

## INTRODUCCIÓN

El diseño y desarrollo de cualquier currículum requieren una elaboración cuidadosa que evita buena parte de las extrapolaciones de la investigación didáctica, pues, en caso contrario, existe el peligro de caer en innovaciones con un excesivo entusiasmo y escasa fundamentación como ha sucedido, frecuentemente, en los grandes proyectos curriculares aplicados desarrollados en la enseñanza de la Física y de la Química durante las décadas de los 60 y 70 (PÉREZ, CHEVA, CABA, 1981; *ibid.*, etc.).

En este sentido, el objetivo fundamental de este trabajo, que se apoya en la experiencia innovadora e investigadora del Seminario de Física y Química del Servei de Formació Permanent (sema FQ) de la Universitat de València, consiste en diseñar, implementar y evaluar los materiales y las estrategias de enseñanza que se aplican por primera vez en un currículum de iniciación a las ciencias físico-químicas por profesores y alumnos, con la intención de provocar una verdadera transformación de la enseñanza y un nuevo cambio conceptual, metodológico y actitudinal en los estudiantes de secundaria.

# UN CURRÍCULUM DE FÍSICA Y QUÍMICA PARA ENSEÑANZAS MEDIAS BASADO EN LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA: PRIMEROS RESULTADOS\*

Carlos J. Furió Mas

Servei de Formació Permanent, Universitat de València

## Resumen:

En este trabajo se presenta el diseño de un currículum de Física y Química basado en las aportaciones de la investigación didáctica con la finalidad de conseguir el cambio conceptual y metodológico de los estudiantes que inician estos estudios en las enseñanzas medias.

La aplicación y primera evaluación del currículum han permitido obtener unos primeros resultados tanto en la producción de materiales didácticos como en los cambios producidos por el aprendizaje.

## Palabras clave:

Aprendizaje por investigación, currículum, diseño, evaluación.

(\*) Investigación realizada por el Seminario de Física y Química del Servei de Formació Permanent de la Universitat de València y aprobada por la Conselleria de Cultura, Educació i Ciència de la Generalitat Valenciana (Cursos 85-86 y 86-87).

## INTRODUCCION

El diseño y desarrollo de cualquier currículum requieren una elaboración cuidadosa que tome buena nota de las aportaciones de la investigación didáctica, pues, en caso contrario, existe el peligro de caer en innovaciones con un excesivo empirismo y escasa fundamentación como ha sucedido, frecuentemente, en los grandes proyectos curriculares anglosajones desarrollados en la enseñanza de la Física y de la Química durante las décadas de los 60 y 70 (PSSC, CHEM, CBA, Nuffield, etc...).

En este sentido, el objetivo fundamental de este trabajo, que se apoya en la experiencia innovadora e investigadora del Seminario de Física y Química del Servei de Formació Permanent (antes ICE) de la Universitat de València, consiste en diseñar, implementar y evaluar los materiales y las estrategias de enseñanza que puedan ser utilizados en un currículum de iniciación a las ciencias físico-químicas por profesores y alumnos, con la intención de producir una verdadera transformación de la enseñanza y un triple cambio conceptual, metodológico y actitudinal en los estudiantes de secundaria. Este currículum, que tiene puntos en común con otros que se están desarrollando (Driver y Oldham, 1986), se basa en el nuevo paradigma de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por investigación cuya emergencia puede detectarse en la literatura actual (Furió y Gil, 1986).

## FUNDAMENTACION TEORICA DE LAS PROPUESTAS DIDACTICAS DEL CURRICULUM

La concepción del proceso de aprendizaje que se propugna en este currículum es de orientación constructivista en el que se admite que el propio alumno construye sus conocimientos, los contrasta con la experiencia y los reestructura continuamente según el resultado de sus análisis, de aquí la importancia dada a la actividad del alumno en aquel proceso. Esta posición teórica viene avalada desde hace años por la psicología cognitiva (Piaget, 1969) y más recientemente por los resultados de la investigación en variados campos como p.e. el modelo generativo del aprendizaje de las ciencias (Osborne y Wittrock, 1985), los trabajos sobre aprendizaje de la lectura o el procesado de la información en dominios de conocimiento complejo como el de resolución de problemas (Larkin, 1979). Así pues, nuestra postura didáctica es incompatible con la transmisión verbal de conocimientos ya elaborados, dada su aceptación implícita de la pasividad del alumno (Gil, 1983).

