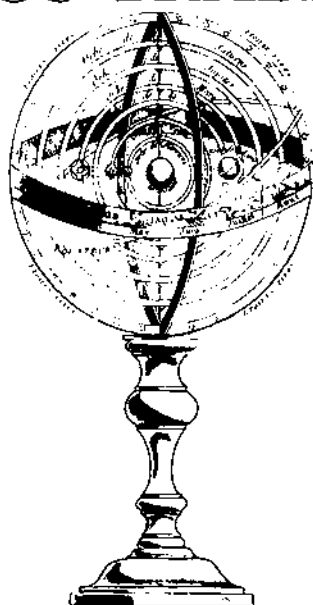


OTROS TRABAJOS



TENDENCIAS ACTUALES EN EL CURRÍCULO DE CIENCIAS *

CAAMAÑO ROS, A.

I.C.E. de la Universitat Politècnica de Catalunya.

(*) El presente artículo fue presentado como ponencia en el II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, celebrado en Valencia del 23 al 25 de septiembre de 1987, con el título provisional: El currículo de física y química: implicaciones de la investigación didáctica.

SUMMARY

This paper shows the present trends in the curriculum of Physics and Chemistry changes and their reasons, pointing out those aspects where a certain level of agreement is reached and the ones where discussion is still open.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es presentar las tendencias actuales en el currículo de física y química en la enseñanza secundaria, prestando especial atención a los cambios que se están produciendo y a los factores que están motivando estos cambios, y destacando aquellos puntos en los que se aprecia un cierto consenso y aquellos otros en los que el debate continúa abierto.

El hilo conductor que vamos a escoger para realizar este análisis se basará por un lado en los *componentes básicos* del currículo (contenidos, objetivos, estructura, estrategias didácticas y evaluación) y por otro en las *dimensiones* a través de las cuales pueda considerarse la enseñanza de las ciencias (conceptual, procesual, actitudinal, contextual y metacientífica). Cada una de

estas dimensiones genera un tipo de objetivos y contenidos, y también una forma de aproximación didáctica y de evaluación diferentes.

Al analizar los factores que están motivando cambios en cada uno de los componentes del currículo de ciencias prestaremos atención a diversas aportaciones: la filosofía de la ciencia, la psicología del aprendizaje, la investigación didáctica y la influencia de los factores sociales.

Por último realizaremos una breve reflexión sobre los procesos de cambio curricular en el área de ciencias y sobre la forma en que este proceso está teniendo lugar en nuestro país dentro del proyecto de reforma de las EE.MM.

2. ¿QUÉ ENTENDEMOS POR CURRÍCULO?

Antes de iniciar este itinerario por el currículo de ciencias, convendría detenemos en precisar que concepción de currículo tomamos como referencia. Existen diferentes visiones que pueden situarse en un espectro (Gimeno Sacristán-Pérez Gómez 1985), en un extremo del cual hallamos una concepción de currículo limitada a los aspectos de contenidos y en el otro extremo, una concepción del currículo que incluye los contenidos, las intenciones educativas, el plan de instrucción e incluso la descripción de lo que realmente ocurre en el aula cuando el currículo se aplica.

La propuesta de César Coll (1986, 1987), desarrollada en el Plan Curricular para la enseñanza obligatoria en Cataluña, considera el currículo como el proyecto educativo que incluye tanto los aspectos curriculares en sentido limitado (objetivos y contenido) como los aspectos instruccionales (relativos a cómo enseñar), distinguiendo entre lo que es el plan o diseño curricular de lo que es su desarrollo o aplicación en las aulas. Ésta será la concepción del currículo que adoptaremos para realizar el análisis que nos hemos propuesto.

Es conveniente destacar la importancia dada en esta concepción curricular a las *actividades de aprendizaje* como punto central del currículo, en total acuerdo con las ideas expresadas por algunos investigadores en el campo de la didáctica de las ciencias (Driver-Oldham 1986).

De acuerdo con Coll la importancia de estas actividades educativas responde a la idea de que hay ciertos aspectos del crecimiento personal, considerados importantes por la sociedad, que no tendrían lugar de forma satisfactoria o no se producirían en absoluto, si no se pusieran en funcionamiento actividades de aprendizaje especialmente pensadas para este fin. Nuestro análisis del currículo de ciencias deberá entonces establecer cuáles son los aspectos específicos con que el área de ciencias experimentales contribuye a formar dentro del currículo global, y que no se encuentran en otras

disciplinas.

La función fundamental del currículo es la de presidir estas actividades de aprendizaje, precisar sus intenciones y proporcionar guías de acción adecuadas y útiles para los profesores. Para cumplir este fin el currículo ha de proporcionar informaciones concretas sobre qué enseñar (los *contenidos*), con qué finalidad (los *objetivos*), cómo enseñar (las *orientaciones didácticas*) y qué, cómo y cuándo evaluar (la *evaluación*).

El término *contenidos* es usado en esta propuesta en una acepción amplia que incluye:

- los *hechos, conceptos y sistemas conceptuales*
- los *procedimientos* (habilidades, destrezas, técnicas, métodos, etc.)
- los *valores, actitudes y normas*

Esta denominación común corresponde a una voluntad de zanjar la discusión sobre la dicotomía contenidos (conceptuales)-métodos, y de resaltar la importancia de los aspectos de actitud como objeto de atención en el currículo.

3. LAS DIMENSIONES DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Se puede considerar que los objetivos y contenidos de la Enseñanza de las Ciencias (E.C.) poseen cinco *dimensiones* fundamentales:

- la dimensión de los contenidos factuales y conceptuales
- la dimensión de los procedimientos, habilidades o procesos
- la dimensión de las actitudes
- la dimensión contextual
- la dimensión metacientífica.

Cada una de estas dimensiones genera una serie de objetivos y de tipos de contenidos. Veamos brevemente algunos de los objetivos que se proponen en la actualidad en relación con cada una de estas dimensiones.

3.1. La dimensión de los contenidos factuales y conceptuales

El objetivo fundamental en esta dimensión es capacitar a los alumnos para comprender un amplio espectro de hechos, conceptos, principios y teorías científicas, consideradas importantes por constituir el cuerpo de conocimiento básico de cada una de las disciplinas científicas.

3.2. La dimensión de los procedimientos o habilidades

Es generalmente aceptado que el conocimiento científico es establecido a través del uso de formas específicas de pensamiento y de actividades prácticas también específicas, así como por la comunicación de ideas y descubrimientos a la comunidad científica. El desarrollo en el alumno de estas habilidades ha constituido un

importante objetivo de la educación científica, en particular desde el espectacular desarrollo curricular de los años 60 y 70.

Es útil subclasificar estas habilidades en:

— *Habilidades prácticas.* Tales como ser capaz de realizar observaciones precisas y sistemáticas, hacer medidas con exactitud, llevar a cabo experimentos con seguridad, etc.

— *Habilidades intelectuales.* Tales como ser capaz de explicar fenómenos a partir de teorías, sacar conclusiones de la experiencia, emitir hipótesis, diseñar experimentos para contrastar hipótesis, resolver problemas, etc.

— *Habilidades de comunicación.* Tales como ser capaz de comprender las instrucciones y explicaciones de otros; comunicar oralmente y por escrito observaciones, investigaciones y conclusiones propias; saber buscar y seleccionar información obtenida a partir de diferentes fuentes.

Es importante notar el creciente interés por incorporar el aprendizaje de las habilidades de comunicación en el área de las ciencias experimentales, como objetivo a compartir con otras áreas del currículo.

