos en el capítulo 4.4., es necesario incluir discusiones políticas, ideológicas y judiciales —eliminando, al mismo tiempo, la consideración de la ciencia como reducto de auténticos sabios. Tratar las políticas de investigación puede ayudar a comprender mejor y a participar en los procesos de innovación mientras se desarrollan y no cuando ya están cerradas todas las opciones.

En último término, es importante añadir que, como sostiene Jesús Zamora: “no se trata de una materia con un currículum cerrado, sino que el principal libro de texto debería ser el periódico, pues los problemas sociales, y las fronteras de la ciencia, no están ya dadas de antemano para que puedan imprimirse en el BOE en forma de currículum oficial: debe ser la propia realidad cotidiana la que marque los intereses en cada clase en que se imparte la asignatura” (Zamora, 2008: 327).

9.3.3. FORMACIÓN DE PROFESORES Y RECURSOS DIDÁCTICOS

Si la nueva materia Ciencias para el mundo contemporáneo tiene un talón de Aquiles ese es el de la formación de profesores. Podemos recordar los problemas y deficiencias relacionadas con esta cuestión en el momento de la implantación de la LOGSE 1990; y el procedimiento sigue siendo el mismo, 18 años después. Es cierto que se prepara un cambio en la formación de profesores, pero también lo es que la implantación de la LOE 2006 que se imparte por primera vez el curso 2008-2009 **comienza con una materia nueva, pero con profesores viejos y con una formación de profesorado, literalmente, aún más vieja**. Los problemas que se planteaban con la LOGSE, y que siguen vigentes, eran tres. Primero el tipo de formación y socialización recibido por los licenciados en ciencias e ingenierías durante su carrera universitaria; segundo, en su formación como profesores mediante el curso de aptitud pedagógica (CAP); y tercero en los cursos de formación permanente.

El primer punto plantea una dificultad de cierta entidad: si se cambia el marco teórico, la nueva materia se enfrenta al proceso de socialización al que fueron sometidos todos los licenciados en ciencias e ingeniería. Es un choque de grandes dimensiones, pues como señala Barnes: “los científicos de cualquier área comparten una formación prolongada e intensiva que les lleva a pensar y actuar de forma parecida. La cuestión no es tan sólo que reciben el mismo conjunto de conocimientos aceptados y que todos ellos adquieren las mismas aptitudes y competencias técnicas. Además, adquieren un lenguaje y vocabulario comunes, unas convenciones comunes para la definición de unidades y escalas de medida, unos signos y símbolos comunes y, asimismo, unos sistemas taxonómicos y unos esquemas de nomenclatura comunes. La realidad exige todas estas cosas; a la realidad no le importa si se la mide en pies o en metros, y no insiste en el hecho de que los electrones tiene carga negativa y los protones positiva. Pero para ser un científico es fundamental asimilar y comprender esas convenciones y en la formación científica se otorga a estos aspectos la mayor importancia y se obliga a los estudiantes a que los practiquen hasta que los dominen por completo como si fueran una segunda naturaleza” (Barnes, 1985: 120)⁴⁰. Por ello puede pasar lo que

⁴⁰ El siguiente texto de Ziman merece figurar en esta tesis, aunque no sea más que para abundar en esta cuestión: “Debido a su educación formal y a su experiencia investigadora, casi todo científico se apoya en la concepción del mundo de su época y es incapaz de dar su consentimiento a enunciados que están en evidente discrepancia con lo que ha aprendido y con lo que ha llegado a encariñarse. La consecución de acuerdo intersubjetivo raras veces es lógicamente rigurosa. [...] Así pues, el conocimiento científico contiene muchas falacias: creencias erróneas que se sostienen y mantienen

planteaba Joan Solomon: **el buen profesor de ciencia, tecnología y sociedad es aquel que está mal socializado**. Y por tanto, es capaz de desafiar las reglas dominantes del sistema, pues "el sistema educativo es una de las instituciones menos autónomas a la hora de elaborar conocimientos y producir tecnologías. Su carácter altamente ideológico, político y social lo han configurado más como un consumidor o reproductor que como creador y generador. Como muestran la historia y la sociología de la educación, su propia estructura ha ido mimetizando diferentes tecnologías organizativas, desde la disposición de las escuelas monásticas hasta las modernas técnicas de producción: el taylorismo, el fordismo, el toyotismo. Pero, sobre todo, el hecho de no ser productivo, en el sentido economicista del término, le lleva a depender de conocimientos, principios de actuación y herramientas aparecidas en otros contextos y para otras finalidades (Sancho, 1995: 142). En esta cuestión, es de esperar que la universidad se vaya haciendo eco del cambio producido en la concepción de la ciencia y la tecnología, y que los científicos que se vayan integrando al sistema educativo ya se hayan formado en esta nueva visión.

La preparación específica o la formación inicial de los profesores también tiene una oportunidad de hacer un giro radical, en todos los sentidos y, sobre todo, en el caso de Ciencias para el mundo contemporáneo. Sobre el Certificado de Aptitud Pedagógica (CAP) y sus insuficiencias ya se habló detenidamente en el capítulo 6 y no es necesario añadir nada más, salvo recordar una cita textual: "Es posible que el planteamiento inicial del CAP en la Ley General de la Educación de 1970 fuera el que entonces aconsejaban las reformas educativas modernas. Pero la reforma de 1990 lo dejó rápidamente desfasado". No hace falta ningún comentario para el

colectivamente. [...] ¿Hay alguna defensa contra la acusación de que todo el paradigma científico es un engaño autosostenido? En nuestro modelo, casi siempre se entrena deliberadamente a los científicos para tomar una actitud determinada ante fenómenos naturales. [...]

Cuando observamos el lavado de cerebro que hay implícito en el largo proceso que supone convertirse en un experto en cualquier rama dada de la ciencia, vemos que difícilmente se responde a la objeción: aquel que surge de este proceso ya no es el inspector independiente e imparcial que entró diez años antes. Además, se debe señalar que ningún científico es un instrumento conceptualizador y observador incorpóreo, es un ser humano consciente, nacido y educado en la vida común de su era.

El desafío epistemológico que se le presenta a la ciencia conduce a cuestiones tan profundas como la de cómo adquiere cada persona su visión del mundo, en qué medida ven todos los hombres el mismo mundo. [...] En la práctica, se puede apreciar cierto grado de sectarismo dentro de la misma ciencia. Los expertos de un campo determinado pueden llegar a estar tan adoctrinados y tan comprometidos con el paradigma actual que resulte inhibida su capacidad crítica e imaginativa, y sean incapaces de "ver más allá de sus propias narices". (Ziman, 1978).

desfase del CAP con la reforma del 2006. En este punto es importante y justo decir que a partir del curso 2009-2010 el CAP será sustituido por un Master de secundaria imprescindible para acceder al puesto de profesor, con lo que se restablecerá la valoración de su preparación y de su trabajo. Será interesante ver quiénes lo imparten finalmente, y quiénes se encargaran de incluir en su programa a **Ciencias para el mundo contemporáneo**, pues en el decreto provisional no es adjudicado a ningún área concreta (aunque luego si se hace en las instrucciones de principio de curso), habilitando así a todo el profesorado. El nuevo **Master de secundaria** se presenta como una oportunidad y posibilidad de transmitir los objetivos y contenidos de una auténtica educación en ciencia, tecnología, sociedad y valores, aunque, antes, tendrá que superar las esperadas luchas corporativas capaces de estropear cualquier proyecto constructivo.

En tercer lugar, los cursos de formación permanente no han podido existir, sencillamente porque no ha habido prácticamente tiempo para prepararlos y porque los profesores que lo necesitaban, no supieron de esa necesidad hasta junio de 2008, con lo que apenas le quedaba tiempo para cursar alguno. La formación permanente también es un recurso, aunque un recurso que está en función de la iniciativa de cada profesor. También es de esperar en este apartado, que a medida que se vaya creando un grupo sólido y estable de profesores que impartan esta materia se vaya formando una demanda en este sentido.

Nuevo perfil del profesor y recursos didácticos

La nueva materia con los nuevos objetivos encaja perfectamente con el nuevo perfil de profesor que ya se ha ido estableciendo a lo largo del desarrollo de la LOGSE, es decir, ya con la ley anterior "el ejercicio del profesorado no puede limitarse a facilitar el aprendizaje de los contenidos disciplinares sin más, sino que debe integrar de forma, si se quiere transversal y/o también a través del trabajo sistemático organizado por áreas específicas de carácter ético o moral, nuevos contenidos que permitan responder a los retos más cruciales del momento sociocultural en el que vivimos" (Martínez, 1998: 9). En este sentido, Ciencias para el mundo contemporáneo, que educa en el antidogmatismo y el antiautoritarismo, debería permitir desarrollar una relación más horizontal en el ámbito de la ciencia y la tecnología, acostumbrado a plantear sólo preguntas técnicas cerradas con una única respuesta correcta.

Este nuevo perfil de profesor deberá ir, necesariamente, acompañado del despliegue de nuevos recursos didácticos. Ya se dijo que Aikenhead, uno de los principales teóricos del desarrollo CTS en la educación, había concluido que el principal obstáculo para el éxito de los programas de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la educación secundaria había sido la escasez de recursos didácticos adecuados. Se trata, en consecuencia, de una tarea que tiene por delante inventar lo no existente. Aunque eso sí, ya tiene puntos de apoyo en materiales didácticos ingleses, en las propuestas del proyecto TECSO (ver capítulo 6), en libros de texto como el de la editorial Alhambra, en libros de la colección dirigida por María Rosa Buxarrais, *Aprender a Ser*, de la editorial Desclée De Brouwer, especialmente del titulado *Educando en valores a través de "ciencia, tecnología y sociedad"* (Méndez y Álvarez, 1999), en los excelentes estudios de caso simulados presentados por Martín Gordillo (2003) o en la posible participación en el programa telemático *Science across europe*. Todo ello, sin olvidar que es una materia compuesta por más preguntas que respuestas, en la que ya no se trata de un aprendizaje de dogmas, sino de una fina y profunda educación en valores, pues "siempre que concibamos la educación como optimización, desde el ideal de perfección, como adaptación con idea de evolución, de mejora en suma, estaremos afirmando la íntima relación entre educación y valores, porque la optimización, la evolución o la mejora implican siempre una opción valorativa por encima de otras alternativas. De esta manera es como consideramos que **es preferible educar para la reflexión que para la sumisión; para la crítica que no para la aceptación pasiva; para la participación que no para la abstención. Y sea cual sea la concreción que demos a los anteriores referentes, nos estaremos moviendo en el dominio de los valores colectivos y particulares**" (Payá, 1997: 148-149)⁴¹.

⁴¹ La negrita es mía.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, J. A. y VÁZQUEZ, A. (2003). Editorial del monográfico "Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias". En *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, 2 (3). (Consulta: 3 de enero de 2008), <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2002). "Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria". En *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica *De los lectores*. (Consulta: 13 de enero de 2008), <http://www.rieoie.org/deloslectores/244Acevedo.pdf>.
- AIBAR, E. y QUINTANILLA, M.A. (2002). *Cultura Tecnológica: Estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Barcelona: Horsori.
- AIBAR, E. y BIJKER, W. (1997). "Constructing a City: The Cerdà Plan for the Extension of Barcelona". *Science, Technology and Human Values*, vol. 22, n.1: 3-30.
- AIBAR, E., BACHS, X. y MÉNDEZ, R. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Nueva Enciclopedia temática Planeta*. Barcelona: Planeta, páginas 248-277.
- AIBAR, E. y MÉNDEZ, R. (1988). "Tecnología informática: historia y legitimación", *Revista de documentación científica de la cultura*, n° 82/83: Filosofía crítica de la ciencia: Problemas actuales y propuestas plurales. Barcelona: *Anthropos*, páginas 98-103.
- AIKENHEAD, G. (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.
- AIKENHEAD, G. (1994). "What is STS science teaching?" En Solomon, J. y Aikenhead, G. (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*, páginas 47-59. New York: Teachers College Press.
- ÁLVAREZ, A., MARTÍNEZ, A. y MÉNDEZ, R. (1993). *Tecnología en Acción*. Barcelona: Editorial Rap.
- ÁLVAREZ, A., MARTÍNEZ, A. y MÉNDEZ, R. (1995). "Ètica de la ciència i la tecnologia. Barcelona", En *Departament d'ensenyament de la Generalitat de Catalunya (Ed.)*, Crèdits variables de Filosofia, páginas 118-157.
- AUFSCHNAITER, C, ERDURAN, S., OSBORNE, J. F., y SIMON, S. (2007). *Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge*. Dordrecht: Springer.
- BACHS, X. et al. (1992). *Connexions*, Butlletí de l'Àrea d'Educació Tecnològica del CDEDT. N° 2, Diciembre.
- BACON, F. (1617). *La Instauratio Magna*. México: Editorial Porrúa, S. A., 1985.
- BACON, F. (1620). *Novum organum*. México: Editorial Porrúa, S. A., 1985.
- BARNES, B. (1985). *Sobre ciencia*. Barcelona: Labor.

- BIJKER, W. (1995). *On Bicycles, bakelite, and Bulbs. Elements for a Theory of Socio-Technical Change*. Cambridge, MA.: MIT Press.
- BIJKER, W. y LAW, J. (eds.) (1992 a). *Shaping Technology/Building Society*. Cambridge (MA): MIT Press.
- BIJKER, W. (1992 b). "Imágenes de la ciencia". Actas de las Jornadas Internacionales sobre Estudios de la Ciencia y la Tecnología en la Investigación y la Educación, ICE de la Universitat de Barcelona.
- BIJKER, W., HUGHES, T. y PINCH, T. (eds.) (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge (MA): MIT Press.
- BLOOR, D. (1976). *Knowledge and social imageri*. New York: Routledge.
- BUNGE, M. (1988). Actas del Congreso Interamericano de la filosofía de la Tecnología, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.
- BURKE, J. (1985). *The day the Universe Changed. How Galileo's telescope changed the truth and other events in history that dramatically altered our understanding of the world*. Chicago: University of Chicago Press.
- BURTON, G., HOLMAN, J., PILLING, G. y WADDINGTON, D. (1995). "Salters Advanced Chemistry. A revolution in pre-college chemistry". *Journal of Chemical Education*, 72: 227-230.
- BUXARRAIS, M. R., PRATS, E. y TEY, A., (2002). *Societat y Ètica: aproximació conceptual*. Barcelona: UOC.
- BUXARRAIS, M. R. Y MARTÍNEZ, M. (2000). "Eixos transversals i educació en valors". *Perspectiva escolar* 243: 21-30.
- BUXARRAIS, M. R. (1997). *La formación del profesorado en educación en valores. Propuestas y materiales*. Bilbao: Desclée de Brouwer.
- BUXARRAIS, M. R., MARTÍNEZ, M., PUIG, J. M. y TRILLA, J. (1995). *La educación moral en primaria y secundaria*. Madrid: Edelvives.
- BUXARRAIS, M. R. y MARTÍNEZ, M. (coord.) (1994). *Educación en valores y Democracia. Una propuesta pedagógica*. Madrid: Secretaría General de la OEI.
- CAAMAÑO, A. (1997). "El proyecto Química Salters para el nuevo bachillerato". *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra (V Congreso), páginas 473-474.
- CAAMAÑO, A. et al. (2002). "Proyecto Salters: un enfoque CTS para la química del Bachillerato". En P. Membiela (Ed.): *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad*, páginas 179-192. Madrid: Narcea.