En este tipo de aprendizaje se considera necesario tener presente como factor esencial las ideas previas de los alumnos y con ellas la investigación didáctica desarrollada en los últimos 15 años sobre esta problemática. En efecto, la concepción de que la mente del alumno es una caja vacía, donde el profesor va a transvasar su información, ha quedado definitivamente rechazada y es ampliamente aceptado que los alumnos desarrollan ideas y creencias sobre el mundo que les rodea, hasta el punto que muchas de las ideas primitivas persisten a pesar de la enseñanza reiterada de los principales conceptos físico-químicos (Carrascosa, 1985). Estas ideas que han sido bien caracterizadas por muchos autores (Driver, 1986) están estructuradas en esquemas conceptuales y condicionan fuertemente su enlace con otras, de manera que, a menudo, los alumnos establecen relaciones, inadecuadas con el nuevo conocimiento que se les desea transmitir, resultando que los significados construidos no son los esperados por el profesor (Furió y Carbonell, 1986).

Ahora bien, esta construcción de conocimientos no sólo depende del alumno sino también de las situaciones de aprendizaje, por lo tanto, la tarea fundamental en la asimilación de las ideas científicas implicará la búsqueda del desarrollo y cambio de los citados esquemas, de ahí que el currículum deba orientarse hacia el cambio conceptual teniendo presente las ideas u opiniones de los alumnos. Una de las condiciones requeridas para este cambio es la insatisfacción de los estudiantes con sus concepciones (Posner et al, 1982), por tanto se diseñarán estrategias de enseñanza en las que se incluyan actividades de conflicto cognoscitivo con su forma de pensar. Si bien es

necesario indicar que la reestructuración de sus concepciones requiere un medio que valore positivamente aquellas ideas.

Por otra parte, una de las hipótesis principales de nuestro currículum supone que la universalidad de determinadas concepciones adquiridas por los alumnos, como p.e. el comportamiento mecánico de la materia, no es casual —como no lo ha sido históricamente el cambio del paradigma pregalileano de la Física al newtoniano— sino que tiene una causa fundamental: la forma en que estas ideas se han asimilado. Es decir, su causa, habrá que buscarla en la existencia de una metodología de la superficialidad caracterizada por la extracción rápida y segura de conclusiones a partir de observaciones cualitativas o la aceptación acrítica de ideas que no se ponen en duda (Carrascosa y Gil, 1985). Será, pues, necesario producir mediante el aprendizaje el cambio metodológico que supone pasar de aquella metodología a privilegiar las formas de trabajo de la ciencia que se desea transmitir. Por tanto, se rechaza en este currículum la presentación de una ciencia empirista e inductivista anclada en construcciones científicas de hace más de un siglo, en las que se prioriza p.e. la observación «objetiva» como fase de las que se extraen las teorías y, por contra, se apoya la inserción de aspectos metodológicos clave en los procesos de pensamiento como p.e. la emisión de hipótesis, el diseño de experimentos, etc... que, habitualmente, no son practicados en la enseñanza de las ciencias.

En resumen, creemos que sólo un currículum donde se conjunte la presentación de un cuerpo coherente de conocimientos con aquellos aspectos metodológicos esenciales en el quehacer científico, donde se disminuya el carácter operacionalista de las construcciones científicas, al tiempo que se aumenta su carácter cualitativo con componentes históricas, sociológicas, tecnológicas y humanísticas, logrará despertar el interés del alumnado e invertirá el sentido del cambio actitudinal que hoy se da frente a la ciencia y su enseñanza. En efecto, en un trabajo reciente sobre el análisis de programas excelentes de enseñanza de las ciencias (Penick y Yager, 1986), se señala la necesidad de incluir en aquellos los aspectos más controvertidos y actuales de la ciencia, ya que su debate en clase prepara a los alumnos como futuros ciudadanos que deben tomar decisiones sobre aquellos.

## DISEÑO DEL DESARROLLO CURRICULAR

A partir de las propuestas didácticas donde se ha definido el enfoque general del proyecto se deriva el diseño para el desarrollo del currículum que ha sido esquematizado en la figura 1. En el mismo se señalan, en principio, los elementos esenciales del diseño: las concepciones asumidas por los autores sobre el proceso de aprendizaje y que han sido brevemente expuestas en el apartado 1, las decisiones tomadas sobre la selección del contenido y las estrategias de enseñanza a utilizar por el profesorado.