3.3. La dimensión de las actitudes

En la dimensión de las actitudes puede ser útil distinguir, siguiendo a Hodson (1985), entre los siguientes tipos de actitud:

— *Actitud sobre la ciencia y sobre su imagen pública.* El disfrute de la ciencia en la escuela debe ayudar a desarrollar en los alumnos actitudes positivas hacia ella, y a capacitarlos para valorar los beneficios prácticos que ocasiona, así como a ser conscientes de sus limitaciones y de los perjuicios que puede ocasionar.

— *Actitud sobre los métodos de la ciencia,* es decir, sobre los procesos de observación, clasificación, inferencia, pensamiento hipotético-deductivo y resolución de problemas, en relación a su posible transferencia a otras áreas de conocimiento.

— *Actitud sobre la actitud científica,* es decir, una disposición a actuar en la forma que se supone que caracteriza la personalidad de los científicos: con perseverancia, creatividad, espíritu abierto, curiosidad, cooperación, etc.

— *Actitud sobre las implicaciones sociales y ambientales de la ciencia.* Por ej., una actitud de responsabilidad sobre el medio ambiente o una actitud de predisposición a contribuir a la discusión pública de los temas científicos.

— *Actitud sobre la enseñanza de las ciencias.* Se supone que los objetivos ligados a los contenidos conceptuales y a las habilidades van a ser alcanzados más fácilmente si los alumnos encuentran la E.C. interesante, de utilidad y satisfactoria.

3.4. La dimensión contextual

Se considera importante que los alumnos sean capaces de desarrollar su comprensión de la ciencia y de los procesos científicos en una serie de contextos diferentes:

— en el contexto de la *ciencia pura*, por la satisfacción que tal comprensión comporta.

— en el contexto de la ciencia como *actividad cultural*, incluyendo los aspectos históricos, filosóficos y sociales de la actividad científica que ayuden a comprender la contribución que la ciencia ha hecho a la sociedad y al mundo de las ideas.

— en el contexto de la *ciencia aplicada*, como actividad encaminada a la resolución de los problemas prácticos de cada día, desarrollando una comprensión de la forma en que la ciencia contribuye al mundo del trabajo, del tiempo libre, de la ciudadanía y a la supervivencia de la humanidad.

Un lema que podría resumir estos diferentes contextos podría ser: ciencia para la mente, ciencia para la acción y ciencia para el ciudadano.

3.5. La dimensión metacientífica

Se trata de objetivos no relacionados directamente con la ciencia misma, sino que corresponden más bien a la filosofía, a la historia y a la sociología de la ciencia. Por ej. el conocimiento de la naturaleza de la ciencia y de los procesos científicos, el desarrollo histórico de la ciencia y de la tecnología, etc.

La primera conclusión que podemos sacar de la lectura de esta serie de objetivos, es que la E.C. es vista actualmente como un área curricular con una serie de objetivos mucho más amplios de los que hasta hace unos años se le exigía (Fensham 1983, Ashman 1985, Gil 1985, Newton 1987).

Listas de objetivos para los contenidos conceptuales, de procedimiento y de actitudes han sido elaboradas en nuestro país por las diferentes Comisiones de Ciencias del Programa de Reforma del M.E.C. y de las diferentes Comunidades Autónomas con competencias de enseñanza (Ministerio de Educación y Ciencia 1985; Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya 1985, 1987; Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía 1987; Conselleria de Cultura, Educació i Ciència de la Generalitat Valenciana 1987; Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco 1987).

Independientemente de la utilidad que estas listas tienen como forma de establecer un primer nivel de concreción del diseño curricular general para el área de ciencias, cabe preguntarse por la utilidad práctica que puedan tener para el profesorado. B. Milner (1986) argumenta que las listas de objetivos pueden ayudar a los profesores a formular su propia filosofía de la E.C. En cualquier caso no cabe duda de que la existencia de tales listas puede ayudar a concienciar al profes-

rado de aquellas dimensiones o aspectos del currículo de ciencias que tradicionalmente se han tenido menos en cuenta.

4. LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS CONTENIDOS DEL CURRÍCULO DE CIENCIAS

¿Cómo decidir cuáles son los contenidos suficientemente importantes para ser incluidos en la educación científica para todos los alumnos? En los últimos tiempos la sobrecarga de los programas ha sido una de las críticas más generalizadas al currículo de ciencias. Si tenemos en cuenta que hasta el momento éste ha estado centrado básicamente en el contexto de la ciencia pura, y que ahora hay una tendencia a favor de ampliar las dimensiones de la enseñanza de las ciencias de donde extraer los contenidos, dando un mayor énfasis a los aspectos tecnológicos, sociales y meta-científicos, entonces, el problema reviste todavía mayor gravedad.

Esta problemática ha sido objeto de estudio de numerosas comisiones y comités en todo el mundo, sobre todo, ligada a la búsqueda de un consenso sobre cuáles han de ser los contenidos del «core» común del área de ciencias para todos los alumnos hasta los 16 años (DES 1982, 1985; Ingle-Jennings 1981; SSCR 1983, 1987; MEC 1985; D.E. de la Generalitat de Catalunya 1985, 1987; D.E.U.I. del Gobierno Vasco 1987; C.E.C. de la Junta de Andalucía 1987; C.C.E.C. de la Generalitat Valenciana 1987).

Coll (1986) plantea la cuestión desde la perspectiva más amplia de cuáles han de ser las *fuentes del currículo*, y apunta tres:

- El *análisis epistemológico* de la estructura interna de las disciplinas, que ha de contribuir a separar los contenidos esenciales de los secundarios.
- El *análisis psicológico*, que aporta información sobre el nivel de dificultad que pueden presentar determinados contenidos, en relación al crecimiento cognoscitivo del alumno.
- El *análisis sociológico*, que permite determinar aquellos contenidos cuya asimilación es necesaria para que el alumno pueda convertirse en un miembro activo de la sociedad.

Las cinco *dimensiones* establecidas para la enseñanza de las ciencias pueden darnos una orientación complementaria, partiendo del supuesto que pretendemos diseñar un *currículo equilibrado*, es decir, un currículo que preste atención a cada una de las dimensiones citadas. Así podemos considerar criterios orientativos:

— *Dimensión conceptual*. Ser los conceptos más importantes desde el punto de vista de la estructura interna de la materia.

— *Dimensión procesual*. Conducir a un desarrollo eficaz de las habilidades prácticas, intelectuales y de comunicación.

— *Dimensión contextual*.

Ciencia pura. Ser fundamental para la ciencia que se estudia.

Ciencia y aplicada. Ser de utilidad para la mayoría de los ciudadanos en su vida, en el trabajo o en el tiempo libre.

Ciencia y sociedad. Contribuir a una adecuada comprensión de aspectos sociales importantes.

— *Dimensión actitudinal*. Provenir de un área de la ciencia que los alumnos en general (o algunos en particular) encuentren particularmente interesante.

— *Dimensión metacientífica*. Ejemplificar la interacción entre ciencia y tecnología, o la solución de una crisis conceptual en la historia de la ciencia.

5. ¿CÓMO ESTRUCTURAR EL CURRÍCULO?