- CAPECCHI, M. (2008). "Los límites de la investigación". *El País*, 12-08-2008, suplemento Salud, página 7.
- CARNAP, R. (1962). *Autobiografía intelectual*. (Introducción de Manuel Garrido). Barcelona: Paidós, 1992.
- CARNAP, R. (1932). *Fundamentos de lógica y matemáticas*. Madrid: Talleres Ediciones JB, 1975.
- CARR, E. H. (1961). *Qué es la historia*. Barcelona: Ariel, 1987.
- CARSON, R. (1962). *Silent spring*. Maryland: Houghton Mifflin. (*Primavera silenciosa*. Barcelona, Grijalbo 1980).
- CASTELLS, M. et al. (1986). *El desafío tecnológico, España y las nuevas tecnologías*. Madrid: Alianza.
- CASTELLS, M. (vol I. 1996, vol. II 1997). *La era de la información*. Madrid: Alianza Editorial.
- CHALMERS, A. (1984). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.
- CHEEK, D. (1992). *Thinking constructively about science, technology, and society education*. New York: State University of New York Press.
- COLLINS, H. y PINCH, T. (1993). *El gólem*. Barcelona, Crítica, 1996.
- COLLINS, H. (1985). *Changing Order. Replication and Induction in Scientific Practice*. Chicago: University of Chicago Press.
- CORIAT, B. (1992). *El taller y el cronómetro*. Madrid: Siglo XXI.
- CUADRADO, I., GAVIRIA, E. y LÓPEZ-SAEZ, M. (2007). *Cuaderno de prácticas de psicología social*. Madrid: Sanz y Torres.
- CUTCLIFFE, S. (1992). "La urdimbre y la trama de los Estudios de Ciencia y Tecnología en Estados Unidos". En Sanmartín, J. et al., *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Barcelona: Anthropos.
- CUTCLIFFE, S. (1990). "Ciencia, tecnología y sociedad: un campo interdisciplinar". En Medina M. y Sanmartín, J. (Eds). *Ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: Anthropos.
- DEL RINCÓN, D., LATORRE, A., ARNAL, J. y SANS, A. (1995). *Técnicas de investigación en Ciencias Sociales*. Madrid: Dykinson.
- DERRY, T. y WILLIAMS, T. (1982). *Historia de la Tecnología*. Desde 1900 hasta 1950. Madrid: Siglo XXI.

- DERRY, T. y WILLIAMS, T. (1960). *Historia de la Tecnología. Desde la Antigüedad hasta 1900* (3 volúmenes). Madrid: Siglo XXI, 1977.
- DESSAUER, F. (1954). *Der Streit um die Technik*. J. Francfort, Knecht. (*Discusión sobre la técnica*. Madrid: Rialp, 1964).
- DESCARTES, R. (1632). *Discurso del método*. Versión española de Hilari Arnau y Jose M. Gutiérrez, Madrid: Alhambra Longman, 1987.
- DOMÈNECH, M. y TIRADO, F. J. (2002). *Ciencia, tecnología y sociedad: nuevos interrogantes para la psicología*. Barcelona: UOC.
- DOMÈNECH, M. y TIRADO, F. J. (1998). *Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: Gedisa.
- FENSHAM, P. J. (1988). "Approaches to the teaching of STS in Science Education." *International Journal of Science Education*, 10(4): 346-356.
- FEYERABEND, P. (1978). *La ciencia en una sociedad libre*. Madrid: Siglo XXI, 1982.
- FEYERABEND, P. (1975). *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos, 1981.
- FOUCAULT, M. (1981). *Tecnologías del yo y otros textos afines*. Barcelona: Paídos, 1990.
- GALBRAITH, J. K. (1967). *The new industrial state*. Princeton: Princeton University Press. (*El nuevo estado industrial*. Barcelona: Ariel, 1984).
- GALILEO GALILEI (1628). *Consideraciones y Demostraciones Matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Madrid: Editora Nacional, 1975.
- GARCÍA BACCA, D. (1968). *Elogio de la Técnica*. Barcelona: Anthropos, 1987.
- GIDDENS, A. (1989). *Sociología*. Madrid: Alianza Editorial.
- GIEDION, S. (1948). *La mecanización toma el mando*. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.
- GÓMEZ CRESPO, M.A., GUTIÉRREZ J., MARTÍN DÍAZ, M. Y CAAMAÑO, A. (2000). "Un enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad para la Química del bachillerato. El proyecto Salters". En Martins, I. P. (coord.): *O movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência Tecnologia Sociedade no ensino-aprendizagem das ciências experimentais*, páginas. 73-83. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- GÓNZALEZ GARCÍA, 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.
- HABERMAS, J. (1968). *Technik und wissenschaft als Ideologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag. (*Ciencia y técnica como ideología*. Madrid: Tecnos, 1986).

- HEIDEGGER, M. (1954). Las citas están tomadas de la versión castellana de Adolfo Carpio, publicada en *Época de filosofía*, vol I. 1986. [El texto Die Frage der Technik es una conferencia pronunciada en München el 18 de noviembre de 1953 y es el primero de los trabajos que constituyen el volumen Vorträge und Aufsätze (conferencias y ensayos). Pfullingen: Günther Neske, 1954].
- HUGHES, T. (1983). *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- HUME, D. (1740). *Tratado de la naturaleza humana*. Versión española de Félix Duque, Madrid: Editora Nacional, 1981.
- HUME, D. (1763). *Investigación sobre el conocimiento humano*. Madrid: Alianza Editorial, 1980.
- HUNING, A. (1979). "Philosophy of Technology and the Verein Deutscher Ingenieure", *Research in Philosophy and technology*, 2: 265-271.
- HUSSERL, E. (1935). *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental*. México, Folios Ediciones, 1984.
- IHDE, D. (1983). *The historical ontological priority of technology over science*. En Paul Durbin and Friedrich Rapp (eds), *Philosophy and Technology*, 1983: 235-252.
- IHDE, D. (1979). *Technics and Praxis*. Boston: D. Reidel.
- JASANOFF, Sh., MARKLE, G., PETERSEN, J. y PINCH, T. (eds.) (1995). *Handbook of Science and Technology Studies*. London: Sage.
- KNORR-CETINA, K. y MULKAY, M. (eds.) (1983). *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. Londres: Sage.
- KNORR-CETINA, K. (1981). *The manufacture of knowledge*. Oxford: Pergamon Press.
- KNORR-CETINA, K. (1980). *The social process of scientific investigation*. *Sociology of the Sciences yearbook*, Vol. 4. Boston-Dordrecht: D. Reidel Publications.
- KORTLAND, J. K. (1992). "CTS en la educación secundaria: tendencias y problemas". Actas de las Jornadas Internacionales sobre Estudios de la Ciencia y la Tecnología en la Investigación y la educación, ICE de la Universitat de Barcelona.
- KRAFT, V. (1950). *El círculo de Viena*. Barcelona: Taurus 1986.
- KUHN, T.S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: FCE, 1984.
- KUHN, T.S. (1957). *La revolución copernicana*. Barcelona: Ariel, 1978.

- LAKATOS, I. y MUSGRAVE, A. (eds.), (1975). *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Barcelona: Grijalbo.
- LATOUR B. y WOOLGAR, S. (1979), *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza, 1995.
- LATOUR, B. (2008). *Reensamblar lo social: una introducción de la teoría del actor-red*. Buenos Aires: Manantial.
- LATOUR, B. (1987). *Science in Action*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press. (*Ciencia en Acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor, 1992.)
- LAYTON, D. (1988). "Revaluing the T in STS". *International Journal of Science Education*, 10(4): 367-378.
- LENK, H. (1975). *Pragmatische Philosophie*. Hoffman und Campe, 1975. (*Filosofía pragmática*. Barcelona: Alfa, 1981).
- LÓPEZ CERREZO, J. A. (1998). "Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos". *Revista Iberoamericana de Educación*. Nº 18. (Consulta: 23 de enero de 2008), <http://rieoei.org/oeivirt/rie18a02.htm>.
- LÓPEZ CERREZO, J. A. y SÁNCHEZ RON, J. M. (eds.) (2001). "Ciencia, Tecnología, Sociedad y cultura en el cambio de siglo". Madrid: Biblioteca Nueva/OEI. (Consulta: 3 de enero de 2008), <http://rieoei.org/oeivirt/rie18.htm>.
- LÓPEZ CERREZO, J. A. (2003). "Introduction: science, technology and society studies – from the European and American north to the Latin American south". *Technology in Society* 25: 153-170.
- LÓPEZ CERREZO, J. A. (1994). "STS Education in Practice: The case of Spain". *Bulletin of Science, Technology and Society* 14/3: 158-166.
- LÓPEZ CERREZO, J. A. y LUJÁN, J. L. (1989). *El artefacto de la inteligencia*. Barcelona, Anthropos.
- MACKENZIE, D. (1996). *Knowing Machines. Essays on Technical Change*. Cambridge (MA): MIT Press.
- MACKENZIE, D. y WAJCMAN, J. (eds.). (1992). *The Social Shaping of Technology*. Buckingham: Open University Press.
- MARTÍN-GORDILLO, M. (2003). "Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2.
- MARTÍNEZ, A. (2008). *Genomición. Mutaciones éticas*. (En prensa).

- MARTÍNEZ, A. (2000). *Manifiesto de la ciudad desobediente*. Barcelona: Editorial Rap.
- MARTÍNEZ, M. (1998). *El contrato moral del profesorado. Condiciones para una nueva escuela*. Bilbao: Desclée De Brouwer.
- MARTÍNEZ, M. y BUXARRAIS, M. R. (1992). "La investigación en Teoría de la Educación". *Teoría de la Educación*. Vol. IV: 21-39.
- MEDIR, M. y ABELLÓ, M. (2002). "APQUA: un proyecto CTS a partir de los productos químicos". En P. Membiela (Ed.): *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*: 193-206. Madrid: Narcea.
- MEDIR, M. (1995). "El proyecto APQUA". *Revista Alambique*, 3: 53-60. Barcelona: Editorial Graò.
- MEEHAN, R. (1984). *The Atom and the Fault*. Cambridge, MA: The Mit Press.
- MÉNDEZ, R. y ÁLVAREZ, A. (1999). *Educando en valores a través de "ciencia, tecnología y sociedad"*. Bilbao: Desclée de Brouwer.
- MENDEZ, R. (1997). Ètica i valors en la ciència i la tecnologia a l'educació secundària i al batxillerat: anàlisi i implementació. Barcelona, Publicació digital del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya.
- MÉNDEZ, R. y ÁLVAREZ, A. (1995). "Cultura tecnológica y educación". En SANCHO, J. y MILLAN, L.M., *Hoy ya es mañana. Tecnologías y Educación: un diálogo necesario*. Sevilla: Publicaciones MCEP, páginas 21-37.
- MÉNDEZ, R. (1989). "La filosofía de la tecnología en el siglo XX". Barcelona, *Revista Anthropos*, 94/95: 27-34.
- MERTON, R. (1977). *Sociología de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos.
- MUMFORD, L. (1967, 1970). *Vol. I: The Mit. Of the Machine, vol II: The Pentagon of power*. New York and London: Harcourt Brace Jovanovich.
- MUMFORD, L. (1934). *Technics and Civilization*, Nueva York: Harcourt Brace and World. (*Técnica y civilización*. Madrid: Alianza editorial, 1971).
- MUMFORD, L. (1963). "Técnicas autoritarias y democráticas". En Kranzberg, M. y Davenport, W. (eds.). *Tecnología y cultura*. Barcelona: Gustavo Gili, 1978).
- OBACH, D. (1995). "El proyecto SATIS". En *Revista Alambique* 3: 39-44. Barcelona: Editorial Graò.

- ORTEGA y GASSET, J. (1939). *Meditación de la Técnica*. Madrid: Austral.
- OSBORNE, J. F. y DILLON, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London, Nuffield Foundation.
- OSBORNE, J. F., RATCLIFFE, M., COLLINS, S., MILLAR, R., y DUSCHL, R. (2003). "What ideas-about-science should be taught in school science?" *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (7): 692-720.
- OSBORNE, J. F. et al., (2002). *Breaking the Mould: Teaching Science for Public Understanding*. London: Nuffield Foundation.
- PACEY, A. (1990). *La cultura de la tecnología*. México: FCE.
- PAREJO, C., JUAN, X., NASCIMENTO, N. y PEREIRA, M. (2002). Proyecto "La Ciencia a través de Europa/La Ciencia a través del mundo". En Membiela, P. (ed.): *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*: 207-220. Madrid: Narcea.
- PAREJO, C. y JUAN, X. (2000). "Ciencia a través de Europa / Ciencia a través del mundo". En I.P. Martins (Coord.): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência Tecnologia Sociedade no ensino-aprendizagem das ciências experimentais*: 113-119. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- PAREJO, C. (1995). "El proyecto Ciencia a través de Europa". *Revista Alambique*, 3: 45-52. Barcelona: Editorial Graò.
- PAYÁ, M. (1997). *Educación en valores para una sociedad abierta y plural: Aproximación conceptual*. Bilbao: Desclée De Brouwer.
- PICKERING, A. (ed.), (1992). *Science as practice and culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- PINCH, T. y BIJKER, W. (1987). "The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other". En: BIJKER, W., HUGHES, T. y Pinch, T. (eds.). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge (MA): MIT Press; páginas 17-50.
- POPKIN, R. (1983). *La historia del escepticismo desde Erasmo hasta Spinoza*. México: FCE.
- POPPER, K. (1934). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos, 1985.
- POPPER, K. (1967). *El desarrollo del conocimiento científico: conjeturas y refutaciones*. Buenos Aires: Paidós.
- PORTA, M. (1983). *El positivismo lógico*. Barcelona: Montesinos Editor.

- PUIG, J. y COROMINAS, J. (1990). *La ruta de la energía*. Barcelona: Anthropos.
- PUIG, J. M. (1995). *La educación moral en la enseñanza obligatoria*. Barcelona: ICE/Horsori.
- PUIG, J. M. (1986). *Teoría de la Educación. Una aproximación sistémico-cibernética*. Barcelona: PPU.
- QUINE, W. (1951). "Dos dogmas del empirismo". En. Valdes, L. (ed.), *La búsqueda de significado*. (versión castellana de Manuel Sacristán). Madrid: Tecnos / Universidad De Murcia, 1991. (Publicado originalmente en *Philosophical review* 1951, y compilado en *From a Logical Point of View*, 1953).
- RAPP, F. (1978). *Der Analytische Technikphilosophie*. Berlín: Verlag, (*Filosofía analítica de la técnica*. Barcelona: Alfa, 1981).
- REYES, T. (2000). "Métodos cualitativos de investigación; los grupos focales y el estudio de caso." Conferencia presentada en la Facultad de Administración de Empresas de la Universidad de Puerto Rico. <http://www.Ibad-tenerife.com/filosofia/mci.pdf>
- RIQUARTS, K., (ed) (1987). *Science and Technology Education and the Quality of Life*. Kiel: IPN Materialien.
- SÁNCHEZ RON, J. (2008). "El reino de Einstein y la patria de Venter". *El País*, 30-08-2008, página 31.
- SANCHO, J. (1995). "Más compacto, más rápido, más potente, más eficaz, más barato...". En SANCHO, J. y MILLAN, L.M., *Hoy ya es mañana. Tecnologías y Educación: un diálogo necesario*. Sevilla: Publicaciones MCEP, páginas 131-152.
- SHALLIS, M. (1986). *El ídolo de silicio*. Barcelona: Salvat.
- SNOW, C.P. (1959). *The two cultures and the scientific revolution*. Nueva York: Cambridge University Press. (*Las dos culturas*. Madrid: Alianza, 1987).
- SNOW, C.P. (1964). *The two cultures: And a second look*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. (*Las dos cultura y un Segundo enfoque*. Madrid: Alianza, 1977).
- SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G. (eds.), (1994). *STS Education, International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press.
- SOLOMON, J. (1983). *Science in a Social Context*. (8 cuadernos y una guía del profesor). Oxford: Basil Blackwell.
- SOLOMON, J. (1993). *Teaching Science, Technology and Society*. Buckingham: Open University Press.
- STAUDENMAIER, J. (1985). *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*. Cambridge (MA): MIT Press.

- SUZUKI, D. (1991). *GenÈtica. Conflictos entre la ingeniería genética y los valores humanos*. Madrid: Tecnos.
- TAYLOR, S. J. y BOGDAN, R. (1986). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Barcelona: Paidós.
- TEMPLE, R. (1987). *El genio de China*. Madrid/Barcelona: Debate/Círculo.
- TESTART, J. (1988). *El embrión transparente*. Barcelona: Ediciones Granica.
- THIER, H. (1988). "Chemical Education in schools and the community: the CEPUP Project". *International Journal of Science Education*, 10 (4): 421-430.
- TOFFLER, A. (1970). *Future shock*. New York: Random House. (*El shock del futuro*. Plaza y Janés, 1992).
- TRILLA, J. (1992). *El profesor y los valores controvertidos*. Barcelona: Paidós.
- VVAA, (1995). *Ètica de la ciència i la tecnologia*. Barcelona: Rap.
- VILAR, J., GALCERAN, M., MARTÍNEZ, M., BUXARRAIS, M. R., PUIG, J. M., TRILLA, J., CARRILLO, I., LÓPEZ, S., MARTÍN, X. y PAYÀ, M. (1998). *Qüestions ètiques de la ciència i la tecnologia*. E.S.O. Crèdit variable. Barcelona: Enciclopèdia Catalana.
- WHITE, L. Jr. (1966). *Mediaeval Technology and Social Change*. Nueva York: Oxford University Press.
- WINNER, L. (1979). *Tecnología Autónoma*. Barcelona: Gustavo Gili.
- WINNER, L. (1987). *La ballena y el reactor*. Barcelona: Gedisa.
- WOOLGAR, S. (1988). *Ciencia: abriendo la caja negra*. Barcelona: Anthropos, 1991.
- YEARLEY, S. (1988). *Science, Technology and Social Change*. London: Unwin Himan.
- ZAMORA, J. (2008). "Y tú ¿en qué mundo vives?" En: *Ciencias para el mundo contemporáneo. Aproximaciones didácticas*. <http://www.oei.es/salactsi/ccmc.pdf> (consulta: 20 de setiembre de 2008).
- ZIMAN, J. (1978). *La credibilidad de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial, 1981.

ANEXOS

ANEXO I

EL EXAMEN DE SELECTIVIDAD DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Districte Universitari de Catalunya

Proves d'accés a la Universitat

Curs 2006-2007

Tecnologia industrial

Sèrie 3

La prova consta de dues parts de dos exercicis cadascuna. La primera part és comuna i la segona té dues opcions (A o B), de les quals cal triar-ne UNA.

PRIMERA PART

Exercici 1

[2,5 punts]

[En cada qüestió només es pot triar UNA resposta. Resposta ben contestada, 0,5 punts; resposta mal contestada,

-0,16 punts; resposta no contestada, 0 punts.]

Qüestió 1

L'Elgiloy, aliatge emprat en la fabricació de molles, té una composició: 41 % Co (cobalt), 19 % Cr (crom), 15% Ni (níquel) i 25% d'altres elements (Mo, Mg...). Quina quantitat de crom es necessita per a aliar-lo amb 225 kg de cobalt?

- a) 82,32 kg
- b) 104,3 kg
- c) 137,2 kg
- d) 177,6 kg

Qüestió 2

Un tipus de paper reciclat es comercialitza en paquets de 500 fulls A4, de mida 210 mm x 297 mm. Els 500 fulls del paquet tenen un pes de 23,39 N. Quin és el gramatge, en g/m², del paper? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- a) 90 g/m²
- b) 85 g/m²
- c) 80 g/m²
- d) 75 g/m²

Qüestió 3

Per a fabricar un model de collaret, un joier necessita una inversió inicial de 750 € i una despesa addicional de 8 € per unitat. Si els ven a un preu unitari de 58 €, quants collarets ha de fabricar i vendre per a tenir un benefici mínim de 1300 € ?

- a) 23
- b) 26
- c) 36
- d) 41

Qüestió 4

La modificació del traçat d'una xarxa viària ha d'incloure un estudi de l'impacte ambiental que genera?

- a) Només si en el traçat inicial ja s'havia considerat.
- b) Només si el nou traçat creua una zona rural.
- c) Sempre.
- d) Només si el nou traçat creua una zona industrial.

Qüestió 5

En un plànol s'indica que la tolerància general és del $\pm 2\%$. Si la distància nominal entre els centres de dos forats és 15 mm, entre quins valors pot estar compresa aquesta distància?

- a) 15 mm i 15,3 mm
- b) 14,7 mm i 15 mm
- c) 14,7 mm i 15,3 mm
- d) 14,8 mm i 15,2 mm

Exercici 2

[2,5 punts]

En un vehicle s'encén un senyal d'alerta si queden menys de 10 l de combustible, o bé si en queden menys de 15 l i el consum actual és elevat (supera en un 30 % el consum mitjà). Utilitzant les variables d'estat:

10

15

e

1 sí

quantitat de combustible inferior a 10 l ;

0 no

1 sí

quantitat de combustible inferior a 15 l ;

0 no

1 sí 1 sí

consum elevat ; senyal alerta

0 no 0 no

a) Escriviu la taula de veritat del sistema i indiqueu els casos que no són possibles. [1 punt]

b) Determineu la funció lògica entre aquestes variables i, si escau, simplifiqueu-la. [1 punt]

c) Dibuixeu l'esquema de portes lògiques equivalent. [0,5 punts]

SEGONA PART**OPCIÓ A****Exercici 3**

[2,5 punts]

En el full de característiques d'una motobomba amb motor dièsel s'indiquen, entre d'altres, les dades nominals següents:

cabal, $q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$ pressió, $p = 0,25 \text{ MPa}$

capacitat del dipòsit, $V = 4,6 \text{ l}$ autonomia, $\tau = 4 \text{ h}$

potència del motor a $n = 2500 \text{ min}^{-1}$, $P_{\text{mot}} = 4,9 \text{ kW}$

El combustible utilitzat té un poder calorífic $p_c = 43 \text{ MJ/kg}$ i una densitat $\rho = 0,84 \text{ kg/dm}^3$. Determineu:

a) El rendiment bomba de la bomba. [0,5 punts]

b) El rendiment mitjà mecanicotèrmic η_{mt} del motor. [1 punt]

c) El consum específic del motor c , en $\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$, entès com la relació entre la quantitat de combustible consumit i l'energia mecànica produïda. [1 punt]

Exercici 4

[2,5 punts]

g

L

3L

1,5L

3L

O1 O2

Π_1 S Π_2

$m = 40 \text{ kg}$

Un semàfor de massa $m = 40 \text{ kg}$ està suspès mitjançant dos cables de la mateixa secció tal com s'indica en la figura. Si es negligeix la massa dels cables, determineu:

a) Els angles α_1 i α_2 indicats. [1 punt]

b) Les forces F_1 i F_2 que suporten els cables O1S i O2S, respectivament. [1 punt]

c) La relació de tensions normals T_1/T_2 a què estan sotmesos els cables. [0,5 punts]

OPCIÓ B**Exercici 3**

[2,5 punts]

Un fil de nicrom tensat i calent s'utilitza per a tallar poliestirè expandit. Per a escalfar-lo, se li fa passar corrent amb una font de tensió U regulable. El fil té una llargada $l = 0,4$ m i un diàmetre $d = 0,5$ mm. La resistivitat del nicrom és $\rho = 1,1 \cdot 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$ i es considera que la variació que experimenta amb la temperatura és negligible.

a) Determineu la resistència elèctrica R del fil. [0,5 punts]

b) Dibuixeu, de manera aproximada i indicant les escales, la corba de la potència P dissipada pel fil en funció de la tensió U aplicada per a $0 \text{ V} < U < 20 \text{ V}$. [1 punt]

c) Calculeu l'energia E , en $\text{W} \cdot \text{h}$, consumida per la font si s'ha fixat la tensió $U = 18 \text{ V}$ durant $t = 1,5$ h i el rendiment és $\eta = 0,68$. [1 punt]

Exercici 4

[2,5 punts]

Una planta de tractament i d'aprofitament de residus produeix una energia elèctrica diària $E_{\text{elèc}} = 65 \text{ MW} \cdot \text{h}$ a partir de $m_r = 75 \cdot 10^3$ kg de residus vegetals que tenen un poder calorífic mitjà $p = 11,8 \text{ MJ/kg}$. La resta de l'energia provinent d'aquests residus s'empra per a elevar la temperatura de $m_a = 3 \cdot 10^6$ kg d'aigua en $t = 40$ °C. La calor específica de l'aigua és $c_e = 4,18 \text{ J/(g } ^\circ\text{C)}$. Determineu:

a) El rendiment elèctric mitjà $\eta_{\text{elèc}}$ de la planta. [0,75 punts]

b) El rendiment tèrmic mitjà $\eta_{\text{tèrmic}}$ de la planta. [1,25 punts]

c) La potència elèctrica mitjana $P_{\text{elèc}}$ i el cabal mitjà q , en l/s, d'aigua escalfada. [0,5 punts]

ANEXO II

EL EXAMEN DE SELECTIVIDAD DE BIOLOGÍA

Districte Universitari de Catalunya

Proves d'accés a la Universitat

Curs 2006-2007

Biologia

Sèrie 3

La prova consta de quatre exercicis. Els exercicis 1 i 2 són comuns i obligatoris, i els exercicis 3 i 4 estan agrupats en dues opcions (A i B), de les quals n'heu d'escollir UNA. Feu els exercicis 1 i 2 i escolliu UNA de les dues opcions per als altres dos exercicis. En cap cas no podeu fer un exercici de l'opció A i un altre de l'opció B.

Exercici 1

En l'espècie humana, les cèl·lules dels ovaris que experimenten el procés de l'ovogènesi (formació d'òvuls) mostren variacions en el contingut de DNA al llarg de les diverses fases del procés. En la figura 1 es mostren les variacions en la quantitat de DNA al llarg de l'ovogènesi. En la taula 1 es relaciona la quantitat de DNA que conté una cèl·lula amb el nombre de dotacions cromosòmiques que presenta.

FIGURA 1. Variacions en la quantitat de DNA cel·lular al llarg de l'ovogènesi.

1. En observar el gràfic i la taula, un alumne de batxillerat afirma: «En el gràfic podem identificar el procés de divisió cel·lular anomenat *meiosi*.»

Discuti la validesa d'aquesta afirmació a partir de les informacions que subministren el gràfic i la taula.

[1 punt]

TAULA 1. *Relació entre la quantitat de DNA i el nombre de dotacions cromosòmiques*

Quantitat de DNA	Dotació cromosòmica
3,65 n	
7,3 $2n$	

2. Justifiqueu per què en la fase A les cèl·lules són diploides, però **no** es poden considerar diploides en la fase C.

[1 punt]

3. Al llarg de la vida fèrtil d'una dona, els ovaris alliberen al voltant de 400 òvuls madurs. Podem afirmar que cada un d'aquests òvuls serà portador d'una informació genètica diferent de la dels altres òvuls. Expliqueu el paper de la meiosi en aquest fet.

[1 punt]

Exercici 2

En una parcel·la hi ha 100 presseguers de la mateixa varietat, edat i grandària. Volem determinar la quantitat mínima d'aigua de reg necessària per a obtenir una producció de préssecs òptima (estimada en 45 kg de préssecs per arbre). La parcel·la s'ha dividit en 4 parts equivalents, amb el mateix nombre

d'arbres distribuïts uniformement. Disposem també d'un mecanisme per a regar cada part amb diferents quantitats d'aigua: 1 L·h⁻¹, 2 L·h⁻¹, 3 L·h⁻¹, 4 L·h⁻¹.

1. Responen a les qüestions següents:

[1 punt]

a)

- Quina és la variable independent?
- Quina és la variable dependent?
- Hi ha rèpliques en aquesta recerca? Expliqueu-ho.

b) La quantitat d'aigua de reg necessària per a obtenir una bona producció en aquesta parcel·la serà la mateixa que cal subministrar a qualsevol altra plantació de presseguers per a obtenir la mateixa producció de préssecs per arbre? Justifiqueu la resposta.

2. Responen a les qüestions següents:

[1 punt]

a) L'aigua resulta clau en el procés de fotosíntesi. Des del punt de vista metabòlic, quina és la funció de l'aigua en aquest procés?

b) Des del punt de vista energètic, quina és la importància de la fotosíntesi en el conjunt dels éssers vius?

OPCIÓ A

Exercici 3

Els antibiòtics són substàncies que inhibeixen el creixement d'alguns microorganismes o bé els eliminen. No obstant això, hi ha bacteris com l'*Escherichia coli*, causant de gastroenteritis en els humans, que presenten resistència a diferents antibiòtics.

1. Responen a les qüestions següents:

[1 punt]

a) Empleneu les dues caselles de la taula. Expliqueu què vol dir «bacteris resistents als antibiòtics». Interpreteu quin dels tres antibiòtics del gràfic serà més eficaç en el tractament d'una infecció per *Escherichia coli*.

b) Els macròlids són un tipus d'antibiòtics que actuen sobre els ribosomes i inhibeixen la síntesi de proteïnes bacterianes. Justifiqueu per què aquest fàrmac és letal per als bacteris.

2. Les autoritats sanitàries adverteixen que el consum excessiu d'antibiòtics afavoreix la proliferació de bacteris resistents (als antibiòtics). Expliqueu per quina raó es produeix aquesta proliferació.

[1 punt]

3. Investigadors de l'Scripps Research Institute i de la Universitat de Wisconsin han publicat una explicació sobre el fet que la proteïna LexA del bacteri *Escherichia coli* estimula l'aparició de mutacions. Creieu que la proteïna LexA pot ajudar a desenvolupar resistència contra els antibiòtics? Expliqueu-ho.

[1 punt]

Exercici 4

La ciclosporina, l'azatioprina i diversos esteroides són fàrmacs immunosupressors subministrats a pacients que han estat sotmesos al trasplantament d'algun òrgan (ronyó, cor o algun altre). Estructura d'11 residus d'aminoàcid de la ciclosporina

1. El 1985 es publicà un estudi sobre la supervivència de cors trasplantats a pacients que havien rebut un dels dos tractaments següents:

Tractament A: azatioprina més esteroides.

Tractament B: ciclosporina al llarg de tres mesos i després el tractament A.

En la taula es mostren els resultats mitjans obtinguts:

[1 punt]

Temps després del trasplantament (mesos)

2 4 6 12 18 24

Supervivència del Tractament A 75 60 60 55 50 45

cor trasplantat (%) Tractament B 90 80 75 70 65 65

a) Representeu aquests resultats gràficament.

b) Interpreteu els resultats que es van obtenir.

2. L'activitat immunosupressora de la ciclosporina consisteix a impedir la producció d'interleucina-2, una proteïna produïda per les cèl·lules T que activa la proliferació de limfòcits.

[1 punt]

a) El sistema immunitari actua per mitjà de respostes específiques i inespecífiques. Quina d'aquestes respostes és afectada per la ciclosporina? Justifiqueu-ho.

b) Per què és útil administrar ciclosporina a pacients sotmesos a trasplantament?

OPCIÓ B

Exercici 3

Volem estudiar el consum de glucosa d'unes cèl·lules musculars mantingudes en cultiu. Per això, col·loquem en diferents recipients un mateix nombre de cèl·lules i hi afegim a cadascun una solució de glucosa 5 mM. En un primer experiment, incubem tots els recipients a 37 °C, però amb concentracions diferents d'oxigen. Deu minuts més tard, estudiem la concentració de glucosa que ha quedat en el medi. Els resultats són recollits en la taula següent:

Recipient	A	B	C	D	E
Concentració d'oxigen durant l'experiment (unitats arbitràries)	0	5	10	25	50
Concentració de glucosa al medi al final de l'experiment (mM)	0,5	2	3	4	4,5
Glucosa consumida durant l'experiment (mM)					

- Completeu la taula anterior calculant la quantitat de glucosa consumida per les cèl·lules de cada recipient. Representeu gràficament la quantitat de glucosa consumida en funció de la concentració d'oxigen durant l'experiment.
[1 punt]
- Feu un esquema del metabolisme que expliqui com consumeixen la glucosa les cèl·lules del recipient A i les del recipient E. En quin dels dos recipients s'obté més quantitat d'energia per cada molècula de glucosa? Expliqueu-ho.
[1 punt]
- Digueu quina de les quatre conclusions següents s'adiu millor amb els resultats de l'experiment. Expliqueu-ho a partir dels vostres coneixements sobre metabolisme.
 - El consum de glucosa augmenta en augmentar la disponibilitat d'oxigen.
 - El consum de glucosa baixa en augmentar la disponibilitat d'oxigen.
 - La temperatura és important si volem estudiar el consum de glucosa per les cèl·lules musculars.
 - La variable independent és la glucosa consumida.

Exercici 4

Durant el curs escolar és freqüent que, entre les criatures més petites, es donin casos de contagi de paràsits capil·lars, els anomenats *polls* (*Pediculus humanus*).

- S'ha constatat que actualment costa més eliminar els polls amb productes pediculicides (antipolls) que anys enrere. Expliqueu a què pot ser deguda aquesta adquisició de resistència a aquests productes per part dels polls.
[1 punt]
- El poll és un insecte paràsit que té un cicle biològic que dura entre 3 i 4 setmanes. Els adults poden ser mascles o femelles que produeixen espermatozoides o òvuls, respectivament, i els ous tarden aproximadament una setmana a originar larves, que passaran per diferents estadis fins a desenvolupar-se com a adults sexuals. Feu un esquema del cicle biològic del *Pediculus humanus* en el qual constin els termes subratllats i s'indiqui clarament quan es donen la meiosi i la fecundació, i es diferenciïn les fases haploide i diploide del cicle.
[1 punt]

ANEXO III

EL EXAMEN DE SELECTIVIDAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Districte Universitari de Catalunya

Proves d'accés a la Universitat

Curs 2006-2007

Ciències de la Terra i del medi ambient

Sèrie 3

Feu l'exercici 1 i trieu UNA de les dues opcions (A o B), cadascuna de les quals consta de tres exercicis (exercicis 2, 3 i 4). En total, heu de fer quatre exercicis.

Exercici 1 (obligatori)

[4 punts]

Els embassaments de Susqueda i Sau (construïts al voltant dels anys cinquanta) estan situats en el tram mitjà del riu Ter i es troben comunicats entre ells. Tenen una capacitat màxima de 233 hm³ i 166,26 hm³, respectivament.

1.

a) A partir de les dades dels gràfics, observeu i determineu quin és el volum d'aigua corresponent al mes de setembre en els dos embassaments i acabeu de completar la taula següent:

b) Compareu els volums d'aigua de l'any 2005 amb els corresponents a l'any 2004. Quines poden ser les causes d'aquestes diferències en els valors?

2. Des que va ser construït, l'embassament de Sau ha anat acumulant molt de llot i les algues hi han proliferat. Expliqueu les causes i els problemes associats a aquests dos fets.

Observació Causa Problema

Fons ple de llot

Excés d'algues

Embassament

Volum màxim Volum any % volum Volum any % volum

(hm³) 2005 (hm³) ocupat 2004 (hm³) ocupat

Sau 166,26 98,37 59,17

Susqueda 233 206,95 88,82

3. La tardor del 2005 l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) va traspasar l'aigua de l'embassament de Sau al de Susqueda per afrontar el problema de l'abastiment d'aigua potable. Expliqueu per quina raó la qualitat d'aigua traspassada, que a l'origen tenia problemes importants d'anòxia, va millorar quan va arribar a l'embassament de Susqueda.

4. Les dessaladores són l'alternativa que Catalunya i altres països mediterranis es plantegen davant la manca d'aigua. Empleneu la taula següent posant un avantatge i un inconvenient relacionats amb la construcció i el funcionament de les dessaladores i els embassaments.

Avantatge Inconvenient

Dessaladores

Embassaments

OPCIÓ A

Exercici 2

[2 punts]

Quan es parla de contaminació atmosfèrica hi ha dos paràmetres que apareixen tot sovint: *emissió* i *immissió*. Tot i que, en general, hi ha una certa correlació entre ells, no són necessàriament equivalents; perquè l'atmosfera disposa de mecanismes que poden dispersar o concentrar els contaminants o, fins i tot, modificar-ne la naturalesa.

1.

a) Què són els *nivells d'immissió de contaminants atmosfèrics*?

b) Completeu la taula sobre la influència dels factors meteorològics següents sobre els nivells d'immissió atmosfèrics.

Factors meteorològics Elimina/dispersa/concentra Explicació

Les inversions tèrmiques

El vent i les turbulències

La pluja i la neu

2.

a) Què són els *nivells d'emissió de contaminants atmosfèrics*?

b) Completeu la taula sobre l'origen i les conseqüències de l'emissió a l'atmosfera dels contaminants següents:

Contaminants atmosfèrics Origen Conseqüències

Òxids de sofre

Òxids de carboni

Hidrocarburs

Exercici 3

[2 punts]

Fa uns cinc anys es va urbanitzar una zona de bosc a la comarca del Sinerès. En el dibuix següent es mostra una de les actuacions que s'hi van fer: la construcció d'un aparcament al costat d'una zona de serveis. Es va modificar el perfil del terreny i es va optar per construir-hi un mur de contenció, ja que els materials predominants eren tous i poc cohesius. A la zona on no es va modificar el pendent, es va substituir el bosc per un enjardinament amb arbustos poc exuberants. Fa pocs dies, un tècnic va fer una revisió de l'estat de la zona i, força alarmat, va enviar un informe al Consell Comarcal. Les conclusions de l'informe van ser les següents:

— El mur de contenció presenta algunes taques d'humitat.

— A la part superior del mur s'hi observa una notable acumulació de sediments.

— Després de pluges intenses, és habitual que tot l'asfalt de la zona nord de l'aparcament quedi cobert d'una capa de sorra i llim.

— Al mur s'hi estan formant moltes microesquerdes i presenta uns símptomes que fan dubtar de si en un futur resistirà. Sembla que suporta una pressió excessiva.

— En la zona de pendent natural que hi ha al nord de l'aparcament s'hi detecten solcs i reguerons d'amplada decimètrica.

— L'enjardinament que s'hi va fer fa cinc anys ha resistit força malament, en aparença, a causa de problemes d'arrelament.

— Uns vint metres més amunt del mur s'observen unes cicatrius sobre el terreny que, dibuixades sobre un mapa, tenen una forma semicircular amb la part convexa que assenyala pendent amunt.

En el dibuix es pot veure la zona on el tècnic va observar les cicatrius i l'acumulació de sediments.

1. En l'informe s'hi descriuen una sèrie de fenòmens indicatius d'erosió hídrica.

a) Anomeneu tres aspectes descrits en l'informe que indiquin que en aquesta zona hi ha un procés d'erosió hídrica.

b) Quina de les actuacions fetes fa cinc anys va desencadenar el procés d'erosió hídrica?

c) Indiqueu una actuació que es podria fer per a intentar aturar aquest procés.

2. El Consell Comarcal ha rebut amb una preocupació especial la informació referida a les cicatrius observades en el terreny.

a) De quin procés de la geodinàmica externa poden ser indicatives aquestes cicatrius?

b) Quin risc representa aquest procés per a l'aparcament?

c) En la primera conclusió de l'informe hi ha una dada que ha estat decisiva per a proposar una primera intervenció a fi d'alleugerir «la pressió excessiva» que està suportant el mur. Quina pot haver estat aquesta primera mesura?

Exercici 4

[2 punts]

En les qüestions següents, marqueu l'ÚNICA resposta que considereu vàlida. Per cada resposta errònia es descomptarà un 33 % de la puntuació de la pregunta. Per les preguntes no contestades no hi haurà cap descompte.

1.

1.1. La duresa de l'aigua es defineix com

a) la mesura de les concentracions de cations Mg^{2+} i Ca^{2+} .

- b) la mesura de les concentracions dels anions que donen caràcter alcalí a l'aigua.
- c) la quantitat de sòlids totals en suspensió.
- d) la terbolesa deguda a la presència de partícules que en minven la transparència.

1.2. La major demanda d'aigua a tot el món prové de l'ús

- a) industrial.
- b) agrícola.
- c) domèstic.
- d) d'oci.

1.3. A quina de les procedències d'aigua següents és més probable de trobar la concentració d'oxigen més alta?

- a) A un rierol d'alta muntanya.
- b) A un pou prop de la costa.
- c) A les parts més fondes d'un embassament.
- d) A una bassa per a ús agrícola.

1.4. Justifiqueu la resposta de la pregunta anterior (1.3).

2.

2.1. Suposant que el tipus de substrat és el mateix en tota la longitud d'un riu, en quin dels trams es localitzaria l'aigua més mineralitzada?

- a) En el tram alt.
- b) En el tram mitjà.
- c) En el tram baix.
- d) No mostraria variacions segons els trams.

2.2. Quin dels materials següents pot tenir bones aptituds com a aquífer?

- a) L'argila.
- b) Les margues.
- c) Les sorres al·luvials.
- d) Les pissarres.

2.3. Uns continguts molt elevats de nitrogen i fòsfor als estanys i als embassaments poden causar

- a) processos de salinització de l'aigua.
- b) alcalinització del medi.
- c) proliferació de fongs.
- d) eutrofització.

2.4. Justifiqueu la resposta de la pregunta anterior (2.3).

OPCIÓ B

Exercici 2

[2 punts]

1. Durant el període 1986-2000 es van enregistrar nombrosos terratrèmols a Catalunya, majorment als Pirineus axials. El terratrèmol de més magnitud que hi ha hagut en aquests quinze anys va ser el de Sant Pau de Fenollet el 18 de febrer

de 1996, de magnitud 5,2, localitzat a l'oest de Perpinyà, al massís de l'Aglí, i va ser percebut a gran part de Catalunya. Observeu atentament els mapes següents i contesteu les preguntes.

FIGURA 1. Mapa de terratrèmols que han FIGURA 2. Mapa de sismicitat a Catalunya produït danys a Catalunya en temps històrics, per al període 1986-2000, segons l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

a) Exposeu dues possibles raons de per què no apareix cap referència de terratrèmol que hagi provocat danys al segle XX (figura 1), tot i l'abundància de terratrèmols durant el període de 1986-2000 (figura 2).

b) Per quin motiu hi ha una concentració més alta de sismes a la franja dels Pirineus, dels Prepirineus i de la Serralada Transversal?

2. Catalunya està situada en una zona amb vibracions sísmiques considerables, la qual cosa suposa una exposició clara al risc. És, per tant, molt important la predicció i la prevenció dels terratrèmols a tot el territori. Expliqueu dues maneres de predir terratrèmols i dues mesures preventives.

Maneres de predicció Mesures preventives

1a

2a

Exercici 3

[2 punts]

Trampes per a capturar CO₂

Segons un estudi realitzat pel Panell Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic

(IPCC), cap a l'any 2050, amb la utilització de tecnologies de segrest, podríem sostroure entre un 20 % i un 40 % del diòxid de carboni (CO₂) de les emissions mundials que s'enviaran a l'atmosfera.

El segrest del gas és una tecnologia encara en desenvolupament que s'aplicaria a les fonts que l'emeten per a enviar-lo cap a formacions geològiques sedimentàries profundes, naturals i estables, com ara les mines abandonades, els jaciments de petroli o gas, o els aquífers salins profunds, etcètera.

Algun dels riscos, tant a escala global com local, és l'escapament dispers i gradual per fractures i/o desperfectes no localitzats que resulta difícil de controlar.

1. Digueu quines conseqüències podria tenir una fuga del CO₂ confinat en cadascuna d'aquestes situacions:

2. Indiqueu quina o quines de les principals fonts d'emissió d'aquest gas són les que més podrien beneficiar-se d'aquesta tecnologia. Justifiqueu la resposta.

Situació Possibles efectes

Éssers vius del subsòl

Aigües subterrànies

Atmosfera

Exercici 4

[2 punts]

Les inestabilitats de vessant afecten una tipologia diversa de materials geològics i es fan efectives a través de diversos processos.

1. Anomeneu cadascun dels dibuixos següents que s'identifiquen amb tipus diferents d'inestabilitat de vessant.

2. Empleneu la taula següent indicant a la columna de l'esquerra si els processos d'inestabilitat de vessant de la pregunta anterior (identificats amb un número) afecten materials coherents o incoherents. A la columna de la dreta proposeu una mesura correctora o preventiva a fi de minimitzar o evitar cadascuna de les inestabilitats relacionades.

Les respostes incorrectes de la primera columna afectaran la puntuació final de la pregunta.

Materials coherents/incoherents Mesures correctores/preventives

ANEXO IV

El examen de selectividad de física

Districte Universitari de Catalunya

Proves d'accés a la Universitat

Curs 2006-2007

Física

Sèrie 2

Feu el problema P1 i responeu a les qüestions Q1 i Q2. A continuació, escolliu UNA de les opcions (A o B): feu el problema P2 i responeu a les qüestions Q3 i Q4 de l'opció escollida. Cada problema val 3 punts (1 punt per cada apartat). Les qüestions Q1 i Q2 valen 1 punt cadascuna.

Cada qüestió de l'opció A val 1 punt.

Les qüestions de l'opció B puntuen entre totes dues un màxim de 2 punts. Cada qüestió de l'opció B consta de dues preguntes d'opció múltiple que tenen només una resposta correcta. Respondre encertadament es valorarà amb 0,50 punts; cada resposta en blanc, amb 0 punts, i per cada resposta errònia es descomptaran 0,25 punts. En tot cas, la nota mínima conjunta de les qüestions de l'opció B no serà inferior a 0 punts. Podeu utilitzar calculadora científica per al càlcul de funcions exponencials, logarítmiques, trigonomètriques i especials, així com per a realitzar càlculs estadístics. No es poden fer servir, però, calculadores o altres aparells que permetin fer més operacions que les esmentades.

P1) El 19 d'octubre de 2006 es va llençar un nou satèl·lit de la família Meteosat, el *MetOp-A*. Aquest satèl·lit té una massa de 4 085 kg i descriu una òrbita polar (òrbita que passa pels pols i és perpendicular al pla de l'equador) a una altura de 800 km sobre la superfície de la Terra. Calculeu:

a) A quina velocitat orbita.

b) Quantes vegades passa pel pol Nord diàriament.

c) Quina energia mecànica té.

DADES: $MT = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg; $RT = 6\,400$ km; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N · m² · kg⁻².

Q1) Una partícula carregada positivament, de massa $1 \cdot 10^{-9}$ kg i mòdul de la velocitat 100 m/s, descriu un moviment circular uniforme de 0,2 m de radi, en presència d'un camp magnètic de 0,05 T perpendicular al pla de la trajectòria. Calculeu el valor de la càrrega de la partícula.

Q2) Enumereu les propietats (real o virtual, dreta o invertida, major o menor) de la imatge que es retorna una cullera per la part cònca. Per a demostrar-les, dibuixeu la marxa dels raigs i la imatge que s'obté de la fletxa en el mirall esfèric còncau de la figura. El punt C és el centre de curvatura del mirall.

Opció A

P2) Una corda està unida per un extrem a una paret i està lliure per l'altre extrem. Fem vibrar l'extrem lliure harmònicament i es genera una ona transversal, descrita per l'equació $y = 4 \sin 2\pi (t/2 - x/4)$, en què l'amplitud es mesura en centímetres mentre que el temps, t , i la distància, x , es mesuren en unitats del sistema internacional (SI). Calculeu:

- a) La velocitat de vibració d'un punt de la corda que dista 5 m de l'extrem lliure, en l'instant $t = 3$ s.
- b) La diferència de fase entre dos punts de la corda que disten 1 m i 3 m de la paret, respectivament, en un mateix instant.
- c) Quant tardaria la vibració a arribar a la paret des de l'extrem lliure en què es genera, si la corda tingués una longitud de 10 m.
- Q3) En una experiència de laboratori fem incidir un raig de llum vermella amb diferents angles d'incidència, i , sobre una làmina de vidre; mesurem els corresponents angles de refracció, r , i n'obtenim la gràfica adjunta. Quant val l'índex de refracció del vidre per a la llum vermella? A quina velocitat es propaga la llum vermella en aquest vidre?
- DADES: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
- Q4) Un protó entra en un camp magnètic uniforme, B , amb una determinada velocitat, v . Descriu el tipus de moviment que efectuarà dins del camp si:
- a) Els vectors v i B són paral·lels.
- b) Els vectors v i B són perpendiculars.

Opció B

P2) En un tram del recorregut, l'AVE Lleida-Tarragona du una velocitat constant en mòdul de 300 km/h. En aquest tram fa un revolt de 600 m de radi que està peraltat un angle de 20° . Damunt d'una taula del vagó restaurant hi ha un plat buit de massa 350 g. El plat es troba en repòs en el tren gràcies a la fricció amb la taula, que impedeix que el plat es desplaci cap enfora.

- a) Feu un diagrama de les forces que actuen sobre el plat.
- b) Determineu el mòdul de la força de fricció que actua sobre el plat.
- c) Determineu el mòdul de la força centrípeta que actua sobre el plat.

Les dues qüestions següents tenen format de prova objectiva. A cada pregunta (1 o 2) es proposen tres respostes (a , b , c) de les quals només UNA és correcta. Trieu la resposta que considereu correcta i traslladeu-la al quadern de respostes. Indiqueu-hi el número de la qüestió, el número de la pregunta i, al costat, la lletra que precedeix la resposta que hàgiu triat (exemple: Q2-2-c). No cal que justifiqueu la resposta.

Q3) 1. Una ona harmònica es propaga per una corda tensa. Si la freqüència es redueix a la meitat,

- a) el període es redueix a la meitat.
- b) la velocitat de propagació es duplica.
- c) la longitud d'ona es duplica.

2. Si es tracta d'una ona transversal,

- a) en un instant donat, tots els punts de la corda vibren amb la mateixa velocitat.
- b) l'ona es propaga a la velocitat constant de 340 m/s.
- c) l'ona vibra en una direcció que és perpendicular a la de propagació.

Q4) Per a mesurar la velocitat d'una bala es fa servir un pèndol balístic. La bala impacta contra un bloc molt més gran que penja del sostre. Després de l'impacte, el conjunt bala-bloc puja fins a una determinada altura.

1. En l'impacte de la bala, es conserva

- a) la quantitat de moviment de la bala.
- b) la quantitat de moviment del bloc.
- c) la quantitat de moviment del conjunt.

2. En el moviment de pujada del conjunt bala-bloc, es conserva

- a) la quantitat de moviment.
- b) l'energia mecànica.
- c) totes dues magnituds.

ANEXO V

El examen de selectividad de Química

Districte Universitari de Catalunya

Proves d'accés a la Universitat

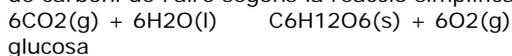
Curs 2006-2007

Química

Sèrie 3

Contesteu les preguntes 1, 2, 3, i la 4 i la 5 d'UNA de les dues opcions (A o B). En cap cas podeu fer un exercici de l'opció A i un altre de l'opció B.

1. A través de la fotosíntesi, els vegetals fabriquen sucres a partir de l'aigua i el diòxid de carboni de l'aire segons la reacció simplificada següent:



glucosa

1.1. Calculeu la H° d'aquesta reacció.

[0,5 punts]

1.2. Calculeu la S° d'aquesta reacció i argumenteu, fent servir criteris termodinàmics, per què és impossible que els vegetals puguin dur a terme la fotosíntesi en condicions estàndard a 25 °C sense una aportació d'energia des d'una font externa.

[0,5 punts]

1.3. La combustió regulada dels sucres és la font d'energia més important en els éssers vius. Calculeu la H° corresponent a la combustió de 25,00 g de glucosa, en condicions estàndard a 25 °C, i raoneu si la combustió de la glucosa serà un procés espontani o no des d'un punt de vista termodinàmic. Expliqueu per què la glucosa no entra en combustió d'una manera espontània.

[1 punt]

DADES: Massa molecular de la glucosa = 180,0.

Temperatura = 25 °C $\text{CO}_2(\text{g})$ $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$ $\text{O}_2(\text{g})$

$H_f^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ -393,5 -285,9 -1274,4

$S_M^\circ / \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 213,7 69,9 212,0 205,1

2. L'àcid acètic és un àcid monopròtic feble que prové de l'oxidació de l'etanol (alcohol etílic) i es troba en el vinagre de vi.

Valorem 15 mL d'una solució d'àcid acètic amb una solució de NaOH 0,860 M,

i la corba de valoració obtinguda és la que es representa en la figura.

2.1. Calculeu la molaritat de la solució d'àcid acètic.

[0,4 punts]

2.2. Observeu la corba, indiqueu el pH de la solució d'àcid acètic i calculeu el Grau d'ionització de l'àcid en aquesta solució.

[0,8 punts]

2.3. Calculeu la constant d'acidesa, K_a , de l'àcid acètic.

[0,8 punts]

3. La síntesi de l'amoniac pel procés de Haber-Bosch ve expressada per la reacció següent:



En un recipient de 2 L i a 400 K es troben en equilibri 0,80 mol d'amoniac, 0,40 mol de nitrogen i 0,50 mol d'hidrogen.

3.1 Calculeu la constant d'equilibri K_c de la reacció a 400 K.

[0,6 punts]

3.2. Establiu la geometria molecular de l'amoniac, raoneu el valor previsible del seu angle d'enllaç i argumenteu, a partir de la polaritat de la molècula, si l'amoniac serà soluble en aigua o no.

[1 punt]

3.3. L'any 1918, donada la importància industrial de l'amoniac, Haber fou guardonat amb el Premi Nobel de Química pel procés de síntesi que du el seu nom. Indiqueu els principals usos i aplicacions industrials de l'amoniac.

[0,4 punts]

DADES: H ($Z = 1$); N ($Z = 7$); O ($Z = 8$).

Opció A

4. Quan es fa l'electròlisi en una solució d'una sal soluble d'un metall divalent, fent passar un corrent de 3,00 A durant cinc hores, es dipositen 18,29 g de metall.

4.1. Calculeu la massa atòmica del metall.

[1 punt]

4.2. Indiqueu el nom de l'elèctrode on es diposita el metall, escriviu la reacció que hi té lloc i raoneu si es tracta d'una oxidació o d'una reducció.

[0,5 punts]

4.3. Tenint present el que representa la constant de Faraday, calculeu, expressant el resultat en coulombs, la càrrega de l'ió divalent del metall.

[0,5 punts]

DADES: Constant de Faraday = $F = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$.

5. Responen a les qüestions següents:

5.1. Escalfem el gas d'un cilindre metàl·lic vertical dotat d'un pistó de 3 kN de pes i el pistó es desplaça 20 cm. Considerant que la calor absorbida pel gas ha estat de 40 J, calculeu la variació d'energia interna del gas.

[0,5 punts]

5.2. Quin significat físic té l'energia interna d'un sistema?

[0,5 punts]

5.3. Què vol dir que l'energia interna és una funció d'estat?

[0,5 punts]

5.4. Es pot determinar l'energia interna d'un sistema? Raoneu la resposta.

[0,5 punts]

Opció B

4. Atesa l'abundància en l'aigua de mar, on majoritàriament es troba en forma de clorur, el magnesi és un element pràcticament inescotable. A la mar Morta, per exemple, amb unes aigües amb un elevat contingut en sals minerals, la concentració de Mg^{2+} és $44,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

4.1. A $25 \text{ }^\circ\text{C}$ anem afegint, gota a gota, a 1 L d'aigua procedent de la mar Morta, una solució concentrada d'hidròxid de sodi fins a arribar a un $\text{pH} = 12,0$.

Considerant que el volum de la solució afegida és negligible, calculeu la molaritat de l'ió Mg^{2+} a aquest pH i la massa d'hidròxid de magnesi que haurà precipitat.

[1,5 punts]

4.2. Expliqueu com podríeu dissoldre, mitjançant procediments químics, un precipitat d'hidròxid de magnesi. Escriviu la reacció corresponent.

[0,5 punts]

DADES: K_{ps} (hidròxid de magnesi, $25 \text{ }^\circ\text{C}$) = $3,4 \cdot 10^{-11}$.

Masses atòmiques: H = 1,0; O = 16,0; Mg = 24,3.

5. Qüestions d'elecció múltiple.

De les quatre qüestions següents, trieu l'ÚNICA resposta que considereu vàlida (no cal justificar-la).

Escriviu les respostes directament en el quadern. Indiqueu el número de la qüestió i, al costat, la lletra que precedeix la resposta que considereu correcta (*a*, *b*,

c o d).

[0,5 punts per cada resposta correcta; -0,17 punts per cada resposta incorrecta. Per les qüestions no contestades no hi haurà cap descompte.]

5.1. En les depilacions amb cera es diu que, encara que estiguin a la mateixa temperatura, les cremades provocades per la cera líquida són més doloroses que les provocades per la cera sòlida. Considerant que la cera de depilació presenta un comportament semblant al d'una substància pura, podem dir que:

- a) l'afirmació no és certa, perquè les dues substàncies estan a la mateixa temperatura.
- b) l'afirmació és certa, perquè la cera líquida és menys densa que la sòlida.
- c) l'afirmació no és certa, perquè els líquids es refreden més ràpidament que els sòlids.
- d) l'afirmació és certa, perquè els processos de solidificació són exotèrmics.

5.2. Considerant la naturalesa dels enllaços intermoleculars que s'estableixen en cada cas, l'ordre de major a menor temperatura d'ebullició dels compostos següents en estat líquid és:

- a) etanol, H₂O, metà, butà.
- b) H₂O, etanol, butà, metà.
- c) metà, H₂O, butà, etanol.
- d) metà, etanol, butà, H₂O.

5.3. Pel que fa a l'energia d'ionització,

- a) augmenta a mesura que augmenta el nombre atòmic de l'element.
- b) disminueix a mesura que augmenta el nombre atòmic de l'element.
- c) en el cas dels metalls alcalins augmenta a mesura que augmenta el nombre atòmic de l'element.
- d) en el cas dels halògens disminueix a mesura que augmenta el nombre atòmic de l'element.

5.4. Indiqueu la resposta **incorrecta** de les afirmacions següents:

Un catalitzador és una substància química que intervé en una reacció

- a) incrementant-ne la velocitat.
- b) rebaixant-ne l'energia d'activació.
- c) rebaixant-ne l'energia de Gibbs.
- d) proporcionant un mecanisme alternatiu perquè la reacció evolucioni de manera més ràpida.

ANEXO VI

EL CURRÍCULUM DE CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre (2007), por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. (BOE nº 266, martes 6 de noviembre 2007). Ministerio de educación y ciencia.

CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, y a lo largo del siglo XX, la humanidad ha adquirido más conocimientos científicos y tecnológicos que en toda su historia anterior. La mayor parte de estos conocimientos han dado lugar a numerosas aplicaciones que se han integrado en la vida de los ciudadanos, quienes las utilizan sin cuestionar, en muchos casos, su base científica, la incidencia en su vida personal o los cambios sociales o medioambientales que se derivan de ellas. Los medios de comunicación presentan de forma casi inmediata los debates científicos y tecnológicos sobre temas actuales. Cuestiones como la ingeniería genética, los nuevos materiales, las fuentes de energía, el cambio climático, los recursos naturales, las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio o la salud son objeto de numerosos artículos e, incluso, de secciones especiales en la prensa. Los ciudadanos del siglo XXI, integrantes de la denominada «sociedad del conocimiento», tienen el derecho y el deber de poseer una formación científica que les permita actuar como ciudadanos autónomos, críticos y responsables. Para ello es necesario poner al alcance de todos los ciudadanos esa cultura científica imprescindible y buscar elementos comunes en el saber que todos deberíamos compartir. El reto para una sociedad democrática es que la ciudadanía tenga conocimientos suficientes para tomar decisiones reflexivas y fundamentadas sobre temas científico-técnicos de incuestionable trascendencia social y poder participar democráticamente en la sociedad para avanzar hacia un futuro sostenible para la humanidad.

Esta materia, común para todo el alumnado, debe contribuir a dar una respuesta adecuada a ese reto, por lo que es fundamental que la aproximación a la misma sea funcional y trate de responder a interrogantes sobre temas de índole científica y tecnológica con gran incidencia social. No se puede limitar a suministrar respuestas, por el contrario ha de aportar los

medios de búsqueda y selección de información, de distinción entre información relevante e irrelevante, de existencia o no de evidencia científica, etc. En definitiva, deberá ofrecer a los estudiantes la posibilidad de aprender a aprender, lo que les será de gran utilidad para su futuro en una sociedad sometida a grandes cambios, fruto de las revoluciones científicotecnológicas y de la transformación de los modos de vida, marcada por intereses y valores particulares a corto plazo, que están provocando graves problemas ambientales y a cuyo tratamiento y resolución pueden contribuir la ciencia y la tecnología. Además, contribuye a la comprensión de la complejidad de los problemas actuales y las formas metodológicas que utiliza la ciencia para abordarlos, el significado de las teorías y modelos como explicaciones humanas a los fenómenos de la naturaleza, la provisionalidad del conocimiento científico y sus límites. Asimismo, ha de incidir en la conciencia de que la ciencia y la tecnología son actividades humanas incluidas en contextos sociales, económicos y éticos que les transmiten su valor cultural. Por otra parte, el enfoque debe huir de una ciencia academicista y formalista, apostando por una ciencia no exenta de rigor. Pero que tenga en cuenta los contextos sociales y el modo en que los problemas afectan a las personas de forma global y local.

Estos principios presiden la selección de los objetivos, contenidos y criterios de evaluación de la materia. Todos estos elementos están dirigidos a tratar de lograr tres grandes finalidades: conocer algunos aspectos de los temas científicos actuales objeto de debate con sus implicaciones pluridisciplinarias y ser consciente de las controversias que suscitan; familiarizarse con algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia y el uso de los procedimientos más comunes que se utilizan para abordar su conocimiento; y adquirir actitudes de curiosidad, antidogmatismo, tolerancia y tendencia a fundamentar las afirmaciones y las refutaciones.

Los contenidos giran alrededor de la información y la comunicación, la necesidad de caminar hacia la sostenibilidad del planeta, la salud como resultado de factores ambientales y responsabilidad personal, los avances de la genética y el origen del universo y de la vida. Todos ellos interesan a los ciudadanos, son objeto de polémica y debate social y pueden ser tratados desde perspectivas distintas, lo que facilita la comprensión de que la ciencia no afecta sólo a los científicos, sino que forma parte del acervo cultural de todos.

Objetivos

La enseñanza de las Ciencias para el mundo contemporáneo en el bachillerato tendrá como objetivo el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Conocer el significado cualitativo de algunos conceptos, leyes y teorías, para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas, que tengan incidencia

en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.

2. Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes.

3. Obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico, utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis y realizar reflexiones fundadas que permitan tomar decisiones fundamentadas y comunicarlas a los demás con coherencia, precisión y claridad.

4. Adquirir un conocimiento coherente y crítico de las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio presentes en su entorno, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.

5. Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud, el medio ambiente, los materiales, las fuentes de energía, el ocio, etc., para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.

6. Poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente, que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales y la inserción social.

7. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural, social y económico en el que se desarrollan.

8. Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.

Contenidos

1. Contenidos comunes:

– Distinción entre las cuestiones que pueden resolverse mediante respuestas basadas en observaciones y datos científicos de aquellas otras que no pueden solucionarse desde la ciencia.

- Búsqueda, comprensión y selección de información científica relevante de diferentes fuentes para dar respuesta a los interrogantes, diferenciando las opiniones de las afirmaciones basadas en datos.
- Análisis de problemas científico-tecnológicos de incidencia e interés social, predicción de su evolución y aplicación del conocimiento en la búsqueda de soluciones a situaciones concretas.
- Disposición a reflexionar científicamente sobre cuestiones de carácter científico y tecnológico para tomar decisiones responsables en contextos personales y sociales.
- Reconocimiento de la contribución del conocimiento científico-tecnológico a la comprensión del mundo, a la mejora de las condiciones de vida de las personas y de los seres vivos en general, a la superación de la obiedad, a la liberación de los prejuicios y a la formación del espíritu crítico.
- Reconocimiento de las limitaciones y errores de la ciencia y la tecnología, de algunas aplicaciones perversas y de su dependencia del contexto social y económico, a partir de hechos actuales y de casos relevantes en la historia de la ciencia y la tecnología.

2. Nuestro lugar en el Universo:

- El origen del Universo. La génesis de los elementos: polvo de estrellas. Exploración del sistema solar.
- La formación de la Tierra y la diferenciación en capas. La tectónica global.
- El origen de la vida. De la síntesis prebiótica a los primeros organismos: principales hipótesis.
- Del fijismo al evolucionismo. La selección natural darwiniana y su explicación genética actual.
- De los homínidos fósiles al Homo sapiens. Los cambios genéticos condicionantes de la especificidad humana.

3. Vivir más, vivir mejor:

- La salud como resultado de los factores genéticos, ambientales y personales. Los estilos de vida saludables.
- Las enfermedades infecciosas y no infecciosas. El uso racional de los medicamentos. Transplantes y solidaridad.
- Los condicionamientos de la investigación médica. Las patentes. La sanidad en los países de nivel de desarrollo bajo.
- La revolución genética. El genoma humano. Las tecnologías del ADN recombinante y la ingeniería genética. Aplicaciones.
- La reproducción asistida. La clonación y sus aplicaciones. Las células madre. La Bioética.

4. Hacia una gestión sostenible del planeta:

- La sobreexplotación de los recursos: aire, agua, suelo, seres vivos y fuentes de energía. El agua como recurso limitado.
- Los impactos: la contaminación, la desertización, el aumento de residuos y la pérdida de biodiversidad. El cambio climático.

– Los riesgos naturales. Las catástrofes más frecuentes. Factores que incrementan los riesgos.

– El problema del crecimiento ilimitado en un planeta limitado. Principios generales de sostenibilidad económica, ecológica y social. Los compromisos internacionales y la responsabilidad ciudadana.

5. Nuevas necesidades, nuevos materiales:

– La humanidad y el uso de los materiales. Localización, producción y consumo de materiales: control de los recursos.

– Algunos materiales naturales. Los metales, riesgos a causa de su corrosión. El papel y el problema de la deforestación.

– El desarrollo científico-tecnológico y la sociedad de consumo: agotamiento de materiales y aparición de nuevas necesidades, desde la medicina a la aeronáutica.

– La respuesta de la ciencia y la tecnología. Nuevos materiales: los polímeros. Nuevas tecnologías: la nanotecnología.

– Análisis medioambiental y energético del uso de los materiales: reducción, reutilización y reciclaje. Basuras.

6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento:

– Procesamiento, almacenamiento e intercambio de la información. El salto de lo analógico a lo digital.

– Tratamiento numérico de la información, de la señal y de la imagen.

– Internet, un mundo interconectado. Compresión y transmisión de la información. Control de la privacidad y protección de datos.

– La revolución tecnológica de la comunicación: ondas, cable, fibra óptica, satélites, ADSL, telefonía móvil, GPS, etc. Repercusiones en la vida cotidiana.

Criterios de evaluación

1. Obtener, seleccionar y valorar informaciones sobre distintos temas científicos y tecnológicos de repercusión social y comunicar conclusiones e ideas en distintos soportes a públicos diversos, utilizando eficazmente las tecnologías de la información y comunicación, para formarse opiniones propias argumentadas.

Se pretende evaluar la capacidad del alumnado para realizar las distintas fases (información, elaboración, presentación) que comprende la formación de una opinión argumentada sobre las consecuencias sociales de temas científico-tecnológicos como investigación médica y enfermedades de mayor incidencia, el control de los recursos, los nuevos materiales y nuevas tecnologías frente al agotamiento de recursos, las catástrofes naturales, la clonación terapéutica y reproductiva, etc., utilizando con eficacia los nuevos recursos tecnológicos y el lenguaje específico apropiado.

2. Analizar algunas aportaciones científico-tecnológicas a diversos problemas que tiene planteados la humanidad, y la importancia del contexto político-social en su puesta en práctica, considerando sus ventajas e inconvenientes desde un punto de vista económico, medioambiental y social.

Se trata de evaluar si el alumnado es capaz de analizar aportaciones realizadas por la ciencia y la tecnología como los medicamentos, la investigación embrionaria, la radioactividad, las

tecnologías energéticas alternativas, las nuevas tecnologías, etc. para buscar soluciones a problemas de salud, de crisis energética, de control de la información, etc., considerando sus ventajas e inconvenientes así como la importancia del contexto social para llevar a la práctica algunas aportaciones, como la accesibilidad de los medicamentos en el Tercer Mundo, los intereses económicos en las fuentes de energía convencionales, el control de la información por los poderes, etc.

3. Realizar estudios sencillos sobre cuestiones sociales con base científico-tecnológica de ámbito local, haciendo predicciones y valorando las posturas individuales o de pequeños colectivos en su posible evolución.

Se pretende evaluar si el alumnado puede llevar a cabo pequeñas investigaciones sobre temas como la incidencia de determinadas enfermedades, el uso de medicamentos y el gasto farmacéutico, el consumo energético o de otros recursos, el tipo de basuras y su reciclaje, los efectos locales del cambio climático, etc., reconociendo las variables implicadas y las acciones que pueden incidir en su modificación y evolución, y valorando la importancia de las acciones individuales y colectivas, como el ahorro, la participación social, etc.

4. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la comprensión y resolución de los problemas de las personas y de su calidad de vida, mediante una metodología basada en la obtención de datos, el razonamiento, la perseverancia y el espíritu crítico, aceptando sus limitaciones y equivocaciones propias de toda actividad humana.

Se pretende conocer si el alumnado ha comprendido la contribución de la ciencia y la tecnología a la explicación y resolución de algunos problemas que preocupan a los ciudadanos relativos a la salud, el medio ambiente, nuestro origen, el acceso a la información, etc., y es capaz de distinguir los rasgos característicos de la investigación científica a la hora de afrontarlos, valorando las cualidades de perseverancia, espíritu crítico y respeto por las pruebas. Asimismo, deben saber identificar algunas limitaciones y aplicaciones inadecuadas debidas al carácter falible de la actividad humana.

5. Identificar los principales problemas ambientales, las causas que los provocan y los factores que los intensifican; predecir sus consecuencias y argumentar sobre la necesidad de una gestión sostenible de la Tierra, siendo conscientes de la importancia de la sensibilización ciudadana para actuar sobre los problemas ambientales locales.

Se trata de evaluar si conocen los principales problemas ambientales, como el agotamiento de los recursos, el incremento de la contaminación, el cambio climático, la desertización, los residuos y la intensificación de las catástrofes; saben establecer relaciones causales con los modelos de desarrollo dominantes, y son capaces de predecir consecuencias y de argumentar sobre la necesidad de aplicar criterios de sostenibilidad y mostrar mayor sensibilidad ciudadana para actuar sobre los problemas ambientales cercanos.

6. Conocer y valorar las aportaciones de la ciencia y la tecnología a la mitigación de los problemas ambientales mediante la búsqueda de nuevos materiales y nuevas tecnologías, en el contexto de un desarrollo sostenible.

Se pretende evaluar si el alumnado conoce los nuevos materiales y las nuevas tecnologías (búsqueda de alternativas a las fuentes de energía convencionales, disminución de la contaminación y de los residuos, lucha contra la desertización y mitigación de catástrofes), valorando las aportaciones de la ciencia y la tecnología en la disminución de los problemas ambientales dentro de los principios de la gestión sostenible de la Tierra.

7. Diferenciar los tipos de enfermedades más frecuentes, identificando algunos indicadores, causas y tratamientos más comunes, valorando la importancia de adoptar medidas preventivas que eviten los contagios, que prioricen los controles periódicos y los estilos de vida saludables, sociales y personales.

Se pretende constatar si el alumnado conoce las enfermedades más frecuentes en nuestra sociedad y sabe diferenciar las infecciosas de las demás, señalando algunos indicadores que las caracterizan y algunos tratamientos generales (fármacos, cirugía, trasplantes, psicoterapia), valorando si es consciente de la incidencia en la salud de los factores ambientales del entorno y de la necesidad de adoptar estilos de vida saludables y prácticas preventivas.

8. Conocer las bases científicas de la manipulación genética y embrionaria, valorar los pros y contras de sus aplicaciones y entender la controversia internacional que han suscitado, siendo capaces de fundamentar la existencia de un Comité de Bioética que defina sus límites en un marco de gestión responsable de la vida humana.

Se trata de constatar si los estudiantes han comprendido y valorado las posibilidades de la manipulación del ADN y de las células embrionarias; conocen las aplicaciones de la ingeniería genética en la producción de fármacos, transgénicos y terapias génicas y entienden las repercusiones de la reproducción asistida, la selección y conservación de embriones y los posibles usos de la clonación. Asimismo, deben ser conscientes del carácter polémico de estas prácticas y ser capaces de fundamentar la necesidad de un organismo internacional que arbitre en los casos que afecten a la dignidad humana.

9. Analizar las sucesivas explicaciones científicas dadas a problemas como el origen de la vida o del universo; haciendo hincapié en la importancia del razonamiento hipotético-deductivo, el valor de las pruebas y la influencia del contexto social, diferenciándolas de las basadas en opiniones o creencias.

Se pretende evaluar si el alumnado puede discernir las explicaciones científicas a problemas fundamentales que se ha planteado la humanidad sobre su origen de aquellas que no lo son; basándose en características del trabajo científico como la existencia de pruebas de evidencia científica frente a las opiniones o creencias. Asimismo, deberá analizar la influencia del contexto social para la aceptación o rechazo de determinadas explicaciones científicas, como el origen físico-químico de la vida o el evolucionismo.

10. Conocer las características básicas, las formas de utilización y las repercusiones individuales y sociales de los últimos instrumentos tecnológicos de información, comunicación, ocio y creación, valorando su incidencia en los hábitos de consumo y en las relaciones sociales.

Se pretende evaluar la capacidad de los alumnos para utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para obtener, generar y transmitir informaciones de tipo diverso, y de apreciar los cambios que las nuevas tecnologías producen en nuestro entorno familiar, profesional, social y de relaciones para actuar como consumidores racionales y críticos valorando las ventajas y limitaciones de su uso.

ANEXO VII

EL CURRÍCULUM DE CIÈNCIES PER AL MÓN CONTEMPORANI DEL DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ DE LA GENERALITAT DE CATALUÑA

Decreto publicado el 29 de julio de 2008, en el Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya nº 5183, páginas 59082 a 59091.

CIÈNCIES PER AL MÓN CONTEMPORANI

Les ciències per al món contemporani són una matèria comuna que s'implanta al currículum del batxillerat en un moment en què s'està instituint un nou paradigma que el sistema educatiu no pot ignorar: la societat de la informació i el coneixement.

Aquesta matèria ha d'afavorir que l'alumnat de batxillerat adquireixi les competències necessàries per comprendre el món actual, tant en els aspectes relacionats amb el seu entorn immediat i vital com en aquells de caràcter global que governen el funcionament de la natura i el sistema social.

Un primer propòsit del currículum ha de ser el reconeixement del caràcter unitari, no compartimentat, de la ciència com un producte de cultura, com una obra col·lectiva del pensament i la imaginació que ens allibera de la ignorància i de la superstició, i com una activitat que fa possible, mitjançant les aplicacions tecnològiques, la satisfacció eficient de les necessitats humanes.

En segon lloc, cal fer comprendre i transferir a les aules, tant com es pugui, la manera de treballar dels científics. Aquest propòsit implica un currículum més fonamentat en les competències que en els continguts pròpiament dits. Aquesta opció exigeix una metodologia orientada cap a la recerca, que implica capacitats com ara descriure, mesurar, representar, argumentar i fer prediccions. En aquest marc, cal rebutjar la falsa atribució de la ciència com a generadora de veritats absolutes i proves irrefutables, presentada en un context sotmès a revisió permanent, a l'avaluació crítica i a la impugnació que la fa distingible de les creences i els mites. Per tot plegat, es tracta que l'alumnat adquireixi hàbits de treball, reflexió i respecte vers les idees d'altri que afavoreixin la seva inserció en la societat de la informació i el coneixement.

El caràcter comú de la matèria demana aplicar de criteris de selecció dels continguts, en funció de la seva rellevància en el context, evitant l'exhaustivitat: D'una banda, cal presentar amb preferència aquelles teories unificadores que qualsevol persona científicament alfabetitzada hauria de comprendre en els seus trets generals, com és el cas dels conceptes Big Bang, evolució, tectònica global, etc. D'una altra, cal cercar la proximitat als interessos vitals i culturals de l'alumnat a l'hora de plantejar temàtiques relatives a la salut, medi ambient, sostenibilitat o tecnologies de la informació i la comunicació.

Cal advertir, però, que el currículum de ciències per al món contemporani no es basa en la repetició o recapitulació dels continguts més importants de les matèries de ciències experimentals que l'alumnat ha cursat a l'ESO, ni s'ha d'entendre com una matèria de caràcter compensatori pensada per a l'alumnat que no opta per matèries de la modalitat de ciències i tecnologia. Ben al contrari, aquesta matèria té un sentit integrador i finalista que pretén ajudar tot l'alumnat de batxillerat a bastir els fonaments necessaris per observar el món amb una mirada científica.

Competències específiques de la matèria

En funció de la vocació integradora de la matèria, les competències específiques de les ciències per al món contemporani s'imbriquen amb les competències genèriques del batxillerat, però es poden distingir tres competències específiques de la matèria, algunes de les quals són compartides amb altres ciències experimentals: la competència en indagació; la competència en la dimensió social i cívica de la ciència i la tecnologia; i la competència en la reflexió sobre la naturalesa de la ciència.

La competència en indagació comprèn tot el conjunt d'operacions que posen l'alumnat en situació d'explorar el món amb eines instrumentals i intel·lectuals definides, i implica capacitats com la de fer-se preguntes amb orientació científica sobre la natura i els fenòmens naturals, la de cercar evidències, la de realitzar inferències consistents amb aquestes i, en íntima relació amb la competència comunicativa, la d'argumentar de manera crítica, racional i lògica. L'educació científica basada en la indagació és un objectiu compartit per diversos sistemes educatius que, tot responenent a la demanda social de crear ciutadans i ciutadanes amb capacitat per gestionar la societat del coneixement, tendeix a substituir la vella escolàstica expositiva. L'assoliment d'aquesta competència, comuna als currículums de les matèries experimentals, ha de ser un dels fils conductors de la matèria.

La competència en la dimensió social i cívica de la ciència i la tecnologia es pot definir com la facultat de comprendre la rellevància social de la ciència i la tecnologia, és a dir, la relació entre el paradigma científic i els models econòmics i culturals d'una època o territori. Implica capacitats com ara resoldre problemes relacionats amb la vida quotidiana dels individus, comprendre el paper de la ciència, per mitjà de la tecnologia, reflexionar sobre les intencions i les conseqüències de les accions humanes, individuals i col·lectives, i considerar els

impactes ambientals i socials d'un determinat model tecnològic, situar el coneixement científic dins el context històric. Suposa, finalment, el respecte degut al medi natural i als éssers vius, dins la consciència de pertinença a l'espècie humana, que implica una participació activa, individualment i col·lectiva, en la preservació i salvaguarda del planeta.

La competència en la reflexió sobre la naturalesa de la ciència implica comprendre que la ciència, després de mil·lennis de desenvolupament, ha procurat d'elaborar teories que expliquin d'una manera simple i unificadora les grans preguntes i promoure la reflexió sobre processos globals que afecten l'espècie humana en diferents contextos (còsmic, planetari i local). Suposa també l'aptitud per identificar i validar la qualitat científica d'un determinat coneixement, contraposat a altres explicacions. Inclou altres capacitats, com reconèixer les fases formals del discurs científic, distingir processos inductius de deductius, especulacions de teories, valorar la coherència formal del discurs científic, reconèixer paradigmes científics, etc. Particularment, se cerca que l'alumnat no faci servir el concepte de teoria en sentit col·loquial (com a sinònim de conjectura, opinió o hipòtesi) sinó en el sentit d'explicacions completes sustentades per evidències i sotmeses a un procés permanent de discussió i revisió. Lluny de formulacions retòriques, cal valorar la rellevància de l'ús apropiat del llenguatge en el discurs científic.

Contribució de la matèria a les competències generals del batxillerat

Les ciències per al món contemporani contribueixen de manera cabdal a les competències genèriques del batxillerat i, de manera especial, a les comunicatives, les referides a la gestió i tractament de la informació, les personals i interpersonals i les del coneixement i interacció amb el món.

Pel que fa les competències comunicatives, el currículum de la matèria preveu la realització d'activitats que impliquin el desenvolupament de capacitats comunicatives que vagin més enllà de la simple eloqüència, com l'argumentació amb premisses clares, coherents i persuasives, l'ús dels símbols i codis lingüístics i matemàtics propis de la comunicació científica, l'elaboració d'eines de suport per a la comprensió del discurs científic (taules, gràfics, esquemes, etc.).

La implementació del currículum de la matèria requereix en moments diversos capacitats relacionades amb la competència en la gestió i tractament de la informació: recerca i selecció d'informació aplicada a l'estudi de casos, contrast de les valoracions fetes a partir de dades fruit de l'observació amb altres fonts, l'accés a bases de dades públiques, com és el cas de les procedents dels organismes internacionals i locals, i la preparació de suports de presentació i comunicació dels resultats.

L'assumpció de la manera de pensar dels científics com a estratègia curricular comporta el desenvolupament de la competència personal i interpersonal, que implica assolir la capacitat de crítica, la d'escoltar i posar-se en el lloc de l'altre, la de valorar la feina dels altres membres del grup, etc.

Finalment, pel seu caràcter integrador i globalitzador, la matèria de les ciències per al món contemporani contribueix significativament a la promoció de la competència en el coneixement i interacció amb el món, per mitjà de les activitats previstes en els diferents apartats en què s'han dividit els continguts, tant des de la dimensió del món físic com des de la dimensió social i cívica, àmbits que s'interrelacionen i complementen.

Estructura dels continguts

Les ciències per al món contemporani es presenten en cinc apartats, que no pressuposen una seqüenciació ni una temporalització, si bé es pretén orientar una programació d'aula coherent: origen i evolució de l'Univers; ciència, salut i estils de vida; desenvolupament humà i desenvolupament sostenible; materials, objectes i tecnologies, i Informació i coneixement.

A l'apartat origen i evolució de l'Univers, es pretén que l'alumnat situï la humanitat dins el context de l'evolució del cosmos, tot reemplaçant la concepció antropocèntrica per una altra visió que considera l'aparició i el desenvolupament de l'espècie humana com una de les possibles històries evolutives. Aquesta aproximació a una percepció objectivada .i, per tant, pretesament científica. de la pròpia espècie es fonamenta en un recorregut per les principals teories que han contribuït a construir el pensament científic modern: la cosmologia heliocèntrica, el Big Bang, la tectònica global i la teoria de l'evolució, entre altres, i que generen models explicatius el tret comú dels quals és resituar l'ésser humà en l'escenari universal. Alhora, se cerca facilitar la capacitat de reconèixer evidències i generar arguments a favor d'una interpretació crítica, racional i, en definitiva, científica, dels fets i processos que tenen lloc a la natura, des de la formació de l'Univers fins a la mateixa evolució humana.

A l'apartat ciència, salut i estils de vida, es fonamenta en l'entorn d'experiència immediat de l'alumnat, tot mirat de fomentar l'aptitud de fer-se preguntes i indagar. En primer lloc, les qüestions relacionades amb el metabolisme i els seus trastorns i amb la salut i la malaltia en general s'estudien partint de la valoració de la pròpia dieta, per passar més endavant a una generalització on es consideren les implicacions sanitàries i socials de determinats estils de vida, amb particular referència als hàbits saludables i a les addiccions. Se suggereix considerar la tipologia de les malalties a partir d'alguns exemples típics de cada grup, per acabar estudiant la infraestructura científica, tecnològica i política que aquesta preocupació social representa per a la salut.

També es pretén en aquest apartat que l'alumnat adquireixi uns fonaments conceptuals sobre genètica i les seves aplicacions, i una disposició al pensament crític en un territori científic que ha generat una gran atenció mediàtica, sovint alimentada per pors i falses creences, però no exempt de riscos i efectes no desitjats que cal considerar. Sense pretendre recapitular o repetir continguts propis d'altres matèries, es parteix d'una introducció a les bases moleculars i fisiològiques dels gens i dels processos relacionats, necessària per abordar els següents apartats, centrats en l'anàlisi de l'impacte de les investigacions genètiques en la millora de la salut i l'alimentació, així com dels riscos identificats i les implicacions bioètiques de la investigació biomèdica i la manipulació genètica.

A l'apartat desenvolupament humà i desenvolupament sostenible, pretén identificar els principals dèficits ambientals i deutes socials generats pel comportament malbaratador de recursos de la humanitat, tot partint de la consideració del medi ambient com un sistema complex, on interaccionen les causes naturals, les accions humanes i fins i tot l'atzar.

L'apartat s'inicia amb una aproximació a la teoria de sistemes com a eina d'investigació i reflexió aplicada al medi ambient. Es reconeixen les principals tensions existents entre la civilització humana i els sistemes naturals, relacionant-les amb el model energètic a la llum dels principis de la termodinàmica. S'incideix, a tall d'exemple, en dos grans efectes on aquesta relació sembla clara: l'escalfament global i la pèrdua de biodiversitat. La segona part d'aquest apartat ofereix una visió històrica sobre la incorporació a la nostra cultura d'una consciència sobre els límits del creixement de caràcter global que genera un nou paradigma: el del desenvolupament sostenible. S'intenten situar els problemes de sostenibilitat a partir de l'estudi de casos, en el marc dels diferents patrons de consum energètic.

A l'apartat materials, objectes i tecnologies, introdueix l'alumnat a la ciència dels materials mitjançant una reflexió sobre el paper d'aquests i les seves aplicacions en l'evolució de les civilitzacions, des de la prehistòria fins a l'actualitat. Els diferents tipus de materials es presenten en el context tecnològic, econòmic i social que n'afavorí la introducció. S'estudien les propietats físiques i químiques dels materials en relació amb els requeriments tècnics en la construcció d'objectes i màquines. S'analitza el possible abast dels avenços de la nanotecnologia en la millora de la salut, el medi ambient o la disponibilitat de recursos. Es valora la versemblança i el grau d'especulació de les prediccions al voltant d'aquestes qüestions. Finalment es relaciona la demanda de materials transformats amb la disponibilitat dels recursos naturals que constitueixen les primeres matèries i la relació entre aquesta disponibilitat i els models de tractament de residus.

Finalment, a l'apartat informació i coneixement, considera les característiques de la recent irrupció de les tecnologies de la informació i la comunicació en tots els àmbits, posant èmfasi en la significació de la possessió d'informació i coneixement en el nou paradigma social i cultural. A més de conèixer-ne els fonaments científics i tecnològics, l'alumnat ha de saber valorar els beneficis de l'accés ràpid i flexible a informació de tota mena, juntament amb els

riscos derivats de la manca de bons filtres de continguts, de la deficiència dels sistemes de protecció de dades o dels conflictes psicològics i socials associats a l'abús d'aquests tipus de recursos.

Connexió amb altres matèries

La matèria de ciències per al món contemporani comparteix alguns temes, instruments i espais de reflexió amb la resta de matèries del currículum, especialment amb algunes matèries comunes, com la filosofia i la ciutadania, la història de la filosofia, les llengües i la història, així com amb diverses matèries de la modalitat d'humanitats i ciències socials, com és el cas de la història contemporània, la geografia, l'economia i les matemàtiques aplicades a les ciències socials, i de la modalitat de ciències i tecnologia, especialment amb la física, la química, la biologia, les ciències de la terra i el medi ambient, la tecnologia industrial i les matemàtiques.

El propòsit integrador i globalitzador fa possible que l'aprenentatge d'aquesta matèria serveixi de marc perquè els aprenentatges assimilats en el conjunt de les disciplines adquireixin sentit i es configuren com una xarxa competencial que permeti a l'alumnat reflexionar sobre el que l'envolta, qüestionar-se el que sap o creu saber, cercar una visió global i integrada dels diferents enfocaments científics sobre la condició humana i desenvolupar, en definitiva, una vida activa i crítica en l'actual context de la societat del coneixement.

Malgrat aquestes connexions, la matèria no constitueix en cap cas una recapitulació o síntesi dels continguts d'altres matèries, que sovint només són utilitzats a títol d'exemple o estudi de cas, ja que, per sobre dels continguts conceptuals, preval la consideració de les interrelacions entre els diferents camps del coneixement en un context científic global.

Consideracions sobre el desenvolupament del currículum

Mentre que en altres matèries adquireix més rellevància el seguiment de seqüències completes d'aprenentatge, en el cas de les ciències per al món contemporani, més que un tractament exhaustiu dels continguts de la matèria. La presentació dels quals té un caràcter obert i orientador, ja que s'han de concretar d'acord amb el context didàctic del centre o de l'aula. S'hauria de donar preferència a aquelles activitats que fomentin el discurs científic i la comprensió del paper de la ciència en la societat. Caldrà doncs seleccionar les temàtiques més rellevants i desenvolupar-les per mitjà d'activitats connectades amb els objectius de la matèria. D'altra banda, en el cas dels alumnes que han optat per cursar les matèries de la modalitat de ciències i tecnologia, caldria aplicar uns criteris de selecció adreçats a evitar la reiteració de conceptes formulats amb més profunditat en els continguts d'algunes d'aquestes matèries.

Igualment, per aquest caràcter integrador de la matèria, en el moment de dissenyar les activitats d'ensenyament i aprenentatge caldrà considerar, les implicacions tecnològiques i socials del treball científic, tant des del punt de vista de la rellevància de la ciència en aspectes de la vida quotidiana de cada persona (salut, alimentació, oci, etc.) com de la seva contribució a la construcció i explicació dels entorns i processos globals que defineixen la natura, la societat i la cultura.

També cal dissenyar activitats que permetin obtenir, calcular i interpretar sèries de dades i gràfiques, manipular de forma ordenada i crítica fonts diverses, formular interrogants i seleccionar evidències en suport de teories, realitzar inferències consistents amb la realitat observada, argumentar a favor o en contra de determinades hipòtesis, així com reconèixer les idees principals d'una explicació científica i diferenciar-la de la que no ho és. Aquests tipus d'activitats poden vehicular-se per mitjà de la realització de petites recerques o projectes d'intervenció en la comunitat, individuals i en grup, però també a través de la preparació i participació en debats.

Aquestes recomanacions han de servir també per a les activitats d'avaluació, que haurien de ser coherents amb l'enfocament dels aprenentatges. Per tant, i seguint els criteris d'avaluació que apareixen més endavant, caldrà mesurar el progrés de l'alumnat a través d'activitats integradores, en què s'hagin de triar els coneixements, les destreses i les actituds

més adients per resoldre-les, en què l'alumnat hagi de construir la seva pròpia resposta, defensar el procés que ha emprat en la resolució i demostrar actituds de rigor, creativitat intel·lectual, cooperació i solidaritat.

Objectius

La matèria de ciències per al món contemporani té com a finalitat el desenvolupament de les capacitats següents:

1. Conèixer les relacions entre les diverses ciències i la seva contribució a la intel·ligibilitat de la natura i dels processos naturals, tot diferenciant entre la ciència com a activitat que genera coneixement i la tecnologia com a activitat destinada a satisfer necessitats.
2. Valorar i posar en pràctica actituds i hàbits relacionats amb el procés d'indagació, construint argumentacions amb l'ús de la simbologia, el vocabulari científic i els suports de comunicació adequats.
3. Plantejar-se preguntes sobre qüestions científiques i problemes d'actualitat socialment rellevants que tinguin incidència en la vida quotidiana, tot valorant de manera crítica la informació procedent de fonts diverses.
4. Conèixer les premisses generals de les principals cosmologies i teories científiques unificadores, el context històric i cultural en què es van formar i les controvèrsies vigents.
5. Reconèixer i avaluar la dimensió social de problemes i propostes científiques i tecnològiques en relació amb la salut, la biotecnologia, el medi ambient, els recursos naturals i les aplicacions de les tecnologies de la informació i la comunicació.
6. Argumentar i debatre sobre la relació entre el desenvolupament sostenible, els patrons de consum i el model energètic, identificant els conflictes associats a les diferents percepcions, estratègies i alternatives proposades per als problemes socioambientals a diferents escales.

Continguts

Origen i evolució de l'Univers i de la vida

Valoració del canvi de paradigma en relació amb la representació de l'Univers: del geocentrisme a l'heliocentrisme. Interpretació dels moviments aparents del cel nocturn. Diferenciació entre ciència i pseudociència en l'explicació del cosmos.

Exposició del Big Bang i l'evolució de la matèria. Coneixement dels instruments i mètodes de prospecció i estudi de l'Univers: dels telescopis als acceleradors de partícules. Valoració de les aportacions de les ciències de l'espai al coneixement de la natura. Comprensió de l'estructura de l'Univers: galàxies, estrelles i planetes.

Contextualització de la Terra dins el sistema solar i dels processos de formació i evolució dels astres. Establiment de relacions entre l'estructura profunda de la Terra, la tectònica global i les seves manifestacions externes. Avaluació, prevenció i predicció de riscos relacionats amb la geodinàmica interna de la Terra.

Discussió de les teories sobre l'origen de la vida. Comparació entre arguments sustentadors de les idees evolutives: fets, teories i evidències. Anàlisi i significació dels fòssils homínids i coneixement dels principals mètodes de datació. Valoració del lloc de l'ésser humà dins la natura en el context de l'evolució.

Ciència, salut i estils de vida

Relació entre requeriments metabòlics i alimentació humana. Valoració dels components de dietes específiques. Consideració de la influència dels hàbits culturals sobre els hàbits d'alimentació. Identificació de mites i errors sobre l'alimentació i les dietes. Coneixement dels efectes sobre la salut de l'ús d'algunes substàncies addictives.

Distinció entre malalties infeccioses i no infeccioses. Identificació i estudi d'alguna malaltia i del seu impacte social. Coneixement i valoració dels hàbits saludables en la prevenció de malalties. Consideració del fenomen de les epidèmies en un context històric i en l'actual.

Coneixement i classificació dels mitjans de diagnòstic (anàlisis clíniques, diagnosi per la imatge) i del tractament (farmacologia, cirurgia, quimioteràpia, l'ús de radiacions i trasplantacions). Valoració positiva de la donació de sang, de teixits i d'òrgans.

Biotecnologia i societat

Sinopsi de les bases moleculars i funcionals de la genètica: àcids nucleics, estructura dels gens, codificació i expressió de la informació genètica. Identificació del genoma com a tret distintiu dels organismes: relació entre els gens i l'evolució. Valoració crítica de les aportacions i aplicacions del projecte Genoma.

Descripció de les principals tècniques i aplicacions de l'enginyeria genètica. Valoració de l'interès social i econòmic dels organismes transgènics i de les tècniques de clonació i valoració dels riscos associats. Anàlisi de les formes d'intervenció de l'ésser humà sobre la diversitat genètica de la biosfera i valoració dels riscos associats.

Identificació d'algunes aplicacions de la biotecnologia a la medicina i de les seves implicacions socials, ètiques i jurídiques. Argumentació sobre les controvèrsies relacionades amb la reproducció assistida, la teràpia gènica i l'ús de cèl·lules mare.

Desenvolupament humà i desenvolupament sostenible

Aplicació de la teoria de sistemes a la interpretació de la natura com a sistema integrat.

Caracterització d'algunes crisis ambientals al llarg de la història. Anàlisi d'algunes interaccions actuals entre l'ésser humà i la natura: tipus d'impactes i valoració de mesures correctores. Debat sobre la relació entre activitat humana, escalfament global i canvi climàtic. Identificació de les causes naturals i antròpiques. Diferenciació entre evidències, teories i possibles escenaris. Aplicació de l'anàlisi de dades i representacions gràfiques a l'estudi de l'evolució del clima. L'aigua com a recurs limitat i limitant. Avaluació del consum d'aigua en diferents societats i activitats. Anàlisi i valoració del tractament de les aigües.

Anàlisi dels patrons de consum d'energia. Càlcul i comparació del consum d'energia en diferents societats. Eficiència en l'ús de combustibles per al transport. El consum i l'estalvi d'energia a la llar. Valoració dels beneficis i limitacions de l'ús de les energies renovables.

Identificació i anàlisi dels impactes de les activitats humanes sobre la biodiversitat. Valoració dels efectes de la introducció d'espècies exògenes en els ecosistemes.

Caracterització de les diferents concepcions del desenvolupament sostenible. Relació entre estratègies de desenvolupament i conflictes socials. Anàlisi d'indicadors. Valoració crítica del paper dels moviments ambientalistas i de les polítiques mediambientals d'àmbit internacional i local.

Materials, objectes i tecnologies

Anàlisi i debat sobre la influència de les revolucions tecnològiques, que comporten innovacions en materials, objectes i serveis, i els canvis socials.

La humanitat i l'ús de materials. Materials naturals i sintètics. Relació entre les propietats físiques i químiques dels materials i les necessitats que satisfan. Classificació dels tipus de materials: ceràmiques, metalls i polímers. Identificació de materials presents en els objectes de la vida quotidiana: usos i riscos.

Reconeixement de la contribució dels nous materials en la creació de nous camps tecnològics: biomaterials i nanomaterials. Discerniment entre realitat i ficció a l'entorn de les nanomàquines i la nanotecnologia.

Establiment de la relació entre materials i recursos. Anàlisi de l'impacte dels hàbits de consum sobre la disponibilitat de recursos a partir dels càlculs sobre el cicle de vida de diversos objectes i materials. Classificació dels tipus de residus i el seu tractament. Valoració de les estratègies d'estalvi, reducció, reciclatge i reutilització de materials.

Informació i coneixement

Classificació funcional de les tecnologies de la informació i la comunicació. Anàlisi de l'evolució del tractament de la informació en suports analògics i digitals: processament, emmagatzematge i intercanvi de dades, tractament de la imatge i realitat virtual.

Descripció dels sistemes de comunicació a distància: tipus de senyals i la seva transmissió al llarg de la història. Anàlisi de l'impacte social de les telecomunicacions. Coneixement dels sistemes i aplicacions actuals de la telecomunicació: telefonia, GPS i teledetecció.

Valoració de les implicacions econòmiques, socials i culturals de les tecnologies de la informació i la comunicació. Caracterització de la societat de la informació i el coneixement. Anàlisi dels impactes d'Internet i de la World Wide Web en la vida quotidiana. Reconeixement de la dimensió ètica i dels riscos associats: la bretxa digital, la privacitat i protecció de dades i la cibercultura.

Connexió amb altres matèries

Biologia

Àcids nucleics. Mutacions.

Evolució.

Biodiversitat.

Salut i malaltia. Cèl·lules mare, clonació i biomedicina.

Balanç fotosíntesi/respiració.

Ecologia i medi ambient.

Ciències de la Terra i del medi ambient

Teoria de sistemes.

Estructura interna de la Terra i tectònica de plaques. Volcans i terratrèmols. Balanç energètic. Avaluació i prevenció de riscos.

Origen i evolució de la Terra. Mètodes de datació. Els temps geològics. Mètodes cartogràfics. Teledetecció.

Atmosfera i hidrosfera: composició, estructura i evolució, dinàmica i balanç energètic. Climatologia i meteorologia. Contaminació atmosfèrica.

Recursos naturals i reserves. El sòls. Els residus.

Gestió ambiental i desenvolupament sostenible.

Física

Espectre electromagnètic. Comportament de la llum.

Treball, energia i potència. Conservació i degradació de l'energia.

Moviments dels astres. Gravitació.

Astrofísica: evolució de l'Univers. El model estàndard.

Química

L'enllaç químic i les forces intermoleculars.

Relació entre estructura, propietats i aplicacions d'alguns materials.

Síntesi química. Valoració de les repercussions en la societat de la indústria farmacèutica.

L'equilibri àcid-base. Les reaccions redox.

El polímers.

Matemàtiques i matemàtiques aplicades a les ciències socials

Notació científica.

Funcions a partir de taules i gràfics. Els models exponencials.

Ús de la calculadora i del full de càlcul.

Probabilitat i estadística. Distribucions. Representacions gràfiques.

Tecnologia industrial

Els materials: classificació, descripció i aplicacions.

Fonts d'energia i recursos energètics.

Processos i tècniques industrials: impactes ambientals.

Procediments de reciclatge de materials.

Educació física

L'activitat física i la salut.

Filosofia i ciutadania

Dimensió biològica i sociocultural de l'ésser humà.

Relació lingüística i simbòlica de l'ésser humà amb el món.

Anàlisi i reflexió crítica sobre alguns conflictes latents i emergents de les societats actuals.

Geografia

Paisatge i acció antròpica.

Recursos i sostenibilitat. L'índex de desenvolupament humà.

Demografia i urbanització.

Economia

Externalitats.

Consumisme.

Globalització.

Pobresa i subdesenvolupament.

Àmbit de llengües

Participació en interaccions orals, escrites i audiovisuals.

Comprensió i producció de discursos orals, escrits i audiovisuals.

Criteris d'avaluació

1. Construir una argumentació completa que fonamenti una interpretació sobre un fet o procés natural formulada amb propietat i claredat, separant la teoria científica de les creences, opinions o interpretacions pseudocientífiques i usant diferents suports de comunicació.

2. Presentar exemples actuals o històrics on la ciència i la tecnologia es relacionin amb l'economia i l'organització d'una societat determinada. Valorar la influència de les teories científiques unificadores en la construcció de la societat moderna.

3. Identificar, a partir de la lectura de diversos textos seleccionats sobre l'evolució o sobre l'origen de la vida, l'adscripció del seu autor/a a diferents camps d'idees, tot reconeixent si l'argumentació és científica, basada en fets i dades observables, o especulativa.

4. Justificar l'adequació d'una dieta amb criteris qualitius (funció energètica, plàstica, reguladora) i quantitius (càlculs de la ingesta calòrica mitjana diària). Valorar la funció de la ciència, la cultura i les modes en l'establiment d'hàbits d'alimentació.

5. Diferenciar algunes de les malalties més freqüents i les seves causes valorant la importància de la prevenció i les possibles tècniques de diagnòstic per identificar-les. Valorar l'impacte dels estils de vida sobre la salut.

6. Identificar i analitzar (causes, processos i conseqüències) a partir de dades i/o gràfics alguns problemes ambientals de diversa escala, separant els agents naturals dels d'origen antròpic, i proposant mesures correctores dins un marc de desenvolupament sostenible. Valorar la contribució dels hàbits individuals o domèstics a l'agudització o mitigació dels problemes d'escala global. Argumentar sobre l'ús i l'explotació de recursos naturals i primeres matèries.

7. Relacionar serveis o objectes d'ús quotidià amb els materials i la tecnologia emprada per fornir-los o construir-los, els principis científics que els inspiren i els impactes generats sobre el medi ambient o els recursos naturals.

8. Reconèixer els canvis generats per les tecnologies de la informació i la comunicació en àmbits científics, polítics, socials i culturals, prenent en consideració els riscos que afecten la vida quotidiana dels individus. Valorar i aplicar alguns hàbits i tècniques que garanteixin la seguretat de les dades i la privacitat de la informació continguda als ordinadors.

9. Conèixer les bases científiques de la manipulació genètica i embrionària, valorar els pros i contres de les seves aplicacions i entendre la controvèrsia internacional que han generat, demostrant capacitat per fonamentar l'existència d'un comitè de bioètica que en defineixi els límits en un marc de gestió responsable de la vida humana.

Es tracta de constatar si els estudiants han comprès i valorat les possibilitats de la manipulació de l'ADN i de les cèl·lules embrionàries; si coneixen les aplicacions de l'enginyeria genètica en la producció de fàrmacs, transgènics i teràpies gèniques, i si entenen les repercussions de la reproducció assistida, la selecció i conservació d'embrions i els possibles usos de la clonació. Així mateix, han de ser conscients del caràcter polèmic d'aquestes pràctiques i ser capaços de fonamentar la necessitat d'un organisme internacional que arbitri en els casos que afecten la dignitat humana.