

INVESTIGACION Y DESARROLLO

ACTIVIDADES DE EVALUACION COHERENTES CON UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE LA FISICA Y LA QUIMICA COMO INVESTIGACION: Actividades de autorregulación e interregulación

ALONSO SANCHEZ, M.⁽¹⁾, GIL PEREZ, D.⁽²⁾ y MARTINEZ TORREGROSA, J.⁽¹⁾

⁽¹⁾ Servicio de Formación del Profesorado de la Comunidad Valenciana

⁽²⁾ Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València

RESUMEN

La comunidad de investigadores sobre enseñanza de las ciencias ha proclamado recientemente la necesidad de cambiar la evaluación para hacerla coherente con una orientación constructivista del aprendizaje de nuestras materias. Intentando responder a este reto, hemos producido y puesto a prueba una nueva propuesta de evaluación en Física y Química, de la cual mostramos aquí uno de los aspectos que pueden ser más utilidad para el profesorado: la elaboración de actividades para evaluar las realizaciones de los alumnos con la nueva orientación. Se muestra una variedad de ejemplos de transformación de actividades de evaluación habituales en las pruebas de Física y Química en actividades alternativas pensadas para impulsar e indicar un aprendizaje significativo de nuestra materia.

ABSTRACT

Researchers in Science Education have recently claimed the necessity of changes in assessment practice in order to be coherent with a constructivist view of science teaching. Facing this challenge, we have developed and tested a new assessment proposal in Physics and Chemistry. Here we refer to an aspect that can be very useful for teachers: how to design new assessment activities adequate to the constructivist orientation. A great number of transformations of ordinary assessment activities into alternative ones are showed. Such new activities try to contribute to the improvement of meaningful Physics and Chemistry learning.

PRESENTACION

La enorme influencia que tiene la evaluación para conformar la actividad de profesores y alumnos (Hoyat, 1962; Ausubel, Novak y Hanesian, 1976; Hodson, 1986; Satterly y Swann, 1988; Crooks, 1988;...) ha puesto de relieve, desde hace algún tiempo, la necesidad, proclamada por los investigadores en la enseñanza de las ciencias y diseñadores del currículum, de cambiar la evaluación en el mismo sentido que los desarrollos produci-

dos en los últimos años en otros aspectos de didáctica de las ciencias (Linn, 1987). En este sentido, la orientación constructivista del aprendizaje requiere una nueva concepción y práctica de la evaluación que sea consistente con sus presupuestos teóricos y pueda llegar a ser un modelo plausible para el profesorado (Gil et al., 1991; Rodríguez et al., 1992; Lorbach et al., 1992; Jorba y SanMartí, 1993; Nisbet, 1993).

Intentando responder a este reto, hemos produci-

do y puesto a prueba una nueva propuesta de evaluación en la enseñanza de la Física y la Química adecuada a nuestro modelo global de enseñanza por investigación (Gil, 1986 y 1993), habiendo podido mostrar que es posible fundamentar y desarrollar concretamente una nueva evaluación en la enseñanza de nuestra materia concebida como un instrumento de aprendizaje y de mejora de la enseñanza, es decir, como un elemento didáctico útil para impulsar el propio proceso evaluado (Alonso, 1990, 1993 y 1994). En otros trabajos hemos presentado algunos aspectos de este desarrollo, tales como los resultados de un análisis comparativo entre el contenido de las pruebas utilizadas en la enseñanza habitual y en la enseñanza por investigación (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1992a) y los resultados de un estudio sobre las concepciones docentes espontáneas en la evaluación y su tratamiento (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1992b y 1995). Aquí nos vamos a referir a una de las cuestiones que pueden ser de más utilidad para el profesorado de nuestra materia en relación con este tema: la elaboración de actividades para evaluar las realizaciones de los alumnos con la nueva orientación.

Más concretamente, vamos a presentar, en primer lugar, una variedad de ejemplos de transformación de actividades habituales en los exámenes de Física y Química en actividades con un contenido adecuado a la enseñanza por investigación. A continuación propondremos nuevas actividades evaluadoras concebidas especialmente para favorecer los procesos de autorregulación de los alumnos (Baird, 1986; Allal, 1988; Alonso, 1990; Perrenoud, 1991; Jorba y SanMartí, 1993) y potenciar así el valor de la evaluación como instrumento de aprendizaje. Con la presentación de estos ejemplos, esperamos transformar la evaluación en este punto y darle una orientación coherente con las propuestas de enseñanza-aprendizaje como investigación.

1. ACTIVIDADES DE EVALUACION CON UN CONTENIDO COHERENTE CON EL APRENDIZAJE DE LA FISICA Y QUIMICA COMO INVESTIGACION.

En un trabajo anterior ya mostramos que las

actividades de evaluación habituales en los exámenes de Física y Química de Secundaria distan mucho de contemplar los aspectos de contenido que la investigación sobre enseñanza de nuestra materia considera hoy necesarios para inducir o siquiera indicar un aprendizaje significativo por los alumnos (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1992a). Más concretamente, los resultados de aquel análisis de exámenes revelaron que las actividades habituales en ellos pueden reducirse a los 3 tipos siguientes: preguntas de teoría que permiten la repetición memorística (que constituyen aproximadamente un 16% del total), pretendidos problemas que se presentan como simples ejercicios de aplicación cerrados (56%), y ejercicios de manejo que sólo involucran destrezas de tipo operativo (23%). Es decir, la casi totalidad de las actividades encontradas entonces en las pruebas (95%) fueron totalmente incoherentes con una orientación del aprendizaje como construcción de conocimientos, poniendo en evidencia la necesidad de realizar un importante esfuerzo por recuperar en la evaluación los aspectos conceptuales, los aspectos de la metodología científica y las situaciones de conexión entre ciencia, técnica y sociedad, ausentes en dichas actividades evaluadoras habituales.

Para mostrar que ello no es excesivamente difícil, una vez nos situamos en una posición acorde con la orientación constructivista del aprendizaje de las ciencias, vamos ahora a elaborar algunos ejemplos de actividades alternativas a las preguntas habituales en los exámenes de Física y Química de Secundaria, intentando cubrir los principales aspectos de contenido de la enseñanza por investigación.

1.a Elaboración de actividades con énfasis en aspectos conceptuales de la Física y la Química a partir de preguntas de teoría memorísticas

El mencionado análisis de exámenes habituales puso de manifiesto que las preguntas de teoría que contienen las pruebas habituales de Física y Química de Secundaria se pueden incluir en alguno de los 3 tipos siguientes: 1) preguntas que demandan reproducir definiciones dadas previamente en clase, 2) preguntas que demandan enunciar leyes o principios desarrollados en clase, solicitando en algunos casos algún ejemplo de

concreción de los mismos y 3) preguntas que demandan exposiciones globales de apartados o capítulos desarrollados en el aula. En este primer apartado vamos a elaborar algunas actividades alternativas intentando prestar más atención a los aspectos conceptuales de la Física y Química, ausentes en estos tres tipos de preguntas habituales.

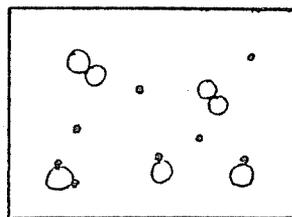
Comenzamos por una actividad muy frecuente en los exámenes de Física y Química de Secundaria:

Actividad habitual: *"Definir con precisión los siguientes términos: elemento, compuesto, mezcla y disolución."*

Esta cuestión parece pretender que los alumnos realicen una síntesis de conceptos clave de la Química, pero puede ser respondida por ellos simplemente reproduciendo definiciones dadas en clase. En algunas ocasiones esta pregunta se sustituye en las pruebas habituales por la siguiente: "Dados los siguientes materiales..., indicar, para cada uno de ellos, si se trata de un elemento, un compuesto, una mezcla, etc". Y, aunque con este enunciado alternativo quizá se esté intentando huir de la mera reproducción memorística, incluso con esta formulación los alumnos sólo pueden acudir a su memoria para responder, ya que han de basar su respuesta en propiedades previamente conocidas de los materiales proporcionados.

Sin embargo, sobre este mismo contenido se pueden plantear perfectamente actividades de evaluación alternativas sustancialmente diferentes a la pregunta habitual. Si se desea que la actividad permita apreciar en qué grado han incorporado los alumnos a su cuerpo de conocimientos los conceptos anteriores, deberemos tener en cuenta que ello ha de suponer haberlos integrado dentro del modelo atómico-molecular de la materia (que, suponemos, se habrá desarrollado antes en clase). Podemos, entonces, plantear una situación donde los alumnos tengan que decidir si determinadas representaciones de estructuras corpusculares pueden corresponder a un elemento, un compuesto, etc:

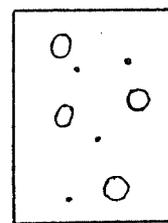
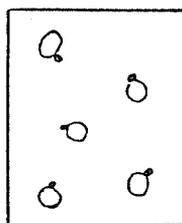
Actividad alternativa: *Señalar cuántas sustancias diferentes se han representado en el cuadro adjunto, indicando cuáles son elementos y cuáles compuestos.*

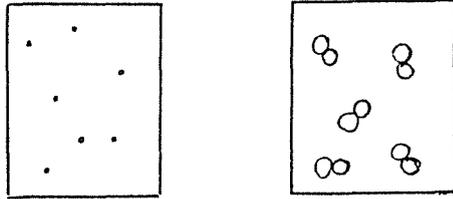


Estos diagramas que obligan a interpretar los conceptos anteriores a la luz de la teoría atómico-molecular (Holding, 1985) pueden ser muy útiles en la evaluación para apreciar si los alumnos incurrían en alguno de los errores que hicieron tan difícil históricamente diferenciarlos. La abundante investigación realizada en el campo de la enseñanza de las ciencias sobre errores conceptuales de los alumnos nos proporciona a este respecto un material muy valioso, ya que podemos aprovechar algunas de las cuestiones de diagnóstico utilizadas para evidenciar concepciones alternativas de los estudiantes, (re)diseñándolas con propósito evaluador.

En este caso particular podemos plantear a los alumnos una cuestión de decisión entre posibles estructuras moleculares, incluyendo en las representaciones alguno de estos "puntos negros", como, por ejemplo, la distinción entre mezcla y compuesto (Holding, 1985; Briggs y Holding, 1986; Sumfleth, 1988; Sanmartí, 1990; Llorens, 1991; Pozo et al., 1992) o la posibilidad de que las partículas de los elementos sean multiatómicas (Holding, 1985; Llorens, 1991; Pozo et al., 1992):

Actividad alternativa: *Para cada una de las representaciones adjuntas, indicar razonadamente si puede corresponder a un elemento, un compuesto o una mezcla de sustancias.*





E, igualmente, se pueden plantear actividades de evaluación similares estableciendo conexión entre lo macroscópico y lo microscópico:

Actividad alternativa: *El aire es una disolución donde predominan el nitrógeno (N_2 , aproximadamente 3/4 partes de las moléculas del aire son de N_2), el oxígeno (O_2 , aprox. 1/4) y, en mucha menor cantidad, el dióxido de carbono (CO_2). Representar en un diagrama, elaborado de acuerdo con la teoría atómico-molecular, una muestra de aire.*

Otro tipo de preguntas de teoría habituales en los exámenes son aquéllas, como la siguiente, que demandan enunciar un principio o ley dada en clase:

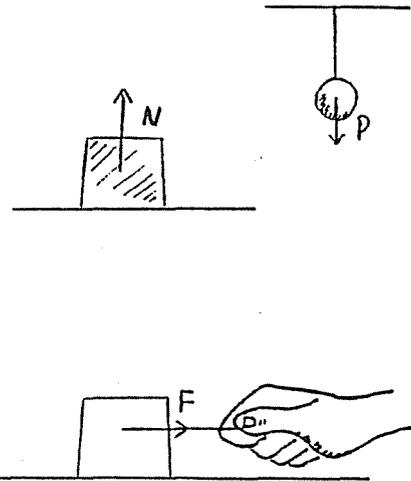
Actividad habitual: *"Enunciar el principio de acción y reacción y poner ejemplos."*

Para contestar correctamente a la pregunta anterior es suficiente con reproducir un enunciado transmitido y alguno de los ejemplos tratados en clase. Es más, en un contexto de enseñanza por transmisión, donde la introducción de ejemplos cotidianos en relación con el tercer principio de la Dinámica suele reducirse a típicas situaciones de dos móviles que avanzan en el sentido de las fuerzas de interacción (un cohete propulsado por gases, una persona que salta de una barca, etc), la demanda de tales ejemplos (aunque, en principio debe interpretarse como un indicador de una intención de valorar algo más que la repetición memorística) podría incluso inducir al error de hacer pensar que el tercer principio sólo se cumple en estas situaciones "típicas".

No es difícil concebir actividades de evaluación alternativas que presten atención a una adquisición significativa del tercer principio de la

Dinámica. Una vez más a hombros del trabajo realizado por la investigación sobre concepciones alternativas, podemos (re)producir para la evaluación enunciados como los siguientes (Calatayud, Gil et al., 1990):

Actividad alternativa: *Dibujar razonadamente las fuerzas de reacción a las representadas:*



Actividad alternativa: *Suponer que la bola A se dirige a chocar con la bola B (inicialmente en reposo sobre el plano) y que tras el choque A queda en reposo sobre el plano y B se desplaza hacia la derecha del dibujo. Dibujar sólo las fuerzas de interacción entre las dos bolas en los instantes representados:*



Al contrario de lo que sucede con la pregunta habitual, las dos actividades alternativas anteriores sí permiten apreciar en qué grado comprenden y utilizan los alumnos el tercer principio de la Dinámica, ya que para realizarlas correctamente ellos deberán concebir las fuerzas como interacciones. En efecto, para responder a la primera de dichas cuestiones es indispensable identificar con precisión los pares acción-reacción, mientras que la segunda requiere una situación de cambio conceptual, ya que si los alumnos revierten a ideas intuitivas erróneas sobre el concepto de fuerza en vez de utilizar las ideas científicas, dibujarán fuerzas solamente en el sentido del movimiento (Viennot, 1989; Gunstone y White, 1981; Watts y Zylberstajn, 1981; Sjöberg y Lie, 1981; Clement, 1982) o supondrán que en el choque "sólo la bola A le hace fuerza a B", etc.

El tercer grupo de preguntas de teoría que aparecen frecuentemente en los exámenes son aquéllas que solicitan a los alumnos realizar una exposición sobre algún apartado global importante desarrollado en clase. Por ejemplo la siguiente cuestión sobre la teoría corpuscular de la materia:

Actividad habitual: *Resumir, de acuerdo con la teoría cinético-corpuscular, las características principales del comportamiento de los gases.*

En este tipo de preguntas, parece desprenderse de los enunciados una intención de apreciar en qué grado poseen los alumnos una visión global de bloques importantes de conocimiento. A menudo parecen solicitar algo más que la mera repetición de contenidos transmitidos, ya que los enunciados incluyen, con alguna frecuencia, expresiones verbales tales como "resumir", "exponer las ideas más importantes", "hacer una síntesis", etc. Sin embargo, preguntas como la anterior no impiden a los alumnos (re)producir linealmente los conocimientos involucrados.

La investigación en la enseñanza de las ciencias nos ha suministrado instrumentos valiosos para llevar a los alumnos a poner en juego los aspectos principales de un bloque de conocimientos de manera más creativa, tales como los mapas conceptuales (Novak, 1991) con los que ellos deben establecer relaciones entre los conocimientos construidos:

Actividad alternativa: *Realizar un mapa conceptual donde aparezcan los aspectos principales del comportamiento de los gases, de acuerdo con la teoría cinético-corpuscular.*

Pero, sin necesidad de recurrir a instrumentos del tipo mapa conceptual, V heurística (Novak y Gowin, 1988; Izquierdo, 1994) u otros, podemos elaborar cuestiones de tipo global sobre éste u otros contenidos, presentadas de modo que impidan a los estudiantes caer en la simple reproducción memorística. En este caso, por ejemplo, podemos solicitar a los alumnos que establezcan conexión entre el modelo corpuscular de los gases y algunas situaciones técnicas cotidianas a las que dicho modelo puede dar explicación:

Actividad alternativa: *Explicar, sobre la base de la teoría cinético-corpuscular, el funcionamiento de un bombón.*

Actividad alternativa: *Para cerrar herméticamente los potes de mermelada se puede realizar el siguiente proceso: Calentar los potes llenos de mermelada al "baño María", cerrar y dejarlos enfriar. Explicar por qué, una vez fríos, cuesta tanto volverlos a abrir.*

Actividad alternativa: *Una persona bebe agua utilizando una pajita. Explicar, sobre la base del modelo corpuscular, qué es lo que hace que el agua suba del vaso a la boca por la pajita. (Seré, 1986; Pozo et al., 1992).*

Estas actividades alternativas exigen a los alumnos utilizar el modelo corpuscular en situaciones concretas, lo cual han de hacer de forma tentativa y abierta, más allá de la reproducción lineal de conocimientos.

Además, poseen dos propiedades esenciales que están ausentes en las actividades de teoría habituales en los exámenes, a saber: 1) Permiten sacar a la luz posibles preconcepciones erróneas persistentes a la enseñanza (por ejemplo, los alumnos pueden pensar que el agua sube por la pajita debido a una "fuerza absorbente"); 2) Establecen conexión explícita entre los conocimientos científicos y aspectos técnicos cotidianos (Solbes y Vilches, 1989 y 1992).

I.b Elaboración de problemas abiertos y de otras actividades con énfasis en aspectos de la metodología científica, a partir de ejercicios de aplicación.

Las preguntas más frecuentes en las pruebas de Física y Química de Secundaria son pretendidos problemas como el siguiente:

Actividad habitual: *Un coche, que circula a la velocidad de 72km/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 1000kg, el valor de la fuerza de los frenos.*

Estos ejercicios presentan situaciones escasamente problemáticas, ya que los enunciados son, casi siempre, totalmente directivos y cerrados (Gil y Martínez Torregrosa, 1983 y 1984). Así por ejemplo, en el ejercicio anterior se proporcionan de entrada todos los "datos necesarios", el "problema" aparece totalmente precisado, la misma secuenciación dirige la resolución e, incluso, se presentan los datos en el mismo orden en que deben ser utilizados. Todo ello deja sin sentido las tareas de realizar un planteamiento cualitativo previo de la situación, de acotar la cuestión planteada, de emitir hipótesis acerca de los factores que pueden influir sobre la magnitud buscada, de elaborar posibles estrategias de resolución, de analizar el resultado obtenido (al carecer de hipótesis a las que referir dicho análisis), etc.

Los trabajos realizados sobre la resolución de problemas desde el modelo de aprendizaje de la Física y la Química como investigación (Gil y Martínez Torregrosa, 1983 y 1987; Gil et al., 1989; Ramírez, 1990; Reyes, 1991) han realizado una gran aportación a la enseñanza de los problemas, mostrando que no ofrece especial dificultad transformar los enunciados habituales de ejercicios cerrados como el anterior, para convertirlos en situaciones abiertas:

Actividad alternativa: *El conductor de un vehículo se encuentra un semáforo cerrado. ¿Conseguirá detenerse antes de llegar a él?*

De este modo, al eliminar los datos y condiciones del ejercicio de aplicación habitual, éste se

convierte en un verdadero problema, es decir, en una situación abierta que debe ser abordada por los alumnos de modo tentativo, como investigación (Gil y Martínez Torregrosa, 1983).

Ahora ellos deben comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que consideran reinantes; proseguir emitiendo hipótesis sobre los factores de que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esa dependencia; elaborar después posibles estrategias de resolución; analizar los resultados obtenidos en relación con las hipótesis de partida; etc.

Para las pruebas de evaluación, además de problemas completos, pueden prepararse también actividades en las que, sin llegar a demandar la realización completa de un problema abierto (que, en ocasiones, puede requerir bastante tiempo), precisen utilizar aspectos de la metodología científica. Por ejemplo, en lugar del problema anterior, se puede solicitar a los alumnos que realicen el planteamiento cualitativo de la situación, que emitan hipótesis o que analicen un posible resultado, etc (Gil y Martínez Torregrosa, 1987):

Actividad alternativa: *Considerar la siguiente situación: "El conductor de un vehículo ve encenderse la luz roja de un semáforo: ¿Conseguirá detenerse antes de sobrepasarlo?". Acotar con precisión el problema indicando, en particular, una magnitud física que permita concretar la pregunta formulada.*

Actividad alternativa: *Emitir hipótesis acerca de los factores que pueden influir en la distancia que recorrerá un vehículo que frena al encontrarse un semáforo cerrado.*

Actividad alternativa: *Un grupo de alumnos ha obtenido la siguiente expresión para dar la distancia que recorrerá un vehículo que frena al encontrarse un semáforo cerrado: $D = mv_0^2/2F$, siendo "m" la masa del vehículo, " v_0 " la velocidad que tenía en el momento de bloquear las ruedas al pisar el freno y "F" la fuerza de rozamiento al deslizamiento entre las ruedas y el suelo. Analizar con detalle este resultado, razonando su posible validez.*

Debemos señalar también que la utilización en las pruebas de evaluación de actividades que presten atención a aspectos de la metodología científica no se agota, por supuesto, con los problemas o apartados de problemas abiertos, sino que puede y debe enriquecerse con otras actividades coherentes con el aprendizaje por investigación que tiene sentido plantear al hilo del desarrollo de los temas.

Así por ejemplo, acerca de la situación anterior, podemos elaborar actividades alternativas que presten atención a algunos de los aspectos de la metodología científica característicos en los trabajos prácticos, tal como la elaboración de un diseño experimental:

Actividad alternativa: *Elaborar un diseño experimental que pueda ser útil para determinar la aceleración de frenado de un vehículo.*

O podemos elaborar actividades cualitativas que obliguen a los alumnos a pensar detenidamente acerca de la situación física, por ejemplo, haciendo uso del lenguaje descriptivo, el lenguaje gráfico, la invención de posibles valores, etc:

Actividad alternativa: *Representar cualitativamente sobre una trayectoria rectilínea sucesivas posiciones de un vehículo (tomadas a intervalos iguales de tiempo) que se ve obligado a detenerse al encontrarse un semáforo cerrado.*

Actividad alternativa: *Representar como cabe esperar que sea la gráfica de la evolución de la posición frente al tiempo, $e=f(t)$, correspondiente al movimiento de un vehículo que se ve obligado a detenerse al encontrarse un semáforo cerrado.*

Actividad alternativa: *Considerar el movimiento de un vehículo que se ve obligado a detenerse al encontrarse un semáforo cerrado. Inventar valores de la posición del móvil tomados a intervalos iguales de tiempo.*

No insistiremos aquí con más ejemplos de este tipo de transformaciones que han sido relatadas con suficiente extensión en los trabajos sobre resolución de problemas que acabamos de mencionar y, también, en los trabajos realizados en el marco de la enseñanza de la Física y la Química por investigación sobre los trabajos

prácticos de laboratorio (Gil y Payá, 1988; Payá, 1991).

1.c Elaboración de actividades que fomentan la reflexión a partir de ejercicios de manejo operativo.

Junto con los ejercicios cerrados (normalmente llamados problemas) y las preguntas de teoría de tipo memorístico, son también muy frecuentes en los exámenes habituales los pequeños ejercicios de manejo que requieren hacer uso de alguna destreza de tipo meramente operativo. Un ejemplo típico de este tipo de preguntas son las que solicitan a los alumnos realizar cambios de unidades:

Actividad habitual: *Realizar los siguientes cambios de unidades:*

$$72\text{km/h} = \dots\dots\text{m/s}$$

$$60\text{m/s} = \dots\dots\text{km/h}$$

Actividades como la anterior u otras similares (por ejemplo, preguntas de formulación, ajuste de reacciones químicas, comprobación de la homogeneidad de una ecuación, etc) difícilmente pueden utilizarse para algo más que constatar el grado de adiestramiento de los alumnos en una destreza meramente operativa, lo que pueden hacer sin necesidad de reflexionar.

No es difícil, sin embargo, incluir en la evaluación estos instrumentos necesarios, integrados en actividades alternativas que aborden estos aspectos de una forma mucho más creativa e interesante y fomenten una actividad reflexiva, en vez de un operativismo ciego. Por ejemplo, los cambios de unidades anteriores se pueden ligar a la necesidad de comparar rapidezces de móviles cotidianos de diferente orden de magnitud:

Actividad alternativa: *Considerar 6 móviles: 2 seres vivos (uno lento y otro rápido), 2 tipos de vehículo construidos por el hombre y 2 fenómenos naturales (como, por ejemplo, el avance de la corriente de un río). Realizar una estimación aproximada de sus rapidezces medias. Después, expresarlas en las mismas unidades y ordenarlas de mayor a menor.*

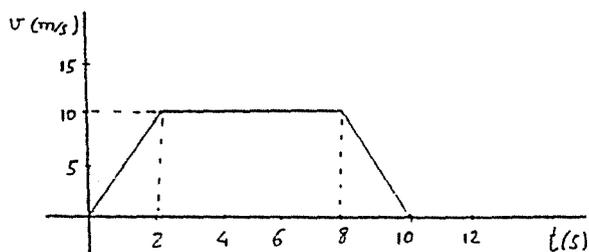
Esta actividad alternativa, sin renunciar a tratar

los aspectos operativos que demanda la pregunta habitual, constituye una cuestión mucho más abierta y útil, que ayudará a los alumnos a reforzar su comprensión de la magnitud implicada, ya que ellos deben imaginar posibles cambios de posición y los correspondientes intervalos de tiempo para realizar las estimaciones que se solicitan. Después, el cambio de unidades está mucho más justificado: es necesario para poder comparar las rapidezces estimadas y no un capricho del enunciado.

De forma similar se pueden diseñar actividades de evaluación alternativas a las habituales preguntas de formulación (por ejemplo, solicitando explicación del significado de una fórmula química a la luz de la teoría atómico-molecular), a los ejercicios de simple comprobación de la homogeneidad de una expresión (contextualizándolos como un elemento más de análisis del resultado de un problema abierto o de la validez de una hipