

## CRITERIOS BASICOS PARA LA ELABORACION DE UN CURRICULUM DE FISICA Y QUIMICA

Seminario de Física y Química (C.A.J., F.M.C. y G.P.D.)  
ICE Universidad de Valencia.

### SUMMARY

The primary aim of this paper is to know the choice of Physics and Chemistry teachers concerning some basic criteria which should be considered when designing a curriculum, and to contrast them with the implications arising from educational research.

### INTRODUCCION

A lo largo de, básicamente, las dos últimas décadas, se ha podido constatar una tendencia creciente a transformar la enseñanza de las ciencias poniendo cada vez un mayor acento en las formas de trabajo, en la metodología. La simple lectura de, por ejemplo, el *Accumulative Index del Science Education (1916-76)* o de revistas más específicas como el *Physics Education* o el *J. of Chemical Education*, puede dar idea de la frecuencia con que el tema ha sido tratado y de las razones apuntadas repetidamente en favor de dicha transformación:

- Ineficacia probada del tipo de enseñanza de las ciencias que se venía practicando, con vistas, sobre todo, a las nuevas necesidades científico técnicas.
- La rápida evolución de los conocimientos, cuyas transformaciones son tan importantes en algunos casos que hacen obsoleto en pocos años lo que en un momento dado parece esencial.
- Necesidad consiguiente de preparar a gente capaz de aprender y adaptarse de forma más o menos continua.

Se ha producido así una proliferación de proyectos de renovación fundamentalmente americanos e ingleses (PSSC, IPS, Nuffield, Harvard Project Physics, etc.) que han ejercido una seria influencia en numerosos países. Se trata además, en general, de proyectos elaborados con la participación de amplios colectivos de científicos, pedagogos, psicólogos, profesorado, etc..., ensayados durante largos periodos con control de resultados y revisiones consiguientes. Todo ello profusamente recogido en las revistas de didáctica de las ciencias.

A menudo, sin embargo, los resultados de la modificación del curriculum han estado muy por debajo de lo que se pretendía, limitándose a cambiar los contenidos y sin afectar en profundidad a la metodología (Krasilchik 1979).

Esta reducción de una transformación que se pretendía más sustancial a una simple modificación de los temarios es aplicable muy concretamente a las transformaciones de la enseñanza primaria y media que se han producido últimamente en nuestro país. La atención a los aspectos metodológicos en el B.U.P., por ejemplo, se ha reducido a unas pocas líneas sobre «el Método Científico» (BOE 93/1975). Y el profesorado, en una importante proporción, se ha limitado a utilizar unos nuevos textos en la misma forma que utilizaba los antiguos.

De hecho el establecimiento de estos nuevos currícula en nuestro país se ha realizado de forma que resulta un caso extremo del modelo «linear-expert» (MacDonald 1975), limitándose a reuniones de un reducido número de «expertos» que en brevísimos periodos de tiempo —y sin apenas implicar a los diferentes colectivos— establecen unos currícula consistentes en unas vagas consideraciones generales seguidas de simples listas de contenidos.

Muy concretamente se aprecia la ausencia de criterios explícitos o de referencias a la amplísima bibliografía existente en torno a la transformación de los currícula, evidenciando que el trabajo realizado se ha reducido a elaborar una lista de contenidos en la que cada experto ha tratado de incluir los temas que cree fundamentales. El resultado es un temario inabordable por su excesiva extensión y carente de toda coherencia interna.

Salir al paso de tales resultados exige una elaboración mucho más cuidadosa y detenida, que tome en consideración las adquisiciones de la investigación educativa, incluyendo el análisis de los procesos de transformación de currícula descritos en la literatura: desde las estrategias de cambio empleadas a los resultados obtenidos. Y es preciso, además, que dicho proceso con-

temple desde el primer momento la más amplia participación del profesorado, sin la cual no puede pensarse en una correcta asunción y aplicación del currículum elaborado (Tall 1981).

Por todo ello hemos creído necesario comenzar por establecer, de manera fundamentada y abierta a la participación del profesorado, unos criterios que permitan orientar la elaboración de unos nuevos currícula y faciliten su evaluación. Este es el objetivo fundamental del presente trabajo.

## 1. LA INVESTIGACION EDUCATIVA COMO PUNTO DE PARTIDA

Plantearse con un mínimo de seriedad la transformación de un currículum exige un estudio detenido de la abundante bibliografía sobre el tema (nos remitimos de nuevo, como ejemplo, al *Accumulative Index of Science Education*). A través de la misma es posible conocer los distintos planteamientos, su fundamentación teórica, los análisis de resultados, etc. No se trata de preconizar una actitud mimética, pero sí de tener presente el aspecto acumulativo de toda tarea científica, lo que permitirá conocer desde los distintos modelos utilizados para la elaboración de currícula (MacDonald 1975) (Searles 1981) a la forma de medir el grado de implantación logrado por un determinado currículum (Tall 1981).