Otra de las preguntas claves en el diseño del currículo es la forma en que éste debe ser estructurado. Existe en general un consenso en que la selección de los contenidos y la forma de estructurarlos ha de conducir en el tramo de la enseñanza obligatoria a un currículo caracterizado por ser:

- *Amplio*. Los contenidos han de provenir de una amplia gama de ciencias (física, química, biología, geología, pero también, astronomía, meteorología, etc.).
- *Equilibrado*. Ha de prestar atención a la vez a los contenidos conceptuales, a los procedimientos y a las actitudes.
- *Relevante*. Ha de dar oportunidad para la aplicación práctica de estos contenidos y para una apreciación crítica de sus implicaciones.

El objetivo de conseguir una E.C. amplia, equilibrada y relevante puede cubrirse mediante diferentes formas de estructurar el currículo, si bien, unas formas permiten alcanzar unos objetivos más fácilmente que otras.

El siguiente cuadro presenta diferentes formas de organizar y estructurar el currículo de ciencias:

énfasis en los contenidos conceptuales	énfasis en los procedimientos
énfasis en la ciencia pura	énfasis en la ciencia aplicada
ciencias separadas	ciencia integrada
asignatura anual	estructura modular
obligatoriedad	opcionalidad

La primera y la segunda de las opciones dicotómicas ponen diferente énfasis en las diferentes dimensiones de la E.C. El carácter equilibrado y relevante que ha de tener el currículo nos previene de una situación extrema en cualquiera de las dos opciones.

En la tercera opción subyace la pregunta sobre la validez de considerar si los conceptos y los procesos de las diferentes ciencias tienen suficientes puntos en común para ser tratados de forma integrada.

Las dos últimas presentan opciones no relacionadas con las dimensiones de la E.C., sino más bien con la organización escolar del currículo.

Analizaremos a continuación las ventajas y desventajas de cada forma de estructuración, y cuáles son los puntos más sometidos a debate.

5.1. ¿Conceptos o procesos?

Sin lugar a dudas éste ha sido uno de los temas más debatidos en las dos últimas décadas, y la discusión, lejos de remitir, aparece en la actualidad de nuevo bajo la perspectiva de la relación que deben mantener entre sí el aprendizaje de unos y otros contenidos. Pero hagamos antes un poco de historia.

Los años 60 y 70 supusieron un periodo de un extraordinario desarrollo curricular (los N.F. en el Reino Unido, el P.S.C.C., el C.B.A., el C.H.E.M. Study, y el Project Physics en U.S.A., etc.) basado en la idea de que las consideraciones sobre la estructura de la ciencia y el método científico habían de jugar un papel fundamental en el nuevo currículo. En este periodo el currículo de ciencias se reorientó desde los contenidos hacia los procesos de la ciencia, en la confianza de que los alumnos podían ser iniciados en la comprensión de lo que es ser científico y pensar científicamente, y que tal orientación proporcionaría una educación superior a las anteriores.

Este movimiento fue debido, por una parte, al deseo de conseguir una mejor preparación de los alumnos que debían proseguir estudios científicos y una mayor motivación por estos estudios, y por otra parte, a las ideas de la psicología del aprendizaje que insistían en la importancia de un aprendizaje activo frente al estilo tradicional de transmisión de conocimientos por exposición del profesor.

Durante este periodo el énfasis en la enseñanza de los procesos científicos condujo en algunos casos a valorar el aprendizaje de estos procesos como la aportación esencial que podía hacer la enseñanza de las ciencias al currículo global, independientemente de los contenidos. Esta fue la filosofía del proyecto americano «Science-A Process Approach» (SAPA) (AAAS 1967) para alumnos de primera, basado en los puntos de vista de la ciencia como proceso, explicitados por Gagné (1965).

El cambio de orientación del currículo de ciencias en

la década de los 80 en lo que respecta a la dicotomía conceptos-procesos ha tenido lugar como consecuencia, por un lado, de una renovación de la concepción epistemológica de lo que es la ciencia (Popper, Khun, Lakatos, Feyerabend), que ha puesto en cuestión su visión inductivista como conocimiento derivado directamente de la experiencia por aplicación de una serie de reglas de inferencia; y por otro, los avances de la psicología cognitiva, y en particular de una forma de entender el aprendizaje que ha recibido el nombre de *constructivismo*, y que ha guiado toda una serie de investigaciones sobre las concepciones previas de los alumnos.

Algunos de los puntos en los que se ha basado la crítica que se ha realizado a la enseñanza de las ciencias enfocada únicamente a los procesos son los siguientes:

a) Desde la perspectiva actual de la filosofía de la ciencia.

— No existe un acuerdo sobre la forma en que se produce el conocimiento científico, es decir, sobre lo que consiste la metodología científica. Algunos filósofos, como Feyerabend, rechazan incluso que exista una serie de reglas metodológicas que gobiernen el proceso de descubrimiento científico, en especial en la fase más creativa, que correspondería a los momentos de ruptura de paradigmas establecidos.

— En este sentido es especialmente interesante la distinción hecha por Hodson (1985) sobre las tres fases desde las que se puede ver la práctica científica en el contexto escolar: una fase creativa, una fase experimental y una fase de análisis y comunicación, y su propuesta sobre una serie de puntos de compromiso entre las diferentes escuelas filosóficas en las que basar la imagen de la ciencia que podemos transmitir a los alumnos.

b) Desde la perspectiva de la psicología cognitiva.

— La apreciación de lo que los alumnos observan, infieren o predicen y la forma en que se aproximan a la resolución de problemas depende de forma crucial de las concepciones o esquemas conceptuales que los alumnos ya poseen en un dominio o contexto particular de la experiencia, lo que pone en cuestión el intento de aprender las habilidades independientemente de los contenidos conceptuales.

— El aprendizaje de las habilidades científicas no se observa que sea transferido fácilmente a otros campos o dominios del conocimiento.

Driver (1987) critica la creencia de que el aprendizaje de los métodos o procesos de la ciencia sea la aportación específica que pueden hacer las ciencias experimentales al currículum global, y afirma que es el aprendizaje de los conceptos lo que caracteriza lo fundamental de la enseñanza de las ciencias. El aprendizaje de los contenidos conceptuales supondría la de los procesos, entendidos éstos como procesos cognitivos y sociales implicados en la construcción del conocimiento.

En este punto es clarificadora la diferenciación que establece Driver entre las diferentes acepciones que pueden darse a la palabra procesos: procesos como métodos usados por los científicos, procesos de aprendizaje y procesos entendidos como métodos didácticos.

Así pues las críticas al inductivismo por parte de los filósofos de la ciencia y las aportaciones del constructivismo han producido una nueva valoración del papel de los conceptos y de las teorías en la enseñanza de las ciencias, si bien esta vez, no con el objetivo de ser transmitidos como conocimientos ya elaborados, sino como factores que condicionan el significado que se da a la experiencia y que constituyen el punto de partida para la construcción de nuevos conocimientos.

Sin embargo, también es cierto que se observa un resurgir de la importancia de los procesos como contenido fundamental de la E.C. Un ejemplo lo constituye el nuevo proyecto inglés Warwick Process Science (Screen 1986), estructurado como el SAPA en base a los procesos, y en nuestro país, la importancia dada a los procedimientos en todos los documentos programáticos de los proyectos de Reforma de las EE.MM.

Este nuevo resurgir de la importancia de los procesos no es ajeno al creciente interés por la evaluación de este tipo de contenidos, que tradicionalmente había sido relegada, como lo muestran las investigaciones sobre las habilidades de los alumnos en el área de ciencias, llevadas a cabo en amplias capas de la población escolar, en países como USA o el Reino Unido (APU, Assessment Performance Unit, 1984), y las investigaciones a escala más reducida realizadas con el objeto de encontrar métodos de evaluación de las habilidades prácticas e intelectuales —TAPS, Techniques for the Assessment of Practical Skills in Foundation Science— (Bryce 1983).

Muchas de estas investigaciones están promovidas por las propias administraciones educativas, por el deseo de encontrar marcos de referencia adecuados para poder realizar la evaluación de las habilidades, cuya adquisición es presentada como un objetivo a cubrir en los proyectos de reforma curricular que se están llevando a cabo, y que hemos citado como una de las condiciones para conseguir un currículo de ciencias equilibrado.

Resumiendo, podríamos decir que existe una tendencia o una opinión mayoritaria en torno a la necesidad de prestar atención tanto a los contenidos conceptuales como a las habilidades, si bien existen divergencias (que abordaremos con mayor profundidad en el apartado de estrategias didácticas) sobre si las actividades de aprendizaje deben ser programadas separada o conjuntamente, es decir, sobre si hay actividades más apropiadas para el aprendizaje de los conceptos, y otras más apropiadas para el aprendizaje de los procesos, o bien, los conceptos deben ser aprendidos a través de los procesos.

5.2. ¿Ciencia pura o ciencia aplicada?

Si como ya hemos dicho la década de los 60 y los 70 se caracterizó por un cambio de paradigma desde una enseñanza de la ciencia entendida como cuerpo establecido de conocimientos a una enseñanza de la ciencia concebida como método de generar y validar dicho conocimiento, en el que todo elemento de ciencia aplicada o de tecnología fue eliminado por irrelevante, la década de los 80 ha visto surgir un movimiento «in crescendo» por la enseñanza acerca de la ciencia, es decir, acerca de sus aspectos prácticos, culturales y sociales.

Todo este movimiento, que se ha caracterizado con las siglas C.T.S. (ciencia-tecnología sociedad), es fruto de un creciente reconocimiento de que el concepto de educación en ciencias debe ampliarse para incluir la relación entre la ciencia y la tecnología y sus implicaciones sociales.

— Su objetivo fundamental es preparar mejor a los alumnos para sus vidas como profesionales y como ciudadanos responsables en una sociedad democrática. Y en este sentido conecta con los objetivos de reforma del currículo de la enseñanza secundaria en orden a que sea útil y relevante para toda la población escolar.

Las razones que aportan los defensores de este movimiento son:

— Los proyectos curriculares de los últimos 20 años han fallado en generar los resultados esperados, en términos de lograr una educación científica de la población en general.

— Muchos estudiantes encuentran la ciencia que se les enseña deshumanizada e irrelevante para sus vidas.

El impacto actual de la ciencia y de la tecnología en la sociedad y en la política de los países hace necesario desarrollar una nueva filosofía curricular para la enseñanza de las ciencias que tome en cuenta las implicaciones sociales de la ciencia y de la tecnología.

Una de las virtudes de la enseñanza de temas C.T.S. es que ofrece ocasiones para practicar un gran número de habilidades de comunicación (discutir, leer, hacer encuestas, redactar informes, escribir cartas, tomar decisiones, etc.), en mucha mayor proporción que los currículos de ciencias actuales. Por otro lado, da oportunidad para que los alumnos puedan aportar diferentes puntos de vista, lo que contribuye a un cambio de actitud positivo en su valoración de la asignatura de ciencias.

El marco referencial curricular en el que abordar la educación C.T.S. no está sin embargo claramente establecido. Ziman (1980) constata este hecho y defiende que en cualquier caso esta educación no debe estar enfocada ni a favor ni en contra de la ciencia y de la tecnología, sino por el contrario debe ser vista como un medio por el cual la diversidad de opiniones, la tolerancia en la controversia, la imperfección de las decisiones y la impredecibilidad de los resultados de muchas

acciones puedan ser ilustrados. McComell (1982) propone una educación C.T.S. basada en la visión de la ciencia y la tecnología como agentes de cambio económico y social, y en un aprendizaje participativo centrado en la detección y formulación de problemas y en su solución (carrera de armamentos, crecimiento de la población, recursos agrícolas, uso de los océanos y del espacio, ingeniería genética, recursos naturales y energéticos, salud pública, etc.).

Penick y Yager (1986) en un análisis de las tendencias en la enseñanza de las ciencias en U.S.A. destacan la educación C.T.S. como el objetivo central sobre el que gravitan muchas de las experiencias innovadoras en las escuelas americanas en la actualidad.

En el Reino Unido diferentes instancias (ASE 1981, 1984, SSCR 1983) han defendido la conveniencia de introducir los aspectos aplicados y sociales de la ciencia en el currículo de ciencias, y se han elaborado una serie de proyectos con esta finalidad, tales como el Science in Society (Lewis 1981), SISCON - Science in a Social Context (Solomon 1983) para alumnos de 16-18 años, y más recientemente el SATIS - Science and Technology in Society (ASE 1986) para alumnos de 12 a 16 años, todos ellos promovidos por la ASE.

A pesar de la gran unanimidad existente sobre la necesidad de introducir contenidos del tipo C.T.S. en el currículo de ciencias, debemos tener presente que ésta es una tarea compleja por diferentes razones:

- Debe clarificarse cuánto conocimiento de ciencia y tecnología, y cuánto conocimiento sobre la sociedad, la política y la economía, es necesario para que los alumnos puedan plantearse temas C.T.S.

- Los contenidos C.T.S. tienen un carácter interdisciplinar, y los centros y los profesores tienen en general dificultades en operar al margen de los sistemas de referencia de sus disciplinas.

- La educación C.T.S. lleva consigo el uso de una serie de estrategias didácticas (discusiones, debates, representaciones, juegos de simulación y de decisión, etc.) muchas de las cuales son nuevas para los profesores de ciencias.

5.3. ¿Ciencias separadas o ciencia integrada?

Los defensores de la ciencia integrada argumentan que este enfoque explicita más claramente lo que es común a todas las ciencias, y permite una comprensión más global de los fenómenos naturales. De acuerdo con Guerra Sanz (1984) pueden diferenciarse cuatro aproximaciones o fundamentaciones de la orientación integrada de la E.C.

- *El principio de la unidad del universo.* El universo se comporta como una unidad en lo que se refiere a sus leyes.

- *La unidad conceptual de la ciencia.* Las ciencias se caracterizan por unas estructuras conceptuales comu-

nes. Este es el principio que subyace en el proyecto británico SCISP (1973), estructurado en base a tres conceptos jerárquicos: los bloques constructores del universo (desde las partículas subatómicas a los planetas), las interacciones y la energía, y en el proyecto americano SCIS.

- *La unidad del método científico.* Las ciencias experimentales comparten una metodología en común (por ej. los procesos de observación, clasificación, formulación de hipótesis, contrastación de las hipótesis a través de la experimentación, etc.). Este es el principio que subyace en un proyecto como el SAPA (AAAS 1967).

- *Forma de estudio interdisciplinar.* En esta aproximación se ve la ciencia integrada como una forma de estudio interdisciplinar entre las diferentes ciencias para abordar la resolución de problemas reales que no caen exactamente en el dominio de ninguna de ellas.

Sin embargo, varias de estas fundamentaciones han sido sometidas a crítica:

Así, el principio filosófico de la unidad del universo puede llevar a un reduccionismo (Black 1986) en el que se jerarquizan las ciencias, de tal modo que la química se pretende deducir de los principios de la física, y las características de los organismos vivos se intentan explicar como complejos sistemas físico-químicos.

En lo que respecta a la unidad de conceptos y métodos de la ciencia hay una amplia corriente de opinión (Hodson 1985), que considera que los conceptos cambian sus significados en relación a los papeles que juegan en las diferentes teorías (no es lo mismo la visión del átomo o el electrón de un físico o de un químico), y que de hecho no existe un método científico independiente de los contenidos, de tal forma que las ciencias utilizan diferentes teorías y emplean diferentes procedimientos de investigación.

El enfoque de la ciencia integrada como forma de estudio interdisciplinar no requiere en principio estar basado en argumentos epistemológicos, y existe en cierto modo un mayor consenso sobre su uso.

La posición más generalizada sobre la ciencia integrada es la de considerarla un enfoque de la enseñanza de las ciencias fundamentalmente adecuado a nivel de enseñanza primaria y en los primeros cursos de secundaria (12-13 años), en los que los fenómenos investigados y las estructuras conceptuales necesarias son relativamente simples. A medida que se avanza en los cursos de secundaria parece preferible respetar la forma especializada y propia de ver los fenómenos de cada ciencia, es decir, respetar la estructura interna de cada ciencia, asegurando eso sí, la debida coordinación entre ellas, y sin que ello signifique que no se den oportunidades a los alumnos para abordar problemas reales, utilizando de forma interdisciplinar los conceptos y procedimientos de las diferentes ciencias.

En España tenemos un enfoque de ciencia combinada, bajo la denominación de «ciencias de la naturaleza» en el Ciclo Superior de la Enseñanza General Básica, materias separadas en los cursos de Bachillerato, y una tendencia a la globalización de las ciencias en la Formación Profesional de 1er. grado. En la actual fase de experimentación de la Reforma de EEMM, sólo una pequeña parte de los centros experimentales han optado por seguir una orientación de ciencia integrada.

5.4. ¿Asignaturas o módulos?

La estructura tradicional de las disciplinas en la enseñanza secundaria ha sido la de asignaturas anuales. Con esta estructura una o varias disciplinas son enseñadas bajo un mismo título, un único contexto —generalmente, el de ciencia pura— y muchas veces con un mismo estilo de enseñanza.

La alternativa a esta forma de organizar el currículo es la de dotarlo de una estructura modular. Cada uno de los módulos tiene una duración inferior al año escolar, que puede ser trimestral, y unos contenidos que abarcan un área conceptual de una disciplina, o bien un área interdisciplinar.

Las ventajas que presenta una estructura modular son las siguientes:

- Permite ofrecer un conjunto de módulos que aborden la enseñanza de las ciencias en diferentes contextos (ciencia pura, ciencia aplicada, ciencia y sociedad, etc.), y en consecuencia, adaptarse mejor a la diversidad de intereses y capacidades de los alumnos.

- Favorece la introducción de la opcionalidad en el currículo.

- Permite a alumnos y profesores concentrarse más en la temática que se estudia, y realizar la evaluación sobre unidades independientes más cortas.

- Facilita la recuperación durante el curso, de los alumnos con más dificultades.

El mayor problema que puede presentar este tipo de estructuración es el de conducir a una cierta fragmentación del currículo, especialmente, si como es habitual se presenta asociado a la opcionalidad. Sin embargo, siempre es posible en tal caso paliar este efecto ofreciendo un conjunto de módulos como obligatorios.

Varios proyectos ingleses han adoptado esta forma de estructuración modular (por ej. el Nuffield 13-16). En Cataluña el proyecto de Reforma de las EEMM de la Generalitat ha adoptado esta estructura para todas las áreas del currículo.

5.5. ¿Obligatoriedad u opcionalidad?

Entre la obligatoriedad total de las asignaturas del currículo de ciencias, como es el caso de Inglaterra a partir de los 14 años, hasta la adopción del General Certificate of Secondary Education y el National Criteria

(1985) existe actualmente la tendencia a definir un núcleo o «core» común de ciencias obligatorio para todos los alumnos, que ocupe un determinado porcentaje del currículo global, y dejar libertad de elección en el resto del currículo de ciencias a los centros, profesores y alumnos. Existe también una opinión generalizada de que esta opcionalidad ha de ir aumentando progresivamente desde los primeros cursos hasta los últimos de la educación secundaria (12-16).

Es evidente que la estructura modular, aunque no sea la única forma posible, permite adoptar fácilmente una solución intermedia entre la obligatoriedad y la opcionalidad, al poder proponerse una serie de módulos como el *core* común obligatorio que englobe aquel conjunto de contenidos (conceptos, habilidades y actitudes) que se consideran los más importantes en relación con los objetivos del área de las ciencias experimentales en la enseñanza secundaria obligatoria.

El mayor problema es sin lugar a dudas decidir cuáles son los contenidos que deben formar parte del *core* común. Este aspecto ha sido ya tratado en el apartado 4. En el proceso de Reforma de las EEMM en nuestro país, y particularmente en Cataluña, dada su propuesta curricular modular, este problema revistió especial gravedad en su inicio al centrarse la discusión en el marco de un ciclo de sólo 2 años de duración (1er. ciclo de enseñanza secundaria, 14-16).

6. LAS ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Las investigaciones sobre los esquemas conceptuales de los alumnos en el marco de la teoría constructivista del aprendizaje han dado lugar a la emergencia de una nueva concepción de la enseñanza de las ciencias, que cifra su objetivo principal en conseguir el cambio conceptual en los alumnos. Diversos autores han propuesto modelos o estrategias de aprendizaje que implican una serie de etapas. Así, Posner y sus colaboradores (1982) proponen las siguientes:

- 1.º Detectar la existencia de las ideas intuitivas de los alumnos.
- 2.º Proporcionar un número suficiente de anomalías.
- 3.º Proponer analogías y modelos adecuados.
- 4.º Desarrollar técnicas de evaluación que permitan seguir el cambio conceptual.

Nussbaum y Novick (1981) establecen estas otras:

- 1º Exposición de las concepciones alternativas de los alumnos, para que se hagan conscientes de ellas.
- 2º Creación de un conflicto conceptual mediante la atención a sucesos discrepantes.
- 3º Facilitar la acomodación cognitiva.

Driver (1986) las expresa del siguiente modo:

- 1º Identificación y clasificación de las ideas que poseen los alumnos.
- 2º Puesta en cuestión de las ideas de los estudiantes a través de contraejemplos.

- 3° Invención o introducción de nuevos conceptos.
- 4° Proporcionar oportunidades para que los alumnos usen las nuevas ideas en un amplio abanico de situaciones.

Una corriente didáctica va más allá y propugna un cierto paralelismo entre el desarrollo conceptual del alumno y la evolución histórica de las concepciones científicas. Según este punto de vista el aprendizaje significativo de las ciencias sería visto como una actividad semejante a la investigación científica, cuyo resultado —el cambio conceptual— podría considerarse equivalente a los cambios de paradigmas científicos.

Gil y Carrascosa (1984) han sugerido que la dificultad de una correcta adquisición de los conocimientos científicos residiría no tanto en la existencia de esquemas conceptuales alternativos sino en la metodología de la superficialidad que está en su origen (tendencia a generalizar acríticamente en base a observaciones cualitativas no controladas), y han propuesto un nuevo modelo didáctico que debería enfocar el aprendizaje no sólo como cambio conceptual, sino como cambio conceptual y metodológico.

Se trata de una defensa del método del descubrimiento orientado, en el que se propone el aprendizaje de los conceptos mediante un proceso de redescubrimiento llevado a cabo gracias al aprendizaje y uso de la metodología científica, bien alejado del ingenuo carácter inductivista con que este proceso fue aplicado en sus orígenes.