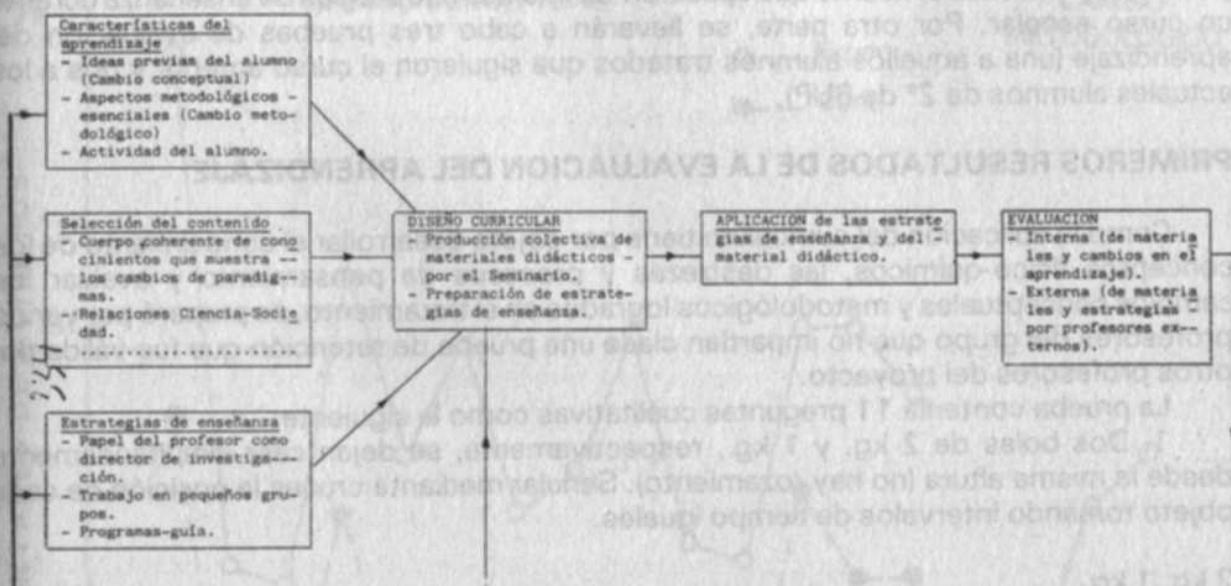


Fig. 1. Diseño del desarrollo curricular en Física y Química en E.M.

En cuanto a la selección del contenido para este curso (2º BUP) se ha optado por un cuerpo coherente de conocimientos donde se mostrará explícitamente el cambio del paradigma aristotélico al clásico en la Física y Química. Este contenido descansa sobre la Mecánica, las formas de interacción fundamentales y la estructura de la materia como estaba concebida por los científicos a mediados del XIX. Al propio tiempo, se trata de exponer algunas nociones elementales, a nivel de divulgación, para explicar el tránsito del paradigma clásico al moderno (Calatayud et al, 1986).

Respecto a las estrategias de enseñanzas usadas, se derivan de las ideas expuestas en 1 y desarrolladas en la práctica docente por el Seminario de Física y Química. Solamente indicar que se trata de sustituir la clase magistral por una clase de trabajo en pequeños grupos dirigidos y orientados por el profesor, donde se desarrollan un conjunto de actividades (programas-guía) que tienen un hilo conductor previamente planificado por el grupo de profesores.

A partir de estos elementos el desarrollo del currículum ha comportado la creación de materiales didácticos para su aplicación en la clase. Una vez aplicados se realiza la evaluación del currículum sobre los materiales didácticos y sobre el aprendizaje, tomando como criterios evaluadores los cambios conceptuales y metodológicos producidos a medio plazo en alumnos tratados experimentalmente.

## PROGRAMACION EN LA APLICACION DEL DISEÑO

El programa de trabajo previsto en el diseño, aplicación y evaluación del currículum, con una duración de 4 años, consta de tres fases. En la primera de ellas (cursos 83-84 y 84-85) el Seminario compuesto por 15 profesores divididos en dos subgrupos ha elaborado los programas-guía correspondientes al contenido seleccionado en dos versiones diferentes pero con las mismas orientaciones didácticas. En la segunda fase (85-86) se ha aplicado el diseño curricular por 9 profesores del Seminario a 11 grupos de alumnos de 2º de BUP y, al mismo tiempo, se ha realizado una primera evaluación del material ensayado y se ha aplicado una prueba de retención a alumnos experimentales y de control para comparar los cambios conceptuales y metodológicos logrados.