Pero no sólo se trata de estudiar la literatura relativa al desarrollo de los currícula; es preciso tomar en consideración las principales adquisiciones y los debates más relevantes de la investigación didáctica que puedan incidir en la orientación de un currículum. Es posible así sacar a la luz una serie de cuestiones, objeto detenido de estudio, sin cuya consideración explícita se corre el peligro de cometer graves errores. A continuación enumeraremos brevemente algunas de estas cuestiones que aparecen como aspectos clave a tener en cuenta en la elaboración de un currículum.

I. Nos referiremos, en primer lugar, al problema de la *obligatoriedad o no del currículum*. Los currícula españoles o franceses, por ejemplo, se han caracterizado siempre por su absoluta obligatoriedad. Pero existen otras posibles opciones (La Pensée 1981) como la aplicada en algunos estados alemanes, consistente en hacer públicas unas recomendaciones básicas, dejando libertad para que cada profesor o grupo de profesores determine, justificadamente, su propio currículum. Y actualmente en Inglaterra se ensaya un sistema intermedio consistente en fijar unos contenidos mínimos («core») que sólo cubran una fracción del tiempo disponible, dejando libertad para que cada profesor determine justificadamente el resto del currículum.

II. El problema de la obligatoriedad que acabamos de presentar está ligado al de la *extensión y profundidad* del mismo, cuestión que ha merecido la atención de psicólogos (Piaget 1969) e incluso de los organismos educativos internacionales (recomendaciones de las Con-

ferencias Internacionales de Instrucción Pública de 1958 y 1960).

III. Y de nuevo este problema se relaciona con el del *carácter cíclico o no* de la enseñanza. ¿Se han de estudiar o no algunos temas repetidamente en cursos sucesivos con profundidad creciente? ¿Y por qué razones?

IV. Otro aspecto que ha sido ampliamente debatido es el de la importancia relativa de los conocimientos («saber») y la metodología («saber hacer»), así como las relaciones entre ambos. Se trata de un problema que está en la base, como ya hemos indicado en la introducción, de buen número de proyectos de reforma de la enseñanza de las ciencias (Ausubel 1978) y que afecta al papel de los trabajos prácticos, resolución de problemas, etc...

Una de las críticas más frecuentes a los currícula del pasado ha sido, precisamente, la casi exclusiva atención a los contenidos, con olvido de los aspectos metodológicos (Bybee 1977).

V. Muy ligada a la cuestión anterior está la necesidad, cada vez más resaltada, de que la didáctica de las ciencias esté orientada por paradigmas teóricos (Kornhauser 1979) (Peterson 1979). De hecho, toda práctica docente en el dominio de las ciencias puede asimilarse a uno de los tres grandes paradigmas: «Enseñanza por transmisión verbal», «Descubrimiento autónomo e inductivo» y «Descubrimiento dirigido» (Gil 1983). Y aun cuando un currículum no debe elaborarse para imponer una rígida orientación didáctica, es indudable que quienes son favorables a una enseñanza por transmisión verbal no valorarán el papel de, digamos, los trabajos prácticos, de la misma manera que quienes se inclinan por el descubrimiento inductivo y autónomo.

VI. Una cuestión que se ha revelado de enorme importancia y a la que se está dedicando una atención creciente (ver selección bibliográfica de Carrascosa 1983) es la centrada en las ideas y metodología previas de los alumnos y el papel que éstas juegan en el aprendizaje. La mayor o menor atención a este sustrato inicial es, de nuevo, una opción básica a la hora de diseñar un currículum.

VII. Por último queremos referirnos al papel que se concede a la historia de las ciencias en el currículum. ¿Qué historia de las ciencias? ¿Cuánta? y ¿Por qué? son preguntas que la investigación didáctica se plantea actualmente (Russell 1981).

Sin duda podríamos referirnos a otras cuestiones relevantes a considerar a la hora de diseñar un currículum. Hemos optado sin embargo por tener en cuenta únicamente los criterios más generales e imprescindibles en el inicio del proceso. Dejamos así de lado las cuestiones relativas a cómo lograr una efectiva implantación del currículum, también recogidas profusamente en la literatura, pero que escapan a esta enumeración de criterios previos, excepto en lo que se refiere a la propia exigencia de criterios fundamentados o a la necesidad

de participación del profesorado desde el inicio mismo del proceso. Y es como contribución a esta participación que hemos creído útil realizar una consulta al profesorado, comenzando por presentar los criterios básicos con objeto de recabar una valoración de las distintas opciones.

### 2. UNA CONSULTA AL PROFESORADO: OBJETIVOS, HIPOTESIS SUBYACENTE Y DISEÑO DE LA CONSULTA

Ya nos hemos referido a la importancia de la participación del profesorado desde el inicio mismo de la elaboración de un currículum con vistas a una efectiva implantación del mismo. Pero no se trata sólo de una razón táctica. Pensamos además que la participación de un amplio colectivo con experiencia docente podría traducirse en una valoración de las distintas opciones, con diferencias significativas entre las mismas, y no en simples promedios aleatorios como desde ciertas posturas elitistas podría pensarse. Más aún, estos resultados deberían, en nuestra opinión, ser coherentes con las conclusiones que la investigación educativa ha alcanzado. La consulta se convierte así en una forma de profundización en los criterios que han de orientar la elaboración del currículum.