Otros autores (Ausubel 1968, Novack 1977) consideran imposible llevar a cabo la estrategia anterior, ya que según ellos el trabajo científico requiere unas habilidades intelectuales y una dosis de creatividad que son ajenas a la mayor parte de los alumnos adolescentes. Por lo que proponen exponer a los alumnos a los núcleos conceptuales básicos de las ciencias, pero no de un modo pasivo, sino induciendo en el alumno un aprendizaje significativo.

Hodson (1985) pone también en cuestión el interés del aprendizaje como descubrimiento. Así afirma que es absurdo sugerir que objetivos bastante distintos como son la comprensión de los procedimientos de la ciencia y la adquisición de conocimientos científicos requieran que el estudiante sea puesto en situación de aprender el contenido a través del método. En su opinión tales cursos propagan una visión de método científico demasiado simplista y conduce a pensar que las teorías son simples conjeturas que los alumnos pueden elaborar después de breves periodos de trabajo de laboratorio y que pueden ser contrastadas fácilmente, aceptándose o rechazándose en base a experimentos aislados.

Pozo (1987) ha propuesto una estrategia de compromiso, que consistiría en diseñar situaciones didácticas que conjugasen la resolución de problemas con la recepción de conocimientos científicos que ayudasen a

solucionar estos problemas, siempre que los alumnos no fueran capaces de generarlos por sí mismos.

El debate es pues amplio, aunque puede ser más formal que real en algunas ocasiones. Las técnicas o estrategias didácticas que se han apuntado inicialmente para ayudar a la construcción de los conceptos: la explicitación de las ideas de los alumnos, la discusión en pequeños grupos, las intervenciones del profesor aportando ideas, la revisión y comparación de las nuevas ideas con las antiguas, la aplicación de estas nuevas ideas a contextos diversos, etc. son un conjunto de orientaciones centradas en el alumno en el contexto del aula, que pueden ser vistas o no como una aplicación de la metodología que usan los científicos, pero que en cualquier caso suponen una concepción del aprendizaje como construcción de conocimientos que concede al alumno el papel de protagonista fundamental, en interacción con los demás estudiantes y el profesor.

Por otro lado, la exigencia de ampliar los objetivos y contenidos de la E.C. para atender a sus dimensiones contextual y metacientífica implican el uso de otros métodos o estrategias didácticas. Así por ejemplo la enseñanza de los aspectos tecnológicos y sociales de la ciencia implica realizar actividades como: debates, representación de roles por parte de los alumnos, juegos de simulación, resolución de problemas abiertos, trabajos prácticos para encontrar soluciones a problemas de la vida real, etc., que son actividades que sobrepasan el marco de las actividades características de la metodología científica.

7. LA EVALUACIÓN

En lo que respecta a la evaluación en ciencias se observa una tendencia a valorar la evaluación formativa y la evaluación en relación a criterios, y a investigar nuevas formas de evaluación de los procedimientos —habilidades prácticas e intelectuales— y de las actitudes (Bryce-Robertson 1985, Swain 1985, Kempa 1985, Fairbrother 1986a, Johnson 1987). Una serie de proyectos sobre la evaluación de los procedimientos han sido llevados a cabo, por ej. el APU (1984), en base a una serie de categorías: uso de representaciones simbólicas, uso de aparatos e instrumentos de medida, capacidad de observación, interpretación y aplicación; y diseño y realización de investigaciones. O bien el TAPS (Techniques for the Assessment of Practical Skills in Foundation Science) (Bryce et al. 1983).

En relación con la evaluación de las habilidades hay que citar la gran cantidad de investigación que se está realizando en torno a la evaluación de los trabajos prácticos (Farmer-Frazer 1985, Fairbrother 1986b, Alberts et al. 1986).

8. LOS PROCESOS DE CAMBIO DE CURRÍCULO

R. West, ex-director del Secondary Science Curriculum Review (SSCR) en el Reino Unido, ha caracterizado tres estrategias de cambio curricular en ciencias, en su país en las últimas décadas (West 1984):

— En la década de los 60, un modelo de investigación, diseño y difusión del currículo que actuó desde el centro hacia la periferia, guiado por un equipo de expertos, y con una experimentación muy controlada (por ej. el proyecto Nuffield). Estos proyectos estaban pensados para enfrentarse a cambios fundamentalmente académicos y eran adecuados sólo para escuelas con alumnos de gran capacidad.

— En la década de los 70, los Consejos de escuelas inglesas y la A.S.E. comienzan a utilizar modelos locales de cambio curricular —de la periferia al centro— (Ejs. de estos proyectos serían el LAMP, Science at work, etc.). Respondían a iniciativas percibidas y articuladas localmente. Su mayor debilidad consistía en su falta de capacidad de generalización.

— En la década de los 80, aparece el proyecto SSCR (primer proyecto nacional que cubre Inglaterra, País de Gales e Irlanda del Norte) y que se dirige a todos los alumnos de 11 a 16 años. El modelo se basa en una participación activa de los profesores que trabajan como realizadores del currículo en vez de actuar únicamente como receptores del mismo. Participan también una amplia gama de entidades y organizaciones ajenas a la enseñanza a través de un proceso activo de consultas con el objetivo de crear un clima de aceptación de sus objetivos.

En España las corrientes innovadoras procedentes de Inglaterra y Estados Unidos de los años 60 se difundieron con un considerable retraso y produjeron en la década de los 70 y principios de los 80 un movimiento de renovación, si bien en grupos aislados, basado fundamentalmente en la valoración de los procesos científicos como forma de llegar a establecer los conceptos, con una orientación claramente inductivista, como ya ha sido resaltado anteriormente. La aparición en 1983 de la revista *Enseñanza de las Ciencias* ha supuesto un excelente medio de difusión e intercambio de experiencias e investigaciones didácticas. Pero evidentemente el factor que está obligando a una revisión a fondo del currículo ha sido el proyecto político de extensión de la enseñanza obligatoria hasta los 16 años y la experimentación del proyecto de reforma de las enseñanzas no universitarias en curso.

¿Cuál es la orientación con que se está llevando a cabo en España este proceso de experimentación del proyecto de reforma curricular en lo que respecta al área de ciencias experimentales? Daré una visión desde la perspectiva de la Reforma en Cataluña, en la que he participado, e intentaré resaltar algunas diferencias que pueden observarse con respecto al M.E.C. o con res-

pecto a otras Comunidades Autónomas.

En Cataluña se ha optado por un diseño curricular experimental basado en una estructura modular con un importante grado de opcionalidad. Cuando la reforma de la enseñanza secundaria se planteaba a través de dos ciclos: 14-16 y 17-18, al área de ciencias en el ciclo 14-16 (ciclo terminal de la enseñanza obligatoria) se le otorgaron tres módulos trimestrales para constituir el «core común» a todos los alumnos. El dilema fue evidente: ¿cómo decidir los contenidos básicos de esta estrecha franja del currículo obligatorio de ciencias que estuvieran en concordancia con los objetivos terminales del área para los 16 años, sin posibilidad de un enfoque conjunto con el desarrollo curricular previsto de los 12 a los 14 años?

Se escogieron tres núcleos fundamentales por su carácter globalizador: el medio natural (vegetación y relieve), la energía y los materiales, en los que es fácil adivinar una relación más o menos estrecha con las disciplinas: ciencias naturales, física y química; si bien, el grado de integración de estas materias en cada uno de los núcleos temáticos propuestos quedaba abierto, a criterio de los centros experimentadores. Sin embargo, el verdadero problema de fondo fue cómo escoger la orientación de estos módulos comunes. ¿Habían de ser los contenidos obligatorios los que proporcionarían la estructura conceptual y metodológica básica de cada disciplina, y dejar los contenidos relacionados con las dimensiones contextual y metacientífica de la E.C. (ciencia aplicada, ciencia en relación al medio ambiente, ciencia como actividad cultural, implicaciones sociales de la ciencia, etc.) para los módulos optativos? ¿O eran precisamente estos últimos aspectos los que más habían de interesar al conjunto de la población escolar, y en especial a aquellos alumnos que no iban a proseguir estudios de ciencias?

El dilema era difícilmente resoluble planteado sobre un ciclo terminal de únicamente dos años de duración. La propuesta de considerar como enseñanza secundaria el periodo de 12 a 16 años, como es usual en el resto de países de Europa, ha permitido replantearse la cuestión con menos virulencia, aunque la cuestión fundamental continúa siendo la misma. ¿Cómo conjugar la búsqueda de un currículo equilibrado, respecto a las cinco dimensiones de la E.C., con una estructura de opcionalidad, que al restringir la extensión del currículo obligatorio, limita la capacidad de atender a la diversidad de dimensiones? Y si, con resignación, aceptamos que el carácter equilibrado del currículo de ciencias sólo se establezca en el conjunto de los módulos, obligatorios y opcionales, ¿cuáles han de ser las dimensiones de la E.C. que deben priorizarse como objetivos y contenidos de la parte obligatoria?

En el resto de España el proyecto de reforma de las EEMM ha adoptado la estructura de asignaturas anuales (lo que ha producido un mantenimiento de la estructura separada entre las asignaturas de física y quí-

mica y ciencias naturales), y ha dado menor importancia a la opcionalidad. En sus inicios el cambio curricular se centró fundamentalmente en potenciar los aspectos metodológicos, es decir, en favorecer una enseñanza activa frente a la tradicional. Sin embargo, se echa en falta una reconsideración de los contenidos impartidos a la luz de las cinco dimensiones establecidas para la E.C. En muchos de los documentos publicados aparece la programación tradicional de la asignatura de física y química, basada en la estructura lógica de la disciplina, con ligeros retoques, a excepción de algunos intentos de abordar el currículo de ciencias desde la perspectiva de la ciencia integrada.

La forma en que el proceso de experimentación se ha llevado a cabo ha sido similar en todo el Estado. En Cataluña, definido el marco general del nuevo diseño curricular, un equipo de expertos del área de las ciencias experimentales definía los objetivos terminales y los núcleos de contenidos fundamentales, y daba una serie de orientaciones didácticas. Simultáneamente la experimentación comenzaba en una serie de centros, siendo los profesores de estos centros los responsables de concretar el diseño curricular a nivel de la secuenciación de los contenidos y de la elección de las actividades. Los módulos obligatorios fueron escogidos por el equipo de expertos y se dieron sugerencias sobre algunos módulos opcionales que se consideraba de interés que todos los centros ofrecieran a los alumnos. El equipo de expertos ha actuado como equipo asesor a lo largo de la experimentación, proporcionando materiales didácticos a título de ejemplos de programación, y realizando una labor de coordinación.

El proceso de experimentación se ha ampliado hace dos años a los Bachilleratos (ciclo de enseñanza secundaria no obligatoria de 2 años de duración), en los que aparecen asignaturas de ciencias en el llamado bachillerato científico y en el bachillerato técnico-industrial, así como una asignatura optativa de Historia de la ciencia y de la técnica. Y se espera para este año la aprobación de la Ley de Ordenación del Sistema Educativo, que fijará de forma definitiva el marco general de las enseñanzas no universitarias.

Sin embargo, la forma en que el proyecto de reforma de las EEMM se está llevando a cabo no ha dado lugar a una implicación activa del conjunto del profesorado de ciencias en un proceso de reflexión sobre los cambios curriculares que este proyecto supone. Baste notar, a título de ejemplo, la práctica ausencia de esta temática en los artículos publicados en *Enseñanza de las Ciencias*. Sería preciso la promoción de un *proyecto de revisión del currículo de ciencias* que involucrara a todo el profesorado (y no únicamente al de los centros experimentales) y a una amplia gama de organizaciones y entidades ajenas a la enseñanza, con objeto de redefinir los objetivos de la enseñanza de las ciencias, establecer criterios de selección de los contenidos e investigar las estrategias didácticas a través de las cuales todos los jóvenes puedan aprender los conceptos, los

procedimientos y las actitudes propias de las ciencias experimentales, de acuerdo con sus capacidades e intereses.

9. CONCLUSIONES

En resumen podemos destacar los siguientes aspectos en las tendencias actuales del currículo de física y química:

- Un creciente reconocimiento de que los objetivos de la E.C. deben ampliarse para que los alumnos tengan la oportunidad de desarrollar su comprensión de la ciencia en una serie de contextos diferentes: ciencia pura, ciencia aplicada y ciencia como actividad cultural, incluyendo sus aspectos históricos, filosóficos y sociales.
- Un consenso sobre el hecho de estructurar la E.C. de modo que conduzca a un currículo amplio (en cuanto a las diferentes disciplinas de las que obtiene sus contenidos), equilibrado y relevante.
- Una nueva valoración del papel de los conceptos y de las teorías en la E.C., como factores que condicionan el significado que se da a la experiencia, y que constituyen el punto de partida para la construcción de nuevos conocimientos.
- Una renovada atención a los procedimientos y a las habilidades desde una perspectiva integrada con los contenidos conceptuales.
- Una valoración de la ciencia integrada como forma de estudio interdisciplinar, sobre todo en los primeros cursos de secundaria, y en general, como un enfoque que permite dar a los alumnos oportunidad de abordar problemas reales utilizando de forma interdisciplinar los conceptos y procedimientos propios de cada ciencia.
- Una apreciación de las ventajas que puede ofrecer una estructura modular de los cursos de ciencias, entre las que se cuenta el hecho de favorecer una mayor opcionalidad y por tanto, una mejor adaptación a la diversidad de intereses y capacidades de los alumnos.
- Una nueva concepción de la E.C. que ve el aprendizaje de las ciencias como un proceso de construcción del conocimiento por parte del alumno, en interacción con los demás estudiantes y el profesor, proceso que implica una constante sucesión de cambios conceptuales.
- El desarrollo de una serie de estrategias didácticas encaminadas a conseguir este proceso de cambio conceptual y a dar oportunidad a los alumnos para que usen las nuevas ideas en un amplio abanico de situaciones.
- Una valoración de la evaluación formativa, y un interés por encontrar formas de evaluación de los procedimientos en relación a criterios.

• Una situación de cambio curricular en el área de ciencias caracterizado por estar inmerso y potenciado por procesos más amplios de reforma de la enseñanza, y en el caso de nuestro país, en un marco de extensión de la enseñanza obligatoria, y por tanto en una filosofía de enseñanza científica útil y relevante para toda

la población.

• Una visión del cambio curricular que ve la participación de los profesores actuando como realizadores del currículo, en vez de ser únicamente receptores del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.A.A.S. (American Association for the Advancement of Science), 1967, *Science - A Process Approach*. (AAAS: Washington).
- ALBERTS, R.V.J., Van BENZEKOM, P.J., DE ROO, I., 1986, The assessment of practical work: A choice of options, *European Journal of Science Education*, 3, 4, p. 361-369.
- A.P.U. (Assessment of Performance Unit), 1984, *Science Report for teachers: 2. Science Assessment framework. Age 13 and 15*. (A.S.E.: Hatfield).
- A.S.E. (Association for Science Education), 1981, *Education through science. A Policy Statement*. (A.S.E.: Hatfield).
- A.S.E., 1984, *Rethinking science? Teaching science in its social context*. (ASE: Hatfield).
- A.S.E., 1986, *S.A.T.I.S. (Science and Technology)*. (ASE: Hatfield).
- ASHMAN, A., 1985, Chemistry in schools - past, present and future, *School Science Review*, part I: 66, 237, p. 696-704; part II: 67, 239, pp. 277-284.
- AUSUBEL, D.P., 1968, *Educational Psychology. A cognitive view* (Holt-Rinehart-Winston: New York). Existe traducción: 1985, *Psicología Educativa* (Trillas: México).
- BLACK, P., 1986, Integrated or coordinated science, *School Science Review*, 67, 241, pp. 669-681.
- BRYCE, T.G.K. et al., 1983, *Techniques for the Assessment of Practical Skills in Foundation Science (T.A.P.S.)* (Heinemann: London).
- BRYCE, T.G.K., ROBERTSON, I.K., 1985, What can they do? A review of practical assessment in science, *Studies in Science Education*, 12, pp. 1-24.
- COLL, C., 1987, *Psicología y currículum*. (Laia: Barcelona).
- COLL, C. y col., 1986, *Marc curricular per a l'ensenyament obligatori*, Recerca Educativa-2, (Departament d'Ensenyament, Generalitat de Catalunya: Barcelona).
- CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. JUNTA DE ANDALUCÍA, 1987, *La reforma de las enseñanzas medias en Andalucía. Ciencias de la Naturaleza*. (Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía: Sevilla).
- CONSELLERIA DE CULTURA, EDUCACIÓ I CIÈNCIA. GENERALITAT VALENCIANA, 1987, *Física y Química. Propuesta para un nuevo currículum*. (Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Generalitat Valenciana: Valencia).
- DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, 1985, *Experimentació del 1er. Cicle d'Ensenyament Secundari*, Vol. II (Àrea d'Entorn Físic, pp. 117-135). (Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya: Barcelona).
- DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, 1987, Desplegament curricular de Ciències Experimentals, *Butlletí de Mestres*, n° 219 (Monogràfic cicle 12-16).
- DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN, UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN DEL GOBIERNO VASCO, 1987, *Primer Ciclo Experimental. Elementos para una programación* (Área científica, pp. 227-250). (Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco: Vitoria).
- D.E.S. (Department of Education and Science and Welsh Office), 1985, *Science 5-16: A statement of Policy*. (H.M.S.O.: London).
- D.E.S. and Welsh Office, 1985, *General Certificate of Secondary Education. The National Criteria Science*. (H.M.S.O.: London).
- DRIVER, R., 1986, Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 1, pp. 3-15.
- DRIVER, R., 1987, Beyond processes, *Studies in Science Education*, 14, pp. 33-62.
- DRIVER, R., OLDHAM, V., 1986, A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-122.
- FAIRBROTHER, B., 1986a, How is science teaching evaluated, assessed and examined?, en *The ASL science teacher's handbook* (ed. Nellist, J., Nicholl, B.). (Hutchinson: London).
- FAIRBROTHER, B., 1986b, Perspectives on the assessment of practical work, *Physics Education*, 21, pp. 200-203.
- FARMER, A., FRAZER, M.J., 1985, Practical skills in school chemistry, *Education in Chemistry*, 22, 5, pp. 138-140.
- FENSHMAN, P.J., 1983, A research base of new objectives of science teaching, *Science Education*, 67, pp. 3-12.
- GAGNÉ, R.M., 1965, *The psychological basis of science - A process approach*, AAAS miscellaneous publication, pp. 65-68. (A.A.A.S.: Washington).
- GIL, D., 1985, El futuro de la enseñanza de las ciencias: Algunas implicaciones de la investigación educativa, *Revista de Educación*, 278, pp. 27-38.

- GIL, D., CARRASCOSA, J., 1985, Science learning as conceptual and methodological change, *European Journal of Science Education*, 7, 3, pp. 231-236.
- GIMENO SACRISTÁN, J., PÉREZ GÓMEZ, A., 1985, *La enseñanza, su teoría y su práctica* (Akal: Madrid).
- GUERRA SANZ, 1984, Ciencia integrada en España: un análisis interno del curriculum, *Enseñanza de las Ciencias*, 2, 3, pp. 170-174.
- HODSON, D., 1985, Philosophy of science, science and science education, *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- INGLE, R., JENNINGS, A., 1981, *Science in schools, what way now?* (Heinemann: London).
- JOHNSON, S., 1987, Assessment in science and technology, *Studies in Science Education*, 14, pp. 83-108.
- KEMPA, R., 1985, *Assessment in Science*. (Cambridge Educational: London).
- LEWIS, J.L., 1983, *Science in Society Project*. (Heinemann for the A.S.E.: London).
- M.E.C. (Ministerio de Educación y Ciencia), 1985, *Hacia la Reforma I. Documentos* (Ciencias Experimentales, pp. 81-90). (Servicio de Publicaciones del M.E.C.: Madrid).
- MCCORNELL, M.C., 1982, Teaching about science, technology and society at the secondary school level in The United States. An educational dilemma for the 1980s, *Studies in Science Education*, 9, pp. 1-32.
- MILNER, B., 1986, Why teach science and why to all? en *ASE Science Teachers' Handbook* (ed. J. Nellist-B. Nicholl) (Hutchinson: London).
- NEWTON, D.P., 1987, A framework for humanised physics teaching, *Physics Education*, 22, pp. 85-90.
- NOVACK, J.D., 1977, *A theory of education*. (Cornell University Press: Ithaca, N.J.) Existe traducción al castellano: 1982, *Teoría y práctica de la educación*. (Alianza Editorial: Madrid).
- N.F., 1979-1982, *Nuffield 13-16* (Logman: London).
- NUSSBAUM, J., NOVICK, S., 1981, Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study, *School Science Review*, 61, 221, pp. 771-779.
- PENICK, J.E., YAGER, R.E., 1986, Trends in science education: some observations of exemplary programmes in the United States, *European Journal of Science Education*, 8, 1, pp. 1-8.
- POSNER, G.J. et al., 1982, Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, 2, pp. 211-227.
- POZO, J.I., 1987, *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. (Visor: Madrid).
- S.C.I.S. (*Science Curriculum Improvement Study*), Delta Education, Inc.
- S.C.I.S.P., 1973, *School Council Integrated Science Project*. (Longman: London).
- S.S.C.R., 1987, *Better science: choosing context. Curriculum Guide 2*. (Heinemann: London).
- SCREEN, P., 1986, *Warwick Process Science*. (Ashford Press: Southampton).
- SOLOMON, J., 1983, S.I.S.C.O.N., *Science in a Social Context*. (A.S.E.: Hatfield).
- SWAIN, J.R.L., 1985, Towards a framework for assessment in science, *School Science Review*, 67, 238, pp. 145-151.
- WEST, R.W., 1984, Revisión de la enseñanza de las ciencias en Gran Bretaña, *Enseñanza de las Ciencias*, 2,3, pp. 193-197.
- ZIMAN, J., 1980, *Teaching and learning about science and society*. (Cambridge University Press: Cambridge).