Finalmente en la 3ª fase (86-87) se volverá aplicar el currículum, si bien el centro de

gravedad de la experimentación se desplazará hacia la evaluación. En efecto, la evaluación de los materiales se realizará de nuevo por el Seminario y por dos grupos de profesores externos al mismo que aplicarán las mismas estrategias de enseñanza durante un curso escolar. Por otra parte, se llevarán a cabo tres pruebas de evaluación del aprendizaje (una a aquellos alumnos tratados que siguieron el curso anterior y dos a los actuales alumnos de 2º de BUP).

## PRIMEROS RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL APRENDIZAJE

Como la aplicación del currículum tiene por objeto desarrollar el conocimiento de los conceptos físico-químicos, las destrezas y procesos de pensamiento y evaluar los cambios conceptuales y metodológicos logrados en el tratamiento, se preparó por varios profesores del grupo que no impartían clase una prueba de retención que fue válida por otros profesores del proyecto.

La prueba contenía 11 preguntas cualitativas como la siguiente:

1. Dos bolas de 2 kg. y 1 kg., respectivamente, se dejan caer simultáneamente desde la misma altura (no hay rozamiento). Señalar mediante cruces la posición de cada objeto tomando intervalos de tiempo iguales.

2 kg. 1 kg.

Las preguntas tenían objetivos específicos que versaban sobre diversos conceptos de Mecánica (espacio recorrido y velocidad en movimientos uniformemente acelerados -items 1 y 2-, el concepto de fuerza -items 3, 4 y 5-, el de trabajo -item 6-, la conservación de la energía -item 7-, el de calor -item 8- y sobre aspectos metodológicos, tales como un diseño experimental (item 9), una valoración de hipótesis emitidas (item 10) y un análisis de resultados (item 11). Para el diseño de las preguntas se tuvo en cuenta los resultados de la investigación didáctica sobre los esquemas conceptuales.

Este cuestionario se pasó a 394 alumnos experimentales y 232 de grupos control de 9 I.B. valencianos, dando un tiempo doble de resolución que el medio empleado por un grupo de sondeo. La corrección de la prueba se hizo, en cada grupo de alumnos, por dos profesores (uno era el del grupo y el otro del Seminario sin grupo experimental), siendo las correlaciones entre estos muy elevadas, debido a la existencia previa de criterios graduales lo que aumentó la objetividad de la corrección en las pruebas abiertas (Alberts et al, 1986). Los resultados se han expresado en la gráfica 2 donde aparecen representados los porcentajes de respuestas correctas de alumnos experimentales y de control frente al número de orden de los items y subitems. El análisis de estos resultados confirman la existencia de diferencias significativas a favor de los alumnos tratados en todos los casos, con una probabilidad de que sean debidos al azar inferior al 1%.

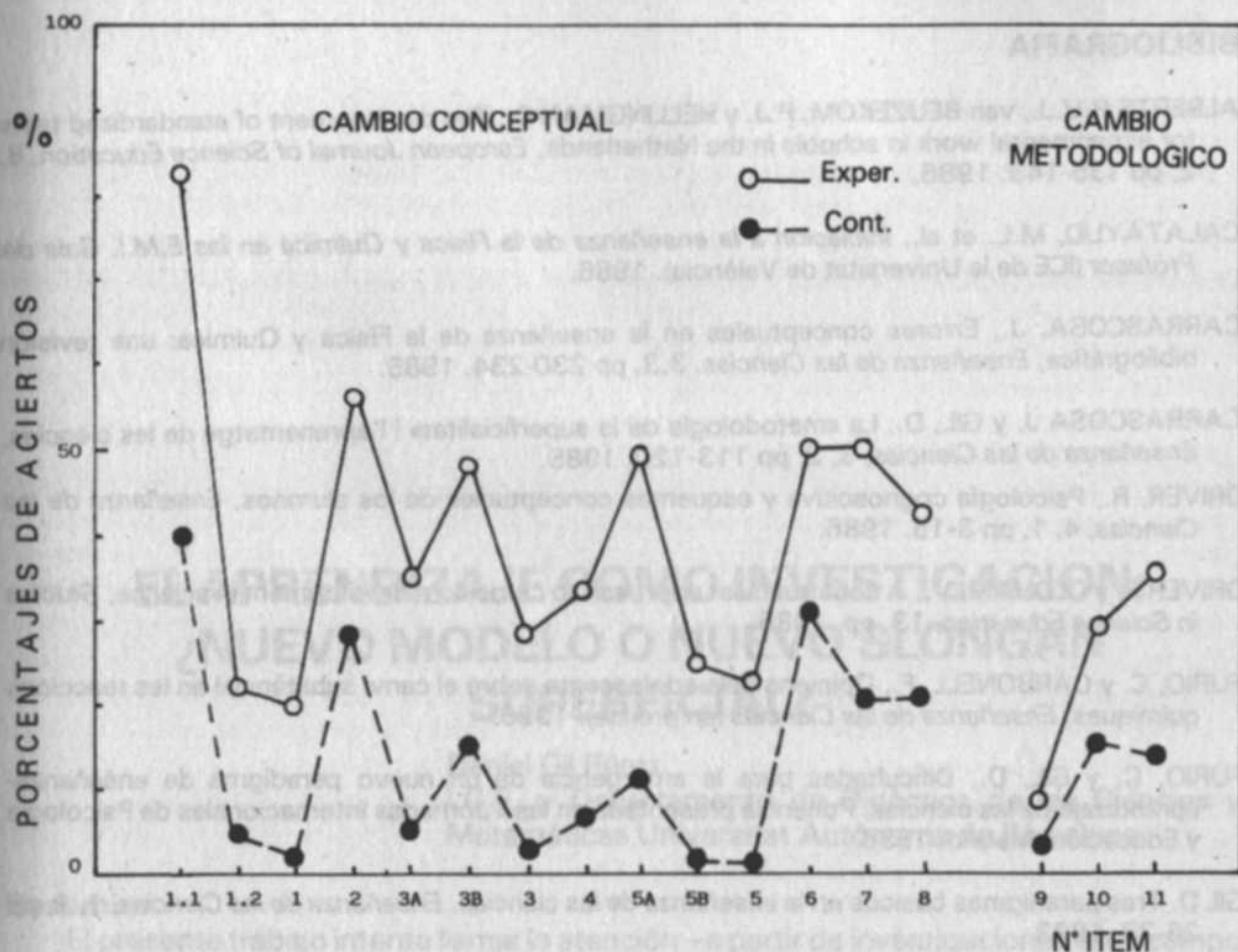


Fig. 2. Porcentajes de aciertos de los alumnos experimentales (N= 394) y de control (N= 232)

## CONCLUSION

Se ha presentado un diseño curricular de iniciación a las ciencias físico-químicas en 2º de BUP fundamentado en recientes aportaciones de la investigación didáctica, que ha sido desarrollado y aplicado a alumnos no seleccionados de I.B. del País Valenciano. Como resultado, aplicación y evaluación del currículum se han reelaborado los materiales didácticos producidos y los primeros datos obtenidos respecto a los cambios conceptuales y metodológicos han resultado satisfactorios en comparación con los alumnos de grupos control. No obstante, hace falta concluir la tercera fase del proyecto para aumentar la validez de los resultados hallados.

## BIBLIOGRAFIA

- ALBERTS R.V.J., van BEUZEKOM, P.J. y HELLINGMAN C., The development of standardized tests for experimental work in schools in the Netherlands, *European Journal of Science Education*, 8, 2, pp 135-143. 1986.
- CALATAYUD, M.L. et al., *Iniciación a la enseñanza de la Física y Química en las E.M.I. Guía del Profesor* (ICE de la Universitat de València). 1986.
- CARRASCOSA, J., Errores conceptuales en la enseñanza de la Física y Química: una revisión bibliográfica, *Enseñanza de las Ciencias*, 3,3, pp 230-234. 1985.
- CARRASCOSA J. y GIL, D., La «metodología de la superficialitat» i l'aprenentatge de les ciències, *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 2, pp 113-120. 1985.
- DRIVER, R., Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 1, pp 3-15. 1986.
- DRIVER R. y OLDHAM, V., A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 13, pp. 1986.
- FURIO, C. y CARBONELL, F., Opinions dels adolescents sobre el canvi substàncial en les reaccions químiques, *Enseñanza de las Ciencias* (en prensa). 1986.
- FURIO, C. y GIL, D., Dificultades para la emergencia de un nuevo paradigma de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, Ponencia presentada en las II Jornadas Internacionales de Psicología y Educación, Madrid. 1986.
- GIL D. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 1, pp 26-33. 1983.
- LARKIN, J.H., Processing information for effective problem solving, *Engineering Education*, december 1979, pp 285-288. 1979.
- OSBORNER, R. y WITTRICK, M., The Generative Learning Model and its implications for science education, *Studies in Science Education*, 12, pp 59-87. 1985.
- PENICK, J.E y YAGER, R.E., Trends in Science Education: some observations of exemplary programmes in the United States, *European Journal of Science Education*, 8, 1, pp 1-6. 1986.
- PIAGET, J., *Psicología y Pedagogía* (Ariel: Barcelona). 1969.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A., Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, 2, pp 211-227. 1982.