Este ha sido, pues, el doble objetivo de la consulta:

- 1º Favorecer la correcta implantación del futuro currículum a través de la participación del profesorado desde el inicio de su elaboración y
- 2º Contrastar las opciones del profesorado con las implicaciones que se derivan de la investigación educativa.

Ello supone aceptar —y esta ha sido nuestra hipótesis básica— que, por encima de las inevitables diferencias en las posturas individuales, los resultados obtenidos a partir de un colectivo suficientemente amplio y mediante un cuestionario correctamente elaborado, han de presentar coherencia interna (entre los distintos ítems relativos a un mismo aspecto) y externa (con relación a las adquisiciones de la investigación educativa).

El problema estribaba, desde nuestro punto de vista, en proponer las distintas opciones con la suficiente claridad y ecuanimidad para permitir una decisión no influenciada por el cuestionario. A tal efecto hemos recurrido a redactar las distintas opciones con ayuda de expertos favorables a las mismas. De este modo se ha elaborado el cuestionario que queda recogido en el Apéndice.

Como puede constatarse, se han considerado siete aspectos —los mismos a que hemos hecho referencia al considerar las aportaciones de la investigación educativa— y en cada aspecto se han incluido, para su valoración de 0 a 10, distintas opciones, cuidando tanto la redacción de los ítems como el orden de presentación (aleatorio) con objeto de evitar cualquier sesgo. Con frecuencia, además, se han incluido varios ítems

correspondientes a una misma opción para poder constatar la coherencia de las respuestas.

La difusión del cuestionario y la recogida de las respuestas se ha realizado de forma a garantizar la distribución geográfica y evitar así el sesgo que pudiera introducir la homogeneidad lograda por ciertos grupos. Para ello, por una parte, se publicó el cuestionario en la revista *Enseñanza de las Ciencias* (Seminario de Física y Química 1983), recibida en gran número de Institutos de Bachillerato y sobre todo, se aprovechó la asistencia a cursos realizados en Tenerife, Córdoba, Granada, León, Salamanca, Barcelona, etc...

Queremos agradecer, en particular, la ayuda del Seminario de Física y Química del I.C.E. de la Universidad Autónoma de Barcelona que incluyó la cumplimentación del cuestionario en una de sus sesiones.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se han agrupado en dos bloques, correspondientes uno de ellos a las primeras 48 respuestas conseguidas y el otro a 71 nuevas respuestas (Tabla I). En la tabla se incluye la nota media  $M$  (sobre 10) y la desviación estándar  $s.d.$  de cada opción. El enunciado de cada ítem queda resumido brevemente (véase su expresión completa en el apéndice).

Hemos optado por tratar separadamente ambos grupos con objeto de constatar si las tendencias que muestran los resultados son coincidentes en uno y otro, lo que indudablemente reforzaría el valor de los mismos. Se trata, pues, de ver si, de acuerdo con nuestra hipótesis, en cada uno de los grupos se dan diferencias significativas entre las distintas opciones y si estas diferencias tienen el mismo signo en ambos.

El análisis de los resultados muestra efectivamente, dentro de cada grupo, diferencias estadísticamente significativas entre las distintas opciones, como puede comprobarse fácilmente en cada uno de los casos. Puede calcularse para ello el valor normalizado de las diferencias y compararlo con los que proporcionan las tablas (Serramona 1980).

Mostraremos, a continuación, que estos resultados presentan, además, un alto grado de coherencia interna y están de acuerdo con las conclusiones que se derivan de la investigación didáctica.

En lo que se refiere a la obligatoriedad del currículum puede hablarse de un claro rechazo del carácter totalmente obligatorio del mismo ( $M_1 = 3.77$  y  $M_2 = 4.85$  respectivamente en el ítem 1.1) y de una neta preferencia por la idea de fijar unos contenidos mínimos que sólo cubran una fracción del tiempo ( $M_1 = 7.42$  y  $M_2 = 6.97$  en 1.3). La diferencia entre las distintas opciones es, por supuesto, significativa estadísticamente, con una probabilidad de ser debida a fluctuaciones aleatorias inferior a un uno por mil ( $p < 0.001$ ).

En cuanto a la idea de una completa opcionalidad, re-

cibe sólo un apoyo ligeramente superior al de la obligatoriedad absoluta ( $M_1 = 4.85$  y  $M_2 = 5.00$  en 1.2).

