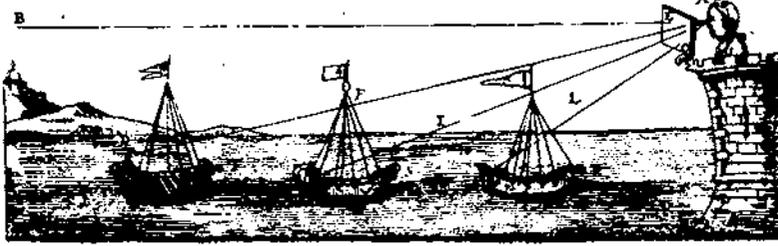


# INVESTIGACION



## Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

---

### LOS EXÁMENES DE FÍSICA EN LA ENSEÑANZA POR TRANSMISIÓN Y EN LA ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN

ALONSO, M.<sup>1</sup>, GIL, D.<sup>2</sup> y MARTÍNEZ TORREGROSA, J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CEP de Elda.

<sup>2</sup> Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.

<sup>3</sup> CEP de Alicante. ICE de la Universidad de Alicante.

---

#### SUMMARY

In this paper we show the results of a comparative analysis between ordinary tests of Physics and Chemistry and the ones used from a constructivist view. The study is focused in two aspects: firstly, it aims to show that the constructivist conception of learning imposes considerable modifications in the tests content; secondly it highlights the deficiencies found in the tests designed after constructivist teaching. These deficiencies will just be solved by an investigation mainly aimed to assessment transformation.

---

#### 1. INTRODUCCIÓN

Los estudios iniciados en la década de los 70 sobre las ideas intuitivas de los alumnos (Viennot 1979, Gilbert y Watts 1983, Driver y Erikson 1983, Osborne y Wittrock 1983) han derivado en el desarrollo de propuestas funda-

mentadas para producir el aprendizaje significativo de los conocimientos científicos. Dichas propuestas se enmarcan en una orientación constructivista que constituye hoy, sin duda, el paradigma emergente en enseñanza

de las ciencias (Resnick 1983, Novak 1988). Estas transformaciones han afectado a casi todos los aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje, desde la propia concepción del currículo a la manera de estructurar el trabajo en el aula para que los alumnos (re)construyan conocimientos (Furió y Gil 1978, Driver y Oldham 1986, Gil y Martínez Torregrosa 1987, Wheatley 1991), pasando por la forma de realizar los trabajos prácticos (Gil y Payá 1988, Payá 1991), el modo de abordar los problemas (Gil y Martínez Torregrosa 1983, Gil, Dumas-Carré, Caillet, Martínez Torregrosa y Ramírez 1988) o la misma introducción de conceptos (Hewson 1981, Posner, Strike, Hewson y Gertzog 1982, Hashweh 1986, Hodson 1988, Gil y Carrascosa 1990).

Sin embargo, aunque los procesos de evaluación se consideran, cada vez más, esenciales para el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias por su influencia sobre la actividad de profesores y alumnos (Satterly y Swann 1988), es difícil encontrar investigaciones sobre la práctica evaluadora habitual en estas materias y, menos aún, trabajos sistemáticos sobre evaluación planteados en contextos específicos que partan de los hallazgos recientes de la investigación educativa en enseñanza de las ciencias. Pero, justamente desde esta perspectiva, cabe suponer que la evaluación, como cualquier otro aspecto didáctico, sólo puede tener sentido convenientemente integrada dentro de un modelo de enseñanza/aprendizaje fundamentado y que, de no existir coherencia entre dicho modelo y las actividades de evaluación, se producirán serias disfunciones en el proceso de aprendizaje. De hecho, una de las conclusiones de la conferencia de investigadores sobre la enseñanza de las ciencias celebrada en la Universidad de Berkeley en enero de 1986 fue advertir que «ningún cambio en el currículo podrá darse por consolidado si no se ve acompañado de un cambio similar en la evaluación» (Linn 1987).

Por nuestra parte, hemos iniciado una investigación en este campo con la que pretendemos (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa 1991):

- a) Clarificar el papel y características que deberá tener la evaluación para ser coherente con los hallazgos recientes de la investigación sobre enseñanza/aprendizaje de las ciencias.
- b) Analizar, a la luz de dicho estudio, la práctica evaluadora habitual, cara a establecer con precisión sus insuficiencias.
- c) Diseñar nuevos sistemas de evaluación coherentes con el cuerpo de conocimientos hoy disponible sobre la enseñanza/aprendizaje de las ciencias y poner a prueba su efectividad.

Como contribución a dicha investigación, este trabajo se propone estudiar si una enseñanza orientada por los nuevos planteamientos constructivistas genera modificaciones en la forma de evaluar aunque la transformación de la evaluación no haya sido contemplada explícitamente. Ello apoyaría, sin duda, la visión de las propuestas constructivistas como un modelo global que impondría su propia lógica a todos los aspectos del proceso de

enseñanza-aprendizaje. En caso contrario, podría pensarse que las modificaciones introducidas en aspectos concretos —como introducción de conceptos, trabajos prácticos, etc.— no han llegado a cuajar en un modelo coherente, capaz de desplazar el modelo de transmisión/recepción de conocimientos ya elaborados. Pero si, como pensamos, la orientación constructivista supone algo más que unos simples retoques puntuales, los profesores que están ajustando su enseñanza a las nuevas propuestas habrán introducido ya modificaciones importantes en la evaluación. Un estudio comparativo de la práctica evaluadora habitual y la de dichos profesores deberá mostrar, pues, diferencias importantes.

Conviene aclarar que lo anterior no supone que sea innecesario un tratamiento específico de la evaluación en el marco del nuevo modelo. Al contrario, dicho tratamiento es absolutamente necesario: en primer lugar, porque las concepciones docentes espontáneas acerca de la evaluación constituyen auténticos obstáculos que es preciso abordar explícitamente (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez Torregrosa 1991); en segundo lugar, porque el papel central de la evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje permite concebir que una reconsideración en profundidad de la evaluación realice aportaciones de interés al propio modelo. No esperamos, pues, que la práctica evaluadora pueda ser plenamente coherente con las características del modelo constructivista sin proceder a un estudio en profundidad de la evaluación. El análisis comparativo que proponemos puede contribuir a dicho estudio y mostrar, al propio tiempo, que el modelo constructivista ha alcanzado la trabazón suficiente para afectar, al menos parcialmente, al conjunto de los aspectos didácticos.

Con este propósito, presentamos aquí los resultados de un primer análisis comparativo entre los exámenes habituales en Física y Química y los exámenes propuestos por profesores que realizan en sus clases una enseñanza por investigación, pero que no han tenido ocasión de reflexionar explícitamente sobre la evaluación. Claro está que la actividad evaluadora va mucho más allá de los «momentos especiales» que constituyen los exámenes: en realidad, desde nuestra perspectiva la distinción entre una «situación de aprendizaje» y una «de evaluación» es prácticamente inexistente (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa 1991). Sin embargo, limitamos inicialmente este estudio comparativo al contenido de los exámenes, puesto que, en una enseñanza por transmisión, la evaluación suele reducirse a los mismos. Por otra parte, es precisamente en los exámenes donde aparece mejor reflejado qué es aquello a lo que se da más importancia (Hoyat 1962), por lo que son, sin duda, un indicador claro y fiable de la práctica evaluadora.

## 2. HIPÓTESIS

Ya hemos avanzado en la introducción las hipótesis que han guiado el análisis comparativo de exámenes que presentamos en este trabajo. De modo muy resumido, podemos expresarlas como sigue:

1) El tipo de evaluación que se realiza normalmente en las clases de Física y Química no se utiliza para favorecer un aprendizaje significativo, es decir, que integre los conocimientos de forma no arbitraria en las estructuras conceptuales de los alumnos (Ausubel 1978).

2) El modelo de enseñanza por investigación conlleva una concepción y práctica de la evaluación sustancialmente diferente de la habitual. Cabe esperar, por ello, que los profesores que utilizan en sus clases dicho modelo de enseñanza hayan introducido ya –pese a no haber procedido a un estudio explícito sobre el papel de la evaluación– modificaciones importantes en su práctica evaluadora.

3) No obstante lo anterior, cabe esperar que dicha práctica evaluadora, aun siendo significativamente diferente de la habitual, adolecerá de algunas carencias o deficiencias de importancia, que sólo una investigación explícitamente dirigida a la transformación de la evaluación podrá subsanar.

A continuación, resumimos algunas de las razones en que basamos estas hipótesis:

Por lo que se refiere a la evaluación habitual, resulta lógico suponer que no se utilice como instrumento de aprendizaje significativo si tenemos en cuenta que, según las concepciones y prácticas docentes de sentido común sobre la evaluación, ésta está destinada primordialmente a constatar si los alumnos han adquirido los conocimientos que se han transmitido en clase (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez Torregrosa 1991). Ello se ve reforzado por una enseñanza que no tiene en cuenta siquiera las ideas previas o alternativas de los alumnos que pueden ser obstáculo para aprender. En efecto, la forma en que se enseña a resolver problemas (Gilbert 1980, Gil y Martínez Torregrosa 1984), el modo en que se realizan los trabajos prácticos (Tobin 1986, Gil y Payá 1988) y la forma en que se introducen los conceptos (Helm 1980, Carrascosa y Gil 1985) en la enseñanza de la Física y la Química no permiten cuestionar las ideas espontáneas, con el resultado de que dichas ideas perviven después de varios años de enseñanza, pero no sólo en alumnos que suspenden, sino también en estudiantes con brillante expediente académico, alumnos de facultad, licenciados e, incluso, profesores en ejercicio (Viennot 1979, Helm 1980, Sebastián 1984, Carrascosa y Gil 1985). Es más, algunos estudios han mostrado que los alumnos de cursos superiores tienen más seguridad en las respuestas erróneas que sus compañeros de menor edad (Carrascosa y Gil 1990); quizá debido a que las han usado durante más tiempo sin sentir las cuestionadas. La evaluación practicada en este contexto, pues, no sólo no ha sido utilizada como instrumento de impulso del aprendizaje, sino que ni siquiera ha servido para indicar si el mismo se ha producido.

Todo ello viene apoyado, insistimos, por la formación docente «ambiental» –la que inconscientemente ha adquirido todo profesor cuando fue alumno–, convirtiéndose en una seria barrera frente a cualquier intento de innovación (Gené y Gil 1988, Tobin y Espinet 1989). Precisamente en el aspecto de la evaluación, esta in-

fluencia ambiental se ve reforzada por la escasa o nula formación recibida por los profesores sobre esta cuestión (Doran 1980, Hodson 1986), que suele abordarse desde una perspectiva pedagógica general escasamente efectiva (McDermott 1990)

También las pruebas exteriores –por ejemplo, las pruebas de selectividad– condicionan la actividad docente en esta misma dirección de evaluación terminal y reducida a los contenidos conceptuales (Hoyat 1962). Dichas pruebas son, a su vez, un buen indicador de qué es lo que se espera que sea «normal» por parte de la comunidad de profesores.

Parece claro, pues, que la verificación de nuestra primera hipótesis no sería sino un indicador más de hasta qué punto no se ha producido una verdadera transformación de la enseñanza de la Física y Química y sigue prevaleciendo el modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la transmisión-asimilación de conocimientos en su forma menos elaborada, sin siquiera incorporar las propuestas que autores como Ausubel (1978) han realizado para dotar al modelo de algunos elementos favorecedores de un aprendizaje significativo (atención a los conocimientos previos de los alumnos, etc.). Cabe suponer, en efecto, que dicho modelo de transmisión-recepción imponga una cierta lógica a todos los aspectos del aprendizaje, evitando modificaciones puntuales para que no cuestionen la globalidad. Así, por ejemplo, la idea de utilizar la evaluación como instrumento de aprendizaje conlleva, entre otros aspectos, la necesidad de realizar un seguimiento continuo (única forma de incidir en el mismo). Pero llevarlo a cabo requeriría introducir formas de organización en las clases que permitan a los alumnos mostrar sus avances, sus dificultades, etc. –más allá de la simple repetición de lo transmitido por el profesor– que cuestionan esencialmente el propio modelo de transmisión/recepción.

Del mismo modo, por lo que se refiere a la evaluación realizada por el profesorado que utiliza el modelo de enseñanza por investigación, hemos de suponer que la formación recibida por estos profesores en otros aspectos del modelo (introducción de conceptos, resolución de problemas, etc.) y, muy concretamente, la idea de orientar el aprendizaje como una investigación dirigida haya llevado a éstos a replantear su actividad evaluadora, introduciendo modificaciones que la hagan más coherente con la nueva forma de trabajo. Aunque no es éste el lugar para desarrollar con detalle las implicaciones de la orientación constructivista sobre la evaluación, merece la pena detenerse, siquiera brevemente, a mostrar la distancia que debe esperarse entre una práctica evaluadora realizada en este contexto y la habitual. En efecto, es difícil, desde la perspectiva constructivista, encontrar funcionalidad a una evaluación consistente en el enjuiciamiento «objetivo» y terminal de la labor realizada por cada alumno; por el contrario, el profesor, en su papel de director/experto de investigadores novatos (Gil y Martínez Torregrosa 1987), no puede situarse frente a sus alumnos, sino con ellos. Su pregunta deja de ser «quién merece una valoración positiva y quién no», para convertirse en «qué ayudas precisa cada cual para seguir avanzando en el proceso de construcción». Sabe que

para ello son necesarios un seguimiento atento y una retroalimentación constante que reoriente e impulse la tarea. Así, al atribuir a la evaluación el papel de instrumento de aprendizaje que deberá suministrar retroalimentación adecuada a los alumnos (¡y al propio profesor!) y contribuir a mejorar la enseñanza, se rompe con bastantes de las concepciones de sentido común sobre la propia evaluación, modificando sus características. En otros lugares (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa 1991, Gil, Carrascosa, Furió y Martínez Torregrosa 1991), hemos desarrollado con detalle estas características que muy sucintamente podemos resumir aquí en los siguientes puntos:

1) En primer lugar, si la evaluación ha de constituir un instrumento de impulso, es necesario que los alumnos perciban las situaciones de evaluación como ocasiones de ayuda real, generadora de expectativas positivas y útil para tomar conciencia de sus propios avances, dificultades y necesidades.

2) Si ha de favorecer un aprendizaje significativo, deberá contemplar todos los aspectos (conceptuales, metodológicos y actitudinales) que ese aprendizaje entraña, lo que supone romper con su habitual reducción a aquello que permite una medida más fácil y rápida: la memorización repetitiva de los «conocimientos teóricos» y su aplicación, igualmente repetitiva, a ejercicios de mera aplicación.

3) Si ha de ser aceptada como algo necesario para alcanzar los objetivos asumidos, deberá referirse a criterios claros de progreso establecidos a partir de lo que hoy sabemos sobre el aprendizaje científico. Sin caer en taxonomías muy pormenorizadas de objetivos operativos (Bloom, Hastings y Madaus 1975) —expresión de orientaciones behavioristas hoy claramente en retroceso (Gimeno 1982)—, es necesario tener presente los grandes objetivos de la educación científica y los obstáculos a superar (Martinand 1986) para hacer posible los cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales que esa educación entraña.

4) Si aceptamos, una vez más, que la cuestión esencial no es averiguar quiénes son capaces de hacer las cosas bien y quiénes no, sino lograr que la mayoría consiga hacerlas bien; es decir, si aceptamos que el papel fundamental de la evaluación es incidir positivamente en el proceso de aprendizaje, es preciso concluir que ha de tratarse de una evaluación realizada a lo largo de todo el proceso, integrando las actividades evaluadoras en el mismo con el fin de dar retroalimentación adecuada y adoptar, en su caso, las medidas correctoras necesarias (Colombo, Pesa y Salinas 1986).

5) Por último, si debe constituir también un instrumento eficaz de mejora de la enseñanza, parece obvio que no puede olvidarse que se trata de una tarea colectiva, en la que el papel del profesor y el funcionamiento del centro constituyen factores determinantes a los que la evaluación debe prestar la debida atención.

Consideramos, pues, que la utilización de un modelo de enseñanza de este tipo debería imponer al profesorado una práctica evaluadora muy diferente de la habitual. De

acuerdo con ello y tal como enunciamos en la segunda hipótesis, esperamos encontrar en los profesores que están orientando el aprendizaje como una investigación unas formas de evaluación coherentes con las características descritas.

Finalmente, por lo que se refiere a nuestra tercera hipótesis, hemos de considerar que el hecho de que el aspecto de la evaluación haya sido, hasta el momento, poco o casi nada tratado en las actividades de formación del profesorado hace presumir que la tendencia exigida por el nuevo modelo no haya podido desarrollarse plenamente en ausencia de una atención explícita al problema de la evaluación y a las preconcepciones docentes en este campo.

En resumen, de confirmarse las hipótesis anteriores, se vería reforzada nuestra convicción de la necesidad de abordar también la evaluación de forma sistemática y específica e incorporar el resultado de estos trabajos al cuerpo de conocimientos que la didáctica de las ciencias está construyendo y a las actividades de formación del profesorado en activo.

### 3. OPERATIVIZACIÓN DE LAS HIPÓTESIS. DISEÑO EXPERIMENTAL

El desarrollo de las hipótesis anteriores permite derivar, como hemos dicho, diversas consecuencias para incidir en su contrastación desde varios ángulos, estudiando qué concepciones y qué expectativas tienen los profesores hacia la evaluación, cómo perciben los alumnos la práctica evaluadora a que son sometidos, cuál es el contenido de las actividades de evaluación, etc. Como hemos precisado en la introducción, aquí abordamos solamente este último aspecto, analizando el contenido de los exámenes.

En consecuencia, operativizamos nuestra hipótesis de que la evaluación habitual en Física y Química no se utiliza para favorecer un aprendizaje significativo afirmando que en las pruebas de calificación —donde aparece aquello a que se da más importancia (Hoyat 1962)— estarán ausentes toda una serie de aspectos que la investigación educativa considera, hoy, fundamentales para lograr este tipo de aprendizaje que es concebido como un proceso de cambio conceptual, metodológico y actitudinal de quienes aprenden (Posner, Strike, Hewson y Gerzog 1982, Gil y Carrascosa 1985 y 1990).

Más concretamente, esperamos encontrar en las pruebas habituales escasa presencia de actividades (sean preguntas, ejercicios, problemas, etc.) de los siguientes tipos:

a) Actividades con énfasis en el manejo significativo de los conceptos, es decir, situaciones de cambio conceptual para cuya resolución sea necesario que los alumnos cuestionen ideas intuitivas o «alternativas» que constituyen un obstáculo a las ideas científicas, cuestiones de tipo conceptual que no puedan ser resueltas mediante la simple regurgitación de conocimientos transmitidos;

por ejemplo, aquéllas que demandan utilizar los conceptos inventados en contextos distintos a los vistos en clase, o establecer relaciones entre ellos de modo creativo (como la construcción de mapas conceptuales), etc.

b) Actividades que junto, con la puesta en juego del bagaje conceptual, pongan el énfasis en los aspectos de tipo metodológico; es decir, actividades para cuya resolución sea preciso utilizar aspectos de la metodología científica, tales como la realización de planteamientos cualitativos, la toma de decisiones simplificadoras, etc., para acotar situaciones problemáticas, la formulación de hipótesis y consideración de situaciones límite, la elaboración de estrategias de resolución, el análisis cualitativo de resultados, etc.

c) Actividades sobre aspectos de las relaciones Ciencia/Técnica/ Sociedad; por ejemplo, aquéllas en las que surgen cuestiones de aplicación a la vida cotidiana de lo tratado en clase (demandando explicación del funcionamiento de utensilios técnicos, etc.), debates sobre las consecuencias tecnológicas del desarrollo científico y viceversa, análisis de noticias de prensa relacionadas con el tema que se está trabajando, etc.

d) Si parece poco probable encontrar en las pruebas habituales actividades de evaluación de los tipos anteriores, menos aún cabe esperar que aparezcan actividades que indiquen una intención de utilizar los exámenes, no ya como indicadores de la consecución o no de aprendizaje significativo, sino como ocasión privilegiada de reflexión e impulso, de autorregulación de los alumnos. Parece, pues, más difícil aún encontrar en los exámenes actividades que por su contenido podrían ubicarse en alguno de los grupos anteriores, pero presentadas de modo que los alumnos tengan que reflexionar y dar cuenta de sus propios avances, carencias o dificultades al realizar el examen o permitan aporte de retroalimentación adecuada por el profesor en el mismo desarrollo de la prueba.

Merece la pena detenerse aquí a señalar la importancia y significación que tendría que se incluyeran actividades de este tipo en los exámenes. En efecto, como hemos desarrollado con más detalle en otro lugar (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa 1991), su presencia supondría, en nuestra opinión, un indicador inequívoco de que la evaluación se está utilizando con propósito explícito de incidir sobre el aprendizaje en el mismo momento de realizar acciones evaluadoras, aprovechando así la implicación de los alumnos en esta actividad (como se evidencia en el interés existente cuando se corrige en clase una prueba inmediatamente después de hacerla). Ello supondría, pues, explotar de modo positivo la «tensión evaluadora», convirtiendo los momentos de evaluación en ocasiones privilegiadas de aprendizaje. Este uso de los exámenes es absolutamente coherente con la posición constructivista y parece especialmente indicado para favorecer actitudes positivas hacia el aprendizaje científico (¡y hacia la propia evaluación!). En este sentido, recordaremos aquí, tan sólo, que hoy sabemos que los estudiantes construyen, junto con su imagen de «la realidad exterior a ellos», una visión de sí mismos y de su competencia en cada campo, que depende de sus

experiencias anteriores en el mismo y determina sus expectativas, afectando a cómo regulan su propio aprendizaje (Linn 1987). Consecuentemente, desde una posición que considera la evaluación como instrumento de impulso del aprendizaje, parece ineludible que las pruebas presten atención prioritaria a fomentar la implicación de los estudiantes en su proceso de construcción de significados, propiciando situaciones de *feed-back* entre los alumnos y sus propios procesos de aprendizaje.

A pesar de todo ello, y aunque la investigación en enseñanza de las ciencias reconoce cada vez más la importancia de que las situaciones de aprendizaje estimulen a los alumnos a autorregularse (Brophy 1983, Baird 1986, Linn 1987, Tobin 1988), hay pocas referencias en la literatura relativas a la idoneidad de los exámenes para contribuir a este fin, lo que desde nuestra perspectiva constituye una carencia importante.

Por último, por lo que se refiere a las pruebas utilizadas por los profesores que utilizan en clase el modelo de enseñanza por investigación, ya hemos comentado que esperamos vislumbrar en las mismas una tendencia clara hacia la búsqueda de coherencia con la orientación constructivista, apreciándose una importante disminución de actividades que permitan o favorezcan un aprendizaje repetitivo y la incorporación, en su lugar, de algunos de los aspectos citados anteriormente.

#### 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

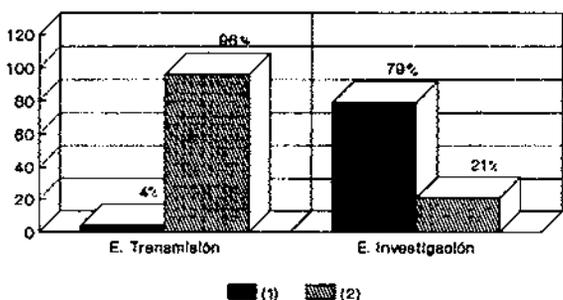
De acuerdo con el diseño expuesto, se han analizado un total de 470 preguntas de evaluación, correspondientes a 73 exámenes habituales de 47 profesores de Enseñanza Media (10 preguntas por profesor), y 150 preguntas pertenecientes a 32 exámenes de 15 profesores que utilizan el modelo de enseñanza por investigación. Los 105 exámenes analizados abarcaron todos los niveles de Enseñanza Media (14-18 años) y presentaron un predominio de preguntas de Mecánica, lo que —si tenemos en cuenta que en este campo de la Física las ideas espontáneas son muy arraigadas (Carrascosa y Gil 1990)— convierte al conjunto de preguntas analizadas en una muestra privilegiada en contra de nuestra primera hipótesis, aumentando, en su caso, el grado de significación de los resultados.

Mostramos los resultados obtenidos (Tabla I), acompañados de dos gráficos (Fig. 1 y 2) que pueden ayudar a interpretarlos: en el primero (Fig. 1), se representa el porcentaje de actividades de uno u otro tipo (actividades que permiten un aprendizaje repetitivo y actividades con énfasis en aspectos esenciales para producir el aprendizaje significativo, encontrados en cada muestra, o, lo que es lo mismo, el porcentaje de resultados a favor y en contra, respectivamente de nuestra primera y segunda hipótesis; el segundo (Fig. 2) muestra de modo algo más pormenorizado, la comparación entre el perfil de un examen medio habitual y el de un examen propuesto desde el modelo de enseñanza por investigación —aún,

Tabla I  
Resultados del análisis comparativo de exámenes.

Actividades de evaluación encontradas en los exámenes realizados en:	Enseñanza por transmisión % (Sd)	Enseñanza por investigación % (Sd)
A) Con énfasis en aspectos de manejo significativo de los conceptos.	2,3 (0,7)	38,7 (4,0)
B) Con énfasis en aspectos de tipo metodológico.	1,9 (0,6)	38,0 (4,0)
C) Sobre aspectos de las relaciones C/T/S.	0,6 (0,4)	2,0 (1,1)
D) Actividades de autorregulación	0 -	0 -
<b>TOTAL ACTIVIDADES QUE PUEDEN FAVORECER UN APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO</b>	<b>4,3 (0,9)</b>	<b>78,7 (3,3)</b>
E) Ejercicios de aplicación con enunciado totalmente directivo.	56,2 (2,3)	18,0 (3,1)
F) Ejercicios de manejo, involucrando sólo destrezas meramente operativas.	24,3 (2,0)	2,0 (1,1)
G) Cuestiones de teoría que pueden contestarse por la mera repetición memorística.	15,7 (1,7)	1,3 (0,9)
<b>TOTAL ACTIVIDADES QUE NO FOMENTAN UN APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO</b>	<b>95,7 (2,6)</b>	<b>21,3 (3,3)</b>

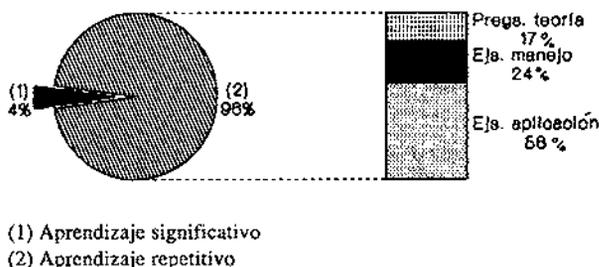
Figura 1  
Resultados globales.  
Porcentajes de actividades de cada tipo.



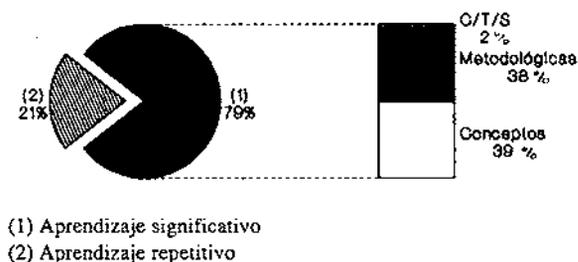
(1) Actividades que favorecen un aprendizaje significativo.  
(2) Actividades que favorecen un aprendizaje repetitivo.

cuando los profesores involucrados no han recibido formación específica en este aspecto—, es decir, los porcentajes de preguntas de los diversos tipos de una «prueba media» de cada muestra. Adjuntamos también (Anexos I, II y III) algunos ejemplos comentados de cada uno de los tipos de actividades de evaluación analizadas.

Figura 2  
Prueba media en la enseñanza por transmisión.



Prueba media en la enseñanza por investigación.



Como podemos constatar, los resultados obtenidos confirman nuestras hipótesis, incluso con más contundencia de la esperada. Así, por lo que se refiere a los exámenes habituales, el análisis realizado muestra inequívocamente que las actividades incluidas en dichas pruebas son totalmente coherentes con el modelo de enseñanza por transmisión de contenidos elaborados. Como puede apreciarse a través de los ejemplos comentados (Anexo I), la práctica totalidad (95,79%) de esas actividades permiten –y, por lo tanto favorecen– el aprendizaje repetitivo, bien sea porque pueden realizarse mediante una aplicación dirigida y operativista de los contenidos brindados (56,2%), mediante el manejo de destrezas meramente operativas (24,3%) o recurriendo a la simple repetición memorística (15,7%). La ausencia de actividades con énfasis en los aspectos metodológicos, actitudinales e, incluso, en la comprensión y manejo significativo de los contenidos conceptuales es prácticamente total en estos exámenes escogidos al azar.

Las conclusiones más importantes de este análisis son, sin embargo, las obtenidas del estudio comparativo entre unas y otras pruebas, donde destaca en primer lugar la abrumadora diferencia entre los exámenes habituales y los utilizados desde el modelo de enseñanza por investigación. A tenor de ella, puede afirmarse, en nuestra opinión, que los profesores familiarizados con este modelo de enseñanza han modificado realmente su didáctica, separándose significativamente de la habitual, lo que se refleja de forma manifiesta en la disminución del porcentaje de actividades meramente repetitivas (de la práctica totalidad a tan solo un 21,3%) y en la incorporación, en su lugar, de toda una serie de aspectos que enriquecen el perfil de esas pruebas haciéndolas mucho más completas, útiles y variadas. (Ver Anexo II donde, para mostrar claramente la distancia entre estas pruebas y las habituales, se presentan ejemplos de actividades encontradas en esta segunda muestra, referidas a estos mismos aspectos).

En el otro platillo de la balanza debemos detenernos a considerar las carencias encontradas en estas pruebas en relación con lo que debería esperarse de un planteamiento evaluador realizado desde nuestro modelo. Hemos de referirnos, en particular, a la escasísima presencia de actividades de evaluación sobre aspectos de las relaciones Ciencia / Técnica / Sociedad y a una ausencia total de actividades de autorregulación.

Por lo que se refiere a las primeras, la necesidad de dotar al aprendizaje de las ciencias de sus facetas educativas y humanísticas, incorporando al currículo y a la evaluación aspectos de la relación entre la ciencia y la tecnología y sus implicaciones sociales, ha sido reclamada por numerosos autores (Akienhead 1985, Gagliardi y Giordan 1986, Polo y López 1987, Solbes y Vilches 1989), que han puesto de manifiesto el papel que han de jugar estos aspectos en proporcionar a los estudiantes una imagen correcta de los científicos y la ciencia (Gil et al. 1991) y en favorecer una mejor actitud de los alumnos hacia el aprendizaje de estas disciplinas, por lo que no nos extenderemos aquí sobre este punto.

En cambio, como hemos indicado al justificar las hipótesis, es difícil encontrar referencias explícitas relativas a la

idoneidad de los exámenes para plantear situaciones de autorregulación, a pesar de constituir una derivación lógica de los planteamientos constructivistas. En el desarrollo de nuestra propuesta (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa 1991), hemos mostrado también que el diseño y uso de este tipo de actividades no reviste especial dificultad si previamente se ha modificado el «punto de mira», pudiendo elaborarse actividades de autorregulación, por ejemplo (Anexo III):

- Proponiendo situaciones que remitan a otras actividades que hayan sido realizadas en momentos anteriores del desarrollo del tema evaluado, con el fin de mostrar a los alumnos sus avances a lo largo de dicho tema.

- Pidiendo a los alumnos que corrijan o critiquen una interpretación proporcionada por el profesor que incluya algunos de los errores que, presumiblemente, hubieran podido cometer.

- Solicitándoles que revisen una primera realización de la actividad, previsiblemente incorrecta o imprecisa, después de proporcionarles (en el mismo examen) una orientación o, incluso, la propia respuesta correcta, en un momento adecuado.

- Incluyendo propuestas de reflexión sobre lo realizado y lo que cabría realizar para continuar, remitiendo al hilo conductor del tema, orientando sobre próximas actividades, etc.

Todas estas situaciones forman parte habitual de una enseñanza por investigación y, sin duda, quienes orientan el aprendizaje de este modo, es decir, como construcción colectiva de conocimientos, utilizan la exposición y discusión del trabajo de los equipos de alumnos como retroalimentación, incidiendo en el proceso de aprendizaje. La cuestión pendiente está en comunicar también a los exámenes –que siguen siendo convenientes como recapitulaciones, etc.– estas características, a lo que podrá contribuir una reflexión explícita y detenida sobre la propia actividad evaluadora.

Podemos decir, pues, a modo de conclusión, que la ausencia de actividades de autorregulación en los exámenes está reflejando, en nuestra opinión, algo más que una carencia, está poniendo de manifiesto que el concepto de evaluación no ha sido todavía modificado sustancialmente respecto del habitual, ya que, al introducir en las pruebas actividades con énfasis en los aspectos metodológicos, sobre las relaciones C/T/S o demandando el manejo significativo de los conceptos, cambia totalmente su contenido y el tipo de procesos cognitivos que se evalúan, aunque no el sentido de la actividad evaluadora, que puede seguirse entendiendo como un momento de simple constatación.

Todo ello refuerza nuestra convicción de la importancia de continuar los estudios y experiencias iniciados en la dirección de establecer y probar un nuevo sistema de evaluación e incorporar el fruto de este trabajo a las tareas de perfeccionamiento del profesorado, cuyos resultados parciales son muy prometedores.

ANEXO I

EJEMPLOS DE ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN ENCONTRADAS EN LOS EXÁMENES ESCOGIDOS AL AZAR

Las actividades de evaluación más frecuentes encontradas en los exámenes escogidos al azar han quedado incluidas en tres apartados, E, F y G (Tabla I). Seguidamente mostramos, brevemente comentados, algunos ejemplos de actividades de cada uno de estos tipos:

**Actividades del tipo E (Ejercicios de aplicación)**

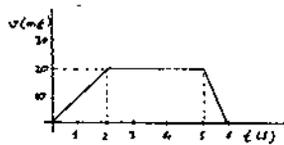
*E1:* Un coche que circula a la velocidad de 72 Km/h, para en 6s por la acción de los frenos. Calcular: *a)* la aceleración mientras frena; *b)* el espacio recorrido durante ese tiempo, *c)* si la masa del coche son 1000 Kg, el valor de la fuerza de los frenos.

*Comentario:* Los ejercicios de aplicación como el anterior constituyen las preguntas más frecuentes en los exámenes habituales (56,2%). Se trata de situaciones no problemáticas, ya que este tipo de enunciados son totalmente directivos y cerrados (Gil y Martínez Torregrosa 1984). Así, en este ejemplo, se proporcionan de entrada los datos necesarios, aparece totalmente precisado el «problema», la secuenciación dirige la resolución e, incluso, se proporcionan los datos a medida que van a ser necesarios. Todo ello deja sin sentido las tareas de realizar un planteamiento cualitativo previo, de acotar la situación planteada, de elaborar posibles estrategias de resolución, de analizar el resultado al carecer de hipótesis a las que referir dicho análisis, etc.

**Actividades del tipo F (Ejercicios de manejo operativo)**

*F1:* Realizar los siguientes cambios de unidades:  
72 Km/h=.....m/s, 60 m/s=.....Km/h, etc.

*F2:* Un objeto se mueve de acuerdo con la gráfica adjunta.



Obtener la aceleración del objeto en los intervalos que se indican, explicando qué tipo de movimiento lleva en cada caso.

*Comentario:* Actividades de manejo como la primera u otras similares – por ejemplo, preguntas de formulación, ajuste de

reacciones químicas, etc.— aparecen también con gran frecuencia en los exámenes. Sin dejar de reconocer que tales instrumentos son necesarios, no cabe duda de que este tipo de cuestiones sólo pueden utilizarse para constatar el grado de adiestramiento de los alumnos en una destreza meramente operativa, que pueden realizar sin reflexión alguna.

Otras actividades de manejo habituales son aquéllas, como la segunda, en las que se precisa manipular una relación dada o manejar unos datos o una gráfica también de modo meramente operativo. Aunque el lenguaje gráfico es un instrumento óptimo para fomentar el abordaje cualitativo de situaciones físicas, en este ejemplo se fomenta un uso operativista y sin contenido físico del mismo: basta con aplicar reiteradamente la relación  $a = \Delta v / \Delta t$ , tomando como punto de partida los valores de la gráfica, y recordar los tipos de movimiento estudiados.

**Actividades del tipo G (Cuestiones de teoría)**

*G1:* Enunciar el principio de acción y reacción y poner ejemplos.

*G2:* Definir con precisión los siguientes conceptos: sustancia pura, elemento, compuesto, mezcla y disolución.

*Comentario:* Las preguntas de teoría que aparecen en los exámenes habituales son, casi siempre, del tipo de las dos anteriores. Para resolver la primera, basta con reproducir un enunciado transmitido y alguno de los ejemplos tratados en clase. Es más, la demanda de ejemplos –que puede interpretarse como un indicador de una intención de evaluar algo más que la mera repetición memorística– puede inducir al error de hacer pensar que el segundo principio de la Dinámica sólo se cumple en algunas situaciones en vez de tener una validez general.

La segunda pregunta parece pretender la realización de una síntesis de conceptos clave de la Química. Sin embargo, puede ser respondida simplemente replicando definiciones dadas. En algunas ocasiones esta pregunta se sustituye por la siguiente: «Dados los siguientes materiales..., indicar, para cada uno de ellos, si se trata de un elemento, un compuesto, una mezcla, etc.». Aunque con este enunciado alternativo quizá se esté intentado huir de la mera reproducción memorística, incluso con esta formulación, el alumno sólo puede acudir a su memoria para responder, ya que ha de basar su respuesta en propiedades previamente conocidas de los materiales proporcionados.

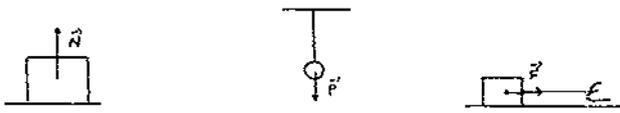
ANEXO II

EJEMPLOS DE ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN ENCONTRADAS EN LOS EXÁMENES REALIZADOS EN LA ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN

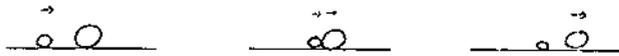
Para mostrar claramente la distancia entre estas actividades y las habituales, mostraremos aquí ejemplos de actividades de los tipos A y B (Tabla I) referidas a los mismos aspectos que algunos de los ejemplos de actividades de evaluación habituales presentados en el anexo I.

Actividades del tipo A (Con énfasis en aspectos de manejo significativo de los conceptos)

A1: Dibujar razonadamente las fuerzas de reacción a las representadas:

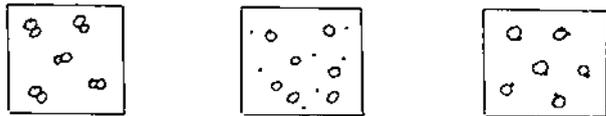


A2: Dibujar sólo las fuerzas de interacción entre las dos bolas en los instantes representados (las flechas indican la dirección y sentido del movimiento de ambas bolas):



*Comentario:* Estas dos actividades pueden constituir una alternativa a la cuestión G1 (Anexo I). Para responder con corrección a la primera, es indispensable que los alumnos identifiquen con precisión los pares acción-reacción, es decir, que hayan incorporado a su modo de pensar el concepto de fuerza como interacción. La segunda, requiere que se haya producido una situación de cambio conceptual, ya que si los alumnos reierten a ideas intuitivas erróneas sobre el concepto de fuerza, en vez de utilizar las ideas científicas, dibujarán fuerzas solamente en el sentido del movimiento, supondrán que, en el choque, «sólo una bola le hace fuerza a la otra», etc.

A3: Indicar, para cada una de las porciones de materia representadas, si se trata de un elemento, un compuesto o una mezcla de sustancias:

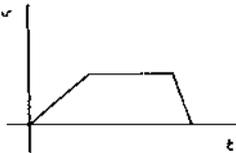


*Comentario:* Para clarificar los conceptos clave implicados en la pregunta G2 (Anexo I), pueden usarse diagramas como los anteriores, que obligan a los alumnos a interpretar estos conceptos a la luz de la teoría atómico-molecular (Briggs y Holding 1986,

Sanmartí 1990). En este caso, si la adquisición de estos conceptos no ha sido significativa, los alumnos incurrirán en alguno de los errores que hicieron tan difícil diferenciarlos históricamente (por ejemplo, no admitirán que un elemento puede ser biatómico o no diferenciarán entre mezcla y compuesto).

Actividades del tipo B (Con énfasis en aspectos de tipo metodológico)

B1: La rapidez de un movimiento evoluciona con el tiempo según la gráfica adjunta. Explicar cómo es este movimiento y representar sobre la trayectoria adjunta, mediante cruces, sucesivas posiciones del móvil a intervalos iguales de tiempo, a partir de la indicada.



*Comentario:* Se trata de una actividad similar a F2 (Anexo I), en la que se han omitido los valores y sustituido la referencia a «tipos de movimiento» por la demanda de una descripción cualitativa del mismo. Al no poder ser utilizados los valores como punto de partida, se obliga a comenzar por lo cualitativo, fomentando el hábito de pensar antes de calcular, es decir, favoreciendo el cambio metodológico de un modo de actuar meramente operativista a una forma de abordar las situaciones que utilice aspectos de la metodología científica. Con ello, la pregunta también recupera su carga conceptual al requerir una diferenciación precisa entre las magnitudes cinemáticas (no confundir posición con rapidez, rapidez con aceleración,...) en términos cualitativos.

B2: El conductor de un vehículo se encuentra un semáforo cerrado. ¿Conseguirá detenerse antes de sobrepasarlo?

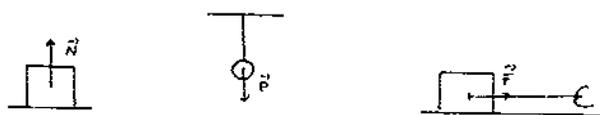
*Comentario:* Al eliminar todos los datos y condiciones del ejercicio habitual de aplicación E1 (Anexo I), éste se convierte en un verdadero problema, en una situación abierta que debe ser abordada como investigación (Gil y Martínez Torregrosa 1983). Ahora, los alumnos deben comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que consideren reinantes, etc.; proseguir emitiendo hipótesis sobre los factores de que depende la magnitud buscada y sobre la forma de esa dependencia; elaborar posibles estrategias de resolución; etc.

ANEXO III

EJEMPLOS DE ACTIVIDADES DE AUTORREGULACIÓN

Las actividades de evaluación encontradas en los exámenes realizados en la enseñanza por investigación son sustancialmente diferentes de las habituales, pero presentan, como ya hemos indicado, dos grandes carencias en relación con lo que debería esperarse desde nuestro modelo evaluador: una escasisima presencia de actividades de evaluación sobre aspectos de las relaciones C/T/S y una ausencia total de actividades de autorregulación. La introducción de estas últimas supone, como hemos dicho, algo más que cambiar el contenido de los exámenes y no presenta especial dificultad. En este anexo, mostraremos algunos ejemplos de este tipo de actividades elaboradas transformando algunas de las presentadas en el anexo II (concretamente la A2, A3 y B1).

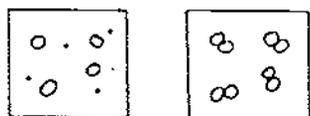
**A2R:** Al inicio del tema de Dinámica, se pidió a los grupos dibujar las fuerzas que actúan sobre las bolas representadas:



Realizar de nuevo esta actividad corrigiendo y comentando posibles errores cometidos entonces e indicando el posible origen de los mismos.

**Comentario:** Una forma de proponer actividades de autorregulación consiste, simplemente, en pedir a los alumnos que realicen una misma actividad en dos momentos diferentes en el desarrollo de un tema. Se trata de hacerles plenamente conscientes de sus avances y las dificultades que han encontrado para lograrlos. Con ello se hace explícito que la evaluación se realiza en términos de progreso. Una forma más sutil de propiciar la reflexión sobre errores conceptuales u otros, sin necesidad de implicar personalmente a los alumnos en sus propias realizaciones anteriores, es redactar la actividad como se muestra en el siguiente ejemplo:

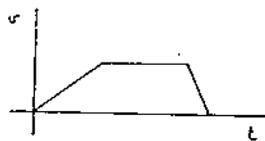
**A3R:** A dos personas que no conocen bien el modelo atómico-molecular se les ha pedido que representen las partículas de un compuesto y han propuesto los dibujos adjuntos. Dar argumentos a cada una de ellas para que se den cuenta de que su respuesta no es correcta y proponer un dibujo mejor.



compuesto y han propuesto los dibujos adjuntos. Dar argumentos a cada una de ellas para que se den cuenta de que su respuesta no es correcta y proponer un dibujo mejor.

**Comentario:** El error cometido por «esas personas» es, precisamente, el que los alumnos podrían haber cometido al presentarles la pregunta del modo habitual. Achacar las posibles respuestas erróneas a otros produce cierto alejamiento que favorece la crítica y demandar la reflexión sobre esos errores propicia una oportunidad de aprendizaje en la misma prueba. Así, estas preguntas son especialmente indicadas para resaltar avances importantes a lo largo del curso o dar nuevos impulsos en momentos adecuados sobre cuestiones difíciles al obligar a los alumnos a fijarse y rechazar posibles errores. La idea de autorregulación puede ser llevada al mismo momento de realizar el examen redactando alguna cuestión como se muestra en el siguiente y último ejemplo de este anexo:

**B1R:** a) La rapidez de un movimiento evoluciona con el tiempo según la gráfica adjunta. Explicar cómo es ese movimiento y representar sobre la trayectoria adjunta, mediante cruces, sucesivas posiciones del móvil, a intervalos iguales de tiempo, a partir de la indicada.



representar sobre la trayectoria adjunta, mediante cruces, sucesivas posiciones del móvil, a intervalos iguales de tiempo, a partir de la indicada.



b) Una vez realizado el apartado a, solicitar la respuesta correcta y comparar con la que se había hecho, comentando y corrigiendo posibles errores.

**Comentario:** Al añadir el apartado b a la cuestión habitual, ésta, además de servir para evaluar la calidad de la primera respuesta—en la que se demanda una resolución inicial razonada y cualitativa—, da ocasión a los alumnos de reflexionar sobre sus posibles carencias o dificultades y aprender en el mismo momento de realizar el examen. Actividades redactadas así son especialmente útiles para incidir, mediante la evaluación, en «puntos negros» o aspectos especialmente difíciles, contribuyendo a evitar que se conviertan en barreras en el desarrollo posterior. De este modo, los alumnos perciben claramente que los errores son fuente de aprendizaje y que la evaluación se utiliza como instrumento de impulso del mismo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKENHEAD, G., 1985. Collective decision making in the social context of science, *Science Education*, 69(4), pp. 453-475.
- ALONSO, M., GIL, M. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1991. Propuesta de evaluación en Física y análisis de la evaluación habitual. *Resúmenes de Premios Nacionales a la Investigación e Innovación Educativas 1990*. (CIDE: MEC).
- AUSUBEL, D.P., 1978. *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. (Trillas: Méjico).
- BAIRD, J.R., 1986. Improving learning through enhanced metacognition: A classroom study, *European Journal of Science Education*, 8 (3), pp. 263-282.
- BLOOM, B., HASTINGS, J. y MADAUS G., 1975. *Evaluación del aprendizaje*. (Troquel: Buenos Aires).
- BRIGGS, H. y HOLDING, B., 1986. *Aspects of secondary students understanding of elementary ideas in chemistry: Full Report*. Centre of Studies in Science and Mathematics Education. (The University Leeds).
- BROPHY, J., 1983. Conceptualising student motivation, *Educational Psychologist*, 18, pp. 212-215.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D., 1985. Science learning as a conceptual and methodological change, *European Journal of Science Education*, Vol. 5, pp. 70-81.
- COLOMBO DE CUDMANI, L., PESA DE DANON, M. y SALINAS DE SANDOVAL, J., 1986. La realimentación en la evaluación en un curso de Laboratorio de Física, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), pp. 122-128.
- DRIVER, R. y OLDHAM, V., 1986. A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-122.
- DRIVER, R. y ERIKSON, G., 1983. Theories into action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual framework in Science, *Studies in Science Education*, Vol. 10, pp. 37-70.
- DORAN, R.L., 1980. *Basic Measurement and evaluation of Science Instruction*. (National Science Teachers Association Ed).
- FURIÓ, C. y GIL, D., 1978. El programa-guía: una propuesta para la renovación de la Didáctica de la Física y la Química en el Bachillerato. (ICE de la Universidad de Valencia).
- GAGLIARDI, R., y GIORDAN, M., 1986. Contra el mito de la neutralidad de la ciencia: el papel de la Historia, *Enseñanza de las Ciencias*, 4, pp. 153-163.
- GENÉ, A. y GIL, D., 1987. Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado; una orientación y un programa teóricamente fundamentados, *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 257-265.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J., 1990. What to do about science misconceptions?, *Science Education*, 74(5), pp. 531-540.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1991. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. (ICE de la Universitat de Barcelona, Horsori).
- GIL, G., DUMAS-CARRÉ, A., CAILLOT, M., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y RAMÍREZ, L., 1989. La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, 6, pp. 3-20.
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1984. Problem-solving in Physics: a critical analysis, *Research on Physics Education*. (Éditions du CNRS: París).
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1987. Los programas-guías de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias, *Investigación en la Escuela*, 3, pp. 3-12.
- GIL, D. y PAYÁ, J., 1988. Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica, *Revista de Enseñanza de la Física*, 2(2), pp. 73-79.
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1983. A model for problem solving in accordance with scientific methodology, *European Journal of Science Education*, 5, pp. 447-455.
- GILBERT, G. L., 1980. How do I get the answer, *Journal of Chemical Education*, 57, pp. 79-81.
- GILBERT, J.K. y WATTS, M., 1983. Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education, *Studies in Science Education*, Vol. 10, pp. 61-98.
- GIMENO, J., 1982. *La pedagogía por objetivos: obsesión por la eficiencia*. (Morata: Madrid).
- HASHWEH, M.Z., 1986. Towards an explanation of conceptual change, *European Journal of Science Education*, 8 (3), pp. 229-249.
- HELM, H., 1980. Misconceptions in physics amongst South African Students, *Physics Education*, 15, pp. 92-105.
- HEWSON, P.W., 1981. A conceptual change approach to learning science, *European Journal of Science Education*, 8 (3), pp. 229-249.
- HODSON, D., 1986. The role of assesment in the «Curriculum Cycle»: a survey of science department practice, *Research in Science and Technological Education*, Vol. 4 (1), pp. 7-17.
- HODSON, D., 1988. Towards a philosophically more valid science curriculum, *Science Education*, 72 (1), pp. 19-40.
- HOYAT, F., 1962. *Les examens*. (Institut de l'Unesco pour l'Education, Ed Bourrelrier: París).
- LINN, M., 1987. Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 24 (3), pp. 191-216.
- MARTINAND, J. L., 1986. *Connaître et transformer la matière*. (Peter Lang: Berna).
- McDERMOTT, L.C., 1990. A perspective on teacher preparation in physics - an other sciences: the need for special science courses for teachers, *American Journal of Physics*, 58(8), pp. 734-742.
- NOVAK, J. D., 1988. Constructivismo humano: un consenso emergente, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6 (3), pp. 213-223.

- OSBORNE, R. y WITTRICK, M., 1983. Learning science: a generative process, *Science Education*, 67, pp. 490-508.
- PAYÁ, J., 1991. *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física y la Química. Un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. Tesis doctoral. (Universidad de Valencia).
- POLO, F., y LÓPEZ, J.A., 1987. Los científicos y sus actitudes políticas ante los problemas de nuestro tiempo, *Enseñanza de las Ciencias*, 5, pp. 239-247.
- POSNER, G.J., STRIKE, K. A., HEWSON, P.V. y GERTZOG, W.A., 1982. Acomodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, pp. 211-227.
- RESNICK, L. B., 1983. Mathematics and Science Learning: a new conception, *Science*, 220, pp. 477-478.
- SANMARTÍ, N., 1989. *Estudio sobre las dificultades de los estudiantes en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y compuesto*. Tesis doctoral. (Facultat de Ciències Químiques de la Universitat Autònoma de Barcelona: Lleida).
- SATTERLY, D., y SWANN, N., 1988. Los exámenes referidos al criterio y al concepto de ciencias: un nuevo sistema de evaluación, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6 (3), pp. 278-284.
- SEBASTIÁ, J. M., 1984. Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes, *Enseñanza de las Ciencias*, 2, pp. 83-89.
- SOLBES, J., y VILCHES, A., 1989. Interacciones Ciencia / Técnica / Sociedad: Un instrumento de cambio actitudinal, *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), pp. 14-20.
- TOBIN, K., 1986. Secondary science laboratory activities, *European Journal of Science Education*, 8(2), pp. 199-211.
- TOBIN, K., 1988. Active teaching for higher cognitive learning in science, *International Journal of Science Education*, Vol. 10(1), pp. 17-27.
- TOBIN, K. y ESPINET, M., 1989. Impediments to change: applications of coaching in high-school science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, (2), pp. 105-120.
- VIENNOT, I., 1976. *Le Raisonnement Spontané en Dynamique Elementaire*. Tesis doctoral. Université Paris 7. (Herman: Paris).
- WHEATLEY, G.H., 1991. Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning, *Science Education*, 75(1), pp. 9-21.