Estos resultados están perfectamente de acuerdo con las tendencias actuales a introducir un «core» obligatorio (correspondiente a un 40-60% del tiempo disponible) y dejar libertad al profesorado para determinar, justificadamente, el resto del curriculum (Tebbutt 1981). Los argumentos aducidos son, por lo demás, fácilmente comprensibles: un curriculum absolutamente obligatorio tiende, o bien a ser enciclopédico, inabordable, o bien sólo satisface a una mínima parte del profesorado, al dejar de lado aspectos que interesan — por diversas razones de formación, ambientales, etc. — a otros profesores. El principal peligro, y el resultado más frecuente, es el de elaborar curricula excesivamente amplios. Hasta qué punto esto es rechazado por el profesorado aparece aún con más claridad en el apartado II, en el que un tratamiento en profundidad y con coherencia es preferido ( $M_1 = 7.15$  y  $M_2 = 6.89$  en 2.1) a una visión amplia que no deje de lado aspectos importantes ( $M_1 = 3.96$  y  $M_2 = 4.40$  en 2.2). Pero ¿qué no es importante? A menos de caer en un curriculum enciclopédico e inabordable que obliga a centrarse casi exclusivamente en los contenidos, como ha sido denunciado repetidamente en la literatura (Piaget 1969), siempre se dejarán de lado aspectos importantes. El apartado III, por su parte, aunque muestra la preferencia del profesorado por el tratamiento cíclico de algunos temas fundamentales ( $M_1 = 7.06$  y  $M_2 = 7.49$  en 3.1.), lo que resulta obligatorio para lograr el afianzamiento y una real profundización en los mismos, hace ver también una sensible actitud favorable ( $M_1 = 6.19$  y  $M_2 = 4.75$  en 3.2) a evitar la repetición de otros temas «con objeto de cubrir mejor un curriculum más amplio». Es decir, la disyuntiva amplitud-profundidad se traduce en un equilibrio en el que, no obstante, la profundidad y el afianzamiento aparecen, sobre todo en el grupo 2, como prioritarios. Precisamente este ítem 3.2. es uno de los escasos en los que se dan diferencias significativas entre los dos grupos. Adelantamos que, en conjunto, de los 22 ítems del cuestionario, en sólo 5 aparecen diferencias significativas entre ambos grupos con una probabilidad de ser debidas a fluctuaciones aleatorias inferior al cinco por cien ( $p < 0.05$ ) y sólo en un caso (ítem 4.3) resulta ser  $p < 0.01$ .

En el apartado IV se recogen los resultados relativos a la atención que merecen los contenidos y la metodología.

La idea de un curriculum centrado en la metodología, en los procesos, sin que los contenidos importen demasiado (en razón a su rápida evolución), es muy mayoritariamente rechazada ( $M_1 = 3.55$  y  $M_2 = 4.32$  en 4.1). El resultado merece ser destacado porque, como Ausubel ha mostrado claramente, la orientación anti-contenidos, vigente en EE.UU. durante dos décadas — y capaz aún de ejercer su influencia en ciertos sectores docentes como aparente conquista de las pedagogías

modernas— se ha traducido en un completo fiasco (Ausubel 1978). Este resultado se ve reforzado con la puntuación obtenida por un curriculum centrado en contenidos bien ordenados ( $M_1 = 6.79$  y  $M_2 = 6.20$  en 4.2), para evitar adquisiciones anecdóticas. Ambos resultados no deben entenderse, sin embargo, como una sobrevaloración de los contenidos sobre la metodología. Por el contrario, el siguiente ítem 4.3, que plantea la conjunción de «una verdadera aplicación de la metodología científica con la adquisición de un cuerpo coherente de conocimientos» —de acuerdo con las recomendaciones de diversos organismos educativos (NSTA 1964)—, obtiene la más alta puntuación del apartado ( $M_1 = 8.67$  y  $M_2 = 7.30$  en 4.3).

Es preciso señalar, por otra parte, que esta actividad investigadora no aparece hoy en día como actitud espontánea, natural, sino fruto de un profundo cambio metodológico que exige, precisamente, la superación de las tendencias habituales a sacar conclusiones precipitadas a partir de observaciones cualitativas (Piaget 1971). Los resultados del ítem 4.5 sobre la necesidad de una atención particular al cambio metodológico ( $M_1 = 7.9$  y  $M_2 = 7.30$  en 4.5) están de acuerdo con dichas conclusiones. En cuanto al apartado 4.4. que preconiza «el desarrollo autónomo de la actividad de los alumnos sin coartarla...» obtiene una puntuación claramente más baja ( $M_1 = 5.46$  y  $M_2 = 4.60$  en 4.4).

Llegamos ahora a los resultados del apartado V sobre el papel del profesor en la clase, que plantea indirectamente la cuestión de los estilos de enseñanza. De acuerdo con dichos resultados, la enseñanza por transmisión de conocimientos obtiene en ambos grupos la más baja puntuación de todos los ítems ( $M_1 = 3.06$  y  $M_2 = 3.01$  en 5.1). Y ello pese a introducir la idea de «asimilación activa de los alumnos», tal como preconizan los promotores de una renovación de la enseñanza por transmisión de conocimientos (Ausubel 1978) (Novak 1982).

Un trabajo basado en la máxima autonomía de los alumnos obtiene, sin embargo, una puntuación escasamente más elevada ( $M_1 = 3.92$  y  $M_2 = 3.86$  en 5.2) mientras que el modelo de enseñanza coherente con las características de la investigación científica (incluida la necesidad de una acción orientadora, propia de cualquier tarea colectiva de investigación) obtiene, de nuevo en ambos grupos, la máxima puntuación de todo el cuestionario ( $M_1 = 9.21$  y  $M_2 = 8.50$  en 5.3).

Estos resultados son absolutamente coherentes con los del apartado anterior y dibujan unas preferencias por la enseñanza concebida como investigación dirigida, superadora tanto de la mera transmisión de conocimientos como de una actividad inductiva y autónoma que falsea la naturaleza misma del trabajo científico (Leboutet 1973) (Giordan 1978).

Este trabajo de investigación dirigida no es concebido, además, como algo a organizar de acuerdo simplemente con una distribución lógica de la materia y un

proceso lineal de conocimientos. Esta postura —defendida en ocasiones, como se hace en el ítem 6.2, en nombre del «nivel» que es necesario alcanzar— recibe una puntuación ( $M_1 = 4.27$  y  $M_2 = 3.90$  en 6.2) por debajo de la mitad de aquella que considera las ideas y hábitos iniciales de los alumnos como obligado punto de partida ( $M_1 = 8.75$  y  $M_2 = 8.40$  en 6.1) y concibe este aprendizaje como transformación de dichos hábitos e ideas, es decir, como cambio conceptual y metodológico. Y de nuevo ello está de acuerdo con las conclusiones de la investigación didáctica y los estudios epistemológicos. En efecto, por una parte, una amplísima bibliografía (Carrascosa 1983) muestra la importancia de la situación inicial de los alumnos y la necesidad de concebir el aprendizaje como cambio conceptual (Hewson 1981) (Posner, Strike, Hewson y Gertzog 1982) o, mejor aún, como cambio conceptual y metodológico (Gil 1983). Por otra parte ello está de acuerdo con el papel de los paradigmas científicos como origen y término de la investigación (Bunge 1972).

Las propuestas del profesorado para los criterios que han de orientar el curriculum de Física y Química en el Bachillerato se muestran, pues, coherentes con un modelo de enseñanza concebido como cambio conceptual y metodológico a través de un trabajo de investigación dirigida. Ello se evidencia también en las opciones correspondientes al último apartado incluido en nuestro cuestionario.

Se rechaza en primer lugar un curriculum centrado en la «lógica propia de la materia ( $M_1 = 3.42$  y  $M_2 = 3.20$  en el ítem 7.1) y se considera necesario la atención a la historia de las ciencias ( $M_1 = 7.02$  y  $M_2 = 5.90$  en 7.2), aunque aquí aparece una de las escasas diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ambos grupos. Pero al margen del interés cultural de la historia de las ciencias o de su capacidad para mostrar, a través de ejemplos concretos, el proceso de creación científica (Navarro 1983), su papel esencial en la enseñanza consiste en su utilización para crear situaciones de aprendizaje que permitan a los alumnos rehacer, en cierta medida, los conocimientos científicos al tiempo que se familiarizan con la metodología científica (Gil 1980). La puntuación obtenida en el ítem 7.3 ( $M_1 = 7.29$  y  $M_2 = 7.03$ ) está de acuerdo con dicha orientación.

Por último hemos incluido dos ítems que, de nuevo se refieren a la concepción de la enseñanza como cambio conceptual y metodológico, paralelo a la propia evolución de los conocimientos mostrada por la historia de las ciencias. La visión acumulativa, ahistórica, recibe una puntuación bastante inferior a la que tiene en cuenta el papel de los cambios de paradigma —de las revoluciones científicas, según la terminología de Kuhn (1971)— y conduce a organizar la enseñanza de forma a provocar cambios conceptuales que se ajusten, en cierta medida, a los grandes cambios de paradigma ( $M_1 = 8.83$  y  $M_2 = 7.90$  en 7.5).

#### 4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Con objeto de fundamentar unos criterios que orienten la elaboración de un curriculum de Física y Química para el Bachillerato se ha procedido a un análisis de las aportaciones de la investigación didáctica y a someter al profesorado un cuestionario con diversas opciones. Los resultados obtenidos con este cuestionario han mostrado una clara discriminación entre las distintas opciones, una elevada coherencia interna (entre los distintos ítems) en los dos grupos considerados y una clara concordancia entre ambos grupos y las aportaciones de la investigación didáctica. De acuerdo con ello, los criterios que deberían presidir la elaboración del curriculum serían:

— En primer lugar se muestra un serio rechazo de los habituales curricula, enciclopédicos, completamente obligatorios e inabordables. Por el contrario se antepone la profundización a la extensión, optando por la idea de un curriculum organizado —como se ha hecho recientemente en Inglaterra— en torno a un núcleo o «core» obligatorio (correspondiente al 40-60% del tiempo disponible) y de la libre elección debidamente fundamentada, del resto. Un curriculum, además, con carácter cíclico para algunos temas fundamentales, de forma a lograr la necesaria profundización y afianzamiento.

— En segundo lugar se opta por un curriculum que conjunte una verdadera aplicación de la metodología científica con la adquisición de un cuerpo coherente de conocimientos. Se rechaza así, tanto una enseñanza basada en la transmisión de conocimientos elaborados —en la que la metodología científica pierde su razón de ser— como el descubrimiento inductivo y autónomo— que conduce a adquisiciones dispersas y anecdóticas—, y se sostiene que el papel del profesor ha de ser el de organizar actividades de aprendizaje y dirigir el trabajo de investigación de los alumnos.

— Este aprendizaje ha de ser organizado como un proceso de cambio conceptual y metodológico, teniendo en cuenta tanto las estructuras conceptuales previas de los alumnos como las tendencias metodológicas habituales que conducen a sacar conclusiones precipitadas a partir de observaciones cualitativas.

— Se resalta también el papel de la historia de las ciencias —la necesidad de tener en cuenta los cambios de paradigma, etc.— en contra de una visión acumulativa, ahistórica.

Esta atención al papel de la historia debe ligarse a la necesidad de introducir en el curriculum nuevos aspectos de la educación científica, reconociendo que las dimensiones históricas, sociológicas, tecnológicas y humanísticas son tan válidas para la organización de las experiencias de aprendizaje como los contenidos o los aspectos metodológicos, resultando, por otra parte, absolutamente esenciales para favorecer una actitud positiva hacia la ciencia y su aprendizaje (Yager y Penick, 1983).

En resumen: se preconiza un curriculum flexible — tan sólo un «core» habría de ser obligatorio— con predominio de la profundidad sobre la extensión, que valore los aspectos metodológicos junto a la adquisición de un cuerpo coherente de conocimientos. Un curriculum que tome la estructura conceptual de los alumnos como punto de partida y que se organice para la consecución de un cambio conceptual y metodológico que se ajuste en cierta medida a las grandes transformaciones o revoluciones científicas. Un curriculum por último, que no olvide las dimensiones históricas, sociológicas, tecnológicas,... absolutamente esenciales para fa-

vorecer una actitud positiva hacia la ciencia y su aprendizaje.

La elaboración de un curriculum concreto ajustado a estos criterios supone ahora establecer en qué debe consistir el core obligatorio, sabiendo que necesariamente partes importantes de la materia habrán de quedar fuera del mismo, pero con la posibilidad de que cada profesor haga justificadamente su elección de otros aspectos. Es preciso insistir en que dicho core habrá de incluir explícitamente los aspectos metodológicos considerados imprescindibles, evitando la habitual reducción del curriculum a un simple temario.

Tabla I  
Valoración de las distintas opciones por el profesorado

	Grupo 1(N=48)		Grupo 2(N=71)	
	M <sub>1</sub>	s.d	M <sub>2</sub>	s.d.
<u>I. Obligatoriedad del curriculum</u>				
I.1 Curriculum obligatorio.....	3.77	3.87	3.90	3.17
I.2 Curriculum libre .....	4.85	3.31	5.00	3.15
I.3 "Core" obligatorio .....	7.42	3.24	6.97	3.13
<u>II. Amplitud versus profundidad</u>				
2.1 Profundidad .....	7.15	2.53	6.89	2.44
2.2 Extensión .....	3.96	2.16	4.40	2.97
<u>III. Distribución temporal</u>				
3.1 Carácter cíclico .....	7.06	2.91	7.45	2.10
3.2 Evitar repeticiones .....	6.19	2.96	4.75	2.90
<u>IV. Contenidos (saber) y metodología (saber hacer)</u>				
4.1 Curriculum centrado en la metodología...	3.55	2.80	4.32	3.02
4.2 Importancia de contenidos bien ordenados	6.79	2.73	6.20	2.19
4.3 Aunar la aplicación de la metodología científica con la adquisición de un cuerpo coherente de conocimientos (enseñanza por investigación) .....	8.67	1.66	7.30	2.50
4.4 Investigación autónoma de los alumnos ..	5.46	3.37	4.60	4.20
4.5 La investigación de los alumnos exige un cambio metodológico en sus hábitos .....	7.90	2.23	7.30	2.18
<u>V. Estilos de enseñanza</u>				
5.1 Transmisión verbal .....	3.06	2.60	3.01	2.40
5.2 Trabajo autónomo de los alumnos .....	3.92	2.62	3.86	2.86
5.3 Investigación dirigida por el profesor..	9.21	1.89	8.50	1.70
<u>VI. Conocimientos previos de los alumnos</u>				
6.1 Organizar el aprendizaje como cambio conceptual y metodológico .....	8.75	1.42	8.40	1.77
6.2 Organizar el aprendizaje de acuerdo con la lógica propia de la materia .....	4.27	3.32	3.90	3.03
<u>VII. Papel de la Historia de las ciencias</u>				
7.1 Contra el enfoque histórico .....	3.42	2.77	3.20	2.70
7.2 Importancia de la Historia de las ciencias .....	7.02	2.49	5.90	2.16
7.3 Uso indirecto de la Historia de las ciencias como fuente de situaciones de aprendizaje .....	7.29	2.21	7.03	2.33
7.4 Organización ahistórica de los contenidos	4.96	3.60	5.50	3.01
7.5 Atención a los cambios de paradigma ....	8.83	1.64	7.90	2.39

APENDICE

<p><b>1. Sobre la obligatoriedad del curriculum</b></p>	
<p>1.1. Se ha de determinar, a través de los estudios y consultas pertinentes cuáles son los contenidos fundamentales y confeccionar el curriculum correspondiente, que adquiere así carácter obligatorio..... —</p>	<p>mine, justificadamente, su propio curriculum..... —</p>
<p>1.2. Se han de hacer públicas unas recomendaciones básicas pero dejando libertad para que cada profesor o grupo de profesores deter-</p>	<p>1.3. Se han de fijar unos contenidos mínimos que sólo cubran una fracción del tiempo disponible, dejando libertad para que cada profesor determine, justificadamente, el resto del curriculum a partir de ciertas opciones..... —</p>
<p><b>2. Sobre la amplitud del curriculum</b></p>	
<p>2.1. Se debe seleccionar la materia tratada, anteponiendo la profundidad y coherencia a un tratamiento extenso..... —</p>	<p>2.2. Se ha de proporcionar una visión amplia, sin lagunas importantes, anteponiendo la extensión a la profundidad..... —</p>
<p><b>3. Sobre la distribución de la materia estudiada</b></p>	
<p>3.1. Para lograr un aprendizaje significativo, algunos temas fundamentales deben ser estudiados en cursos sucesivos con profundidad creciente..... —</p>	<p>3.2. Sería conveniente evitar la frecuente repetición de muchos temas para cubrir mejor un curriculum más amplio..... —</p>
<p><b>4. Sobre el «saber» y el «saber hacer»</b></p>	
<p>4.1. Dada la rápida evolución de los conocimientos, un curso de Física y Química debería estar centrado en los procesos, es decir, en la familiarización con la metodología científica, sin que los contenidos importen demasiado..... —</p>	<p>4.4. La actitud investigadora es natural en los alumnos y debe permitirse su desarrollo autónomo sin coartarla imponiéndoles la pasiva recepción del discurso profesoral..... —</p>
<p>4.2. Para que se produzca un verdadero aprendizaje y no simples adquisiciones anecdóticas es preciso que el curriculum esté centrado en contenidos bien ordenados..... —</p>	<p>4.5. La metodología científica supone la superación de las tendencias habituales a sacar conclusiones precipitadas a partir de observaciones cualitativas. En consecuencia, la enseñanza debe favorecer la superación de estas tendencias en el alumnado, cambio metodológico nada simple que exige una atención particular a lo largo del periodo de estudios..... —</p>
<p>4.3. Se debe organizar el trabajo en la clase como investigación, de forma que se conjunte una verdadera aplicación de la metodología científica con la adquisición de un cuerpo coherente de conocimientos..... —</p>	
<p><b>5. Sobre el papel del profesor en el desarrollo del curriculum</b></p>	
<p>5.1. Sólo una enseñanza basada en la transmisión de conocimientos ordenados puede evitar el caer en adquisiciones dispersas. Así pues, el trabajo en la clase ha de estar centrado en el discurso ordenado del profesor y en la asimilación activa de los alumnos..... —</p>	<p>alumnos, y al profesor corresponde actuar como un experto al que se puede consultar en caso de necesidad..... —</p>
<p>5.2. Solo un trabajo autónomo, que responda a las motivaciones de los alumnos, puede favorecer un auténtico desarrollo intelectual. El trabajo en la clase ha de dejar amplia autonomía a los</p>	<p>5.3. El papel del profesor ha de ser el de organizador de actividades de aprendizaje y dirigir el trabajo de los alumnos, sin limitarlo a la mera asimilación de sus exposiciones ni renunciar a una acción orientadora, coherente con cualquier tarea colectiva de investigación..... —</p>
<p><b>6. Sobre los conocimientos previos de los alumnos</b></p>	
<p>6.1. El aprendizaje no puede concebirse como un proceso de simple acumulación de conocimientos, sino como cambio conceptual y metodológico, como transformación de la estructura cognoscitiva de los alumnos. En este sentido es preciso tener muy en cuenta las ideas y hábitos iniciales de los alumnos, ya sea para apoyarse en ellos, ya sea para transformarlos o incluso derribarlos..... —</p>	<p>6.2. El curriculum de cada curso se debe organizar de acuerdo con una distribución lógica y coherente de la materia a lo largo de los estudios y no debe ser alterado por las carencias de los alumnos mal preparados, porque ello se traduce en un descenso progresivo y alarmante del nivel..... —</p>

7. Sobre el papel de la historia de las ciencias

- 7.1. El desarrollo histórico de una ciencia suele ser un proceso excesivamente complejo. Un curso debe enfocarse, pues, atendiendo fundamentalmente a la lógica propia de la materia y no a su historia .....
- 7.2. Conocer la historia de una ciencia permite aproximarse al proceso de creación científica y tiene, además, un indudable interés cultural. El currículum habrá pues de contener elementos de historia de la ciencia estudiada.....
- 7.3. El papel esencial de la historia de las ciencias en la enseñanza consiste en su utilización por el profesor para crear las situaciones de aprendizaje que permitan a los alumnos rehacer, en cierta medida, los conocimientos científicos al tiempo que se familiarizan con la metodología científica .....
- 7.4. No debe seguir separándose artificialmente —en aras de un cierto historicismo— entre Física Clásica y Física Moderna. Así, por ejemplo, al estudiar los principios de conser-

vación de la masa y de la energía, resulta lógico referirse a la ecuación de Einstein  $E=mc^2$  .....

- 7.5. La evolución histórica de una ciencia no es un proceso meramente acumulativo. Los conocimientos se articulan en cuerpos coherentes o Teorías, hasta que dificultades insuperables provocan una revolución teórica, el surgimiento de un nuevo paradigma. La enseñanza de una ciencia debe tener en cuenta estos hechos y no dar una visión simplemente acumulativa del desarrollo científico. Dicho de otro modo, la enseñanza ha de organizarse para provocar cambios conceptuales, ajustados en cierta medida a los grandes cambios de paradigma. Así, los alumnos han de comprender, al menos cualitativamente, contra qué visión del comportamiento de la materia se edifica la mecánica clásica y los límites de esta que condujeron a la Relatividad y a la Mecánica Cuántica .....

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AUSUBEL, D.P., 1978, *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*, (Trillas, México).

BUNGE, M., 1972, *La investigación científica*, (Ariel, Barcelona).

BYBEE, R.W., 1977, The New Transformation of Science Education, *Science Education*, 61, pp. 85-97.

CARRASCOSA, J., 1983, Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: Selección bibliográfica, *Enseñanza de las Ciencias*, 1, pp. 63-65.

GIL, D., 1980, Papel de la historia de las ciencias en un planteamiento activo del aprendizaje, *Actas del Simposio la Historia de la Ciencia y la Enseñanza*, ICE de la Universidad de Valencia, pp. 80.

GIORDAN, A., 1978, Observation-Experimentation: Mais comment les élèves apprennent-ils?, *Revue Française de Pédagogie*, 44, pp. 66-73.

HEWSON, P.W., 1981, A conceptual Change Approach to Learning Science, *European Journal of Science Education*, 3, pp. 383-396.

KORNHAUSER, A., 1979, Trends in Research in Chemical Education, *European Journal of Science Education*, 1, pp. 21-50.

KRASILCHIK, M., 1979, Biology Teaching in Brazil: A Case of Curricular Transformation, *Journal of Biological Education*, 13.

LA PENSÉE, C.W., 1981, Teacher Training and the Pupil-Oriented Lesson in West Germany, *Journal of Chemical Education*, 58, 569.

MACDONALD, J.B., 1975, Curriculum and Human Interest, *Curriculum Theorizing: The Reconceptualist* editado por Pinar Um (McCutchan Publishing Corp.: Berkeley, USA).

NSTA (National Science Teachers Association), 1964, Curriculum Committee pp. 17-18.

NAVARRO, V., 1983, La historia de las ciencias y la enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, 1, pp. 50-53.

NOVAK, J.D., 1982, *Teoría y práctica de la educación* (Alianza-Madrid).

PETERSON, R.W., The Impact of Paradigm-based Research on Classroom Practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 16, pp. 523.

PIAGET, J., 1969, *Psicología y Pedagogía* (Ariel, Barcelona).

PIAGET, J., 1971, *Psicología y epistemología* (Ariel, Barcelona).

POSNER, G.S., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A., 1982, Accommodation of Scientific Conception: Towards a Theory of Conceptual Change, *Science Education* 66, pp. 211-227.

RUSSELL, T.L., 1981, What History of Science, How Much, and Why?, *Science Education* 65, pp. 51-64.

SEARLES, W.E., 1981, A taxonomic Study of Curriculum Development Models Used in Science Education, *European Journal of Sciences Education* 3, pp. 77-91.

SEMINARIO DE FISICA Y QUIMICA, 1983, Hacia un nuevo currículum de Física y Química para el Bachillerato: I. Una consulta al Profesorado, *Enseñanza de las Ciencias*, 2, pp. 106-108.

SERRAMONA, J., 1980, *Investigación y estadística aplicadas a la educación*, (CEAC, Barcelona).

TALL G., 1981, British Science Curriculum Projects - How Have They Taken Root in Schools?, *European Journal of Science Education*, 3, pp. 17-36.

TEBUTT, M.J., 1981, Teachers' reactions to the JMB A-level Physics core, *Physics Education* 16, pp. 287-290.

YAGER, R.E., y PENICH, J.E., 1983, Analysis of the Current Problems with School Science in the United States of America, *European Journal of Science Education*, vol. 5, pp. 463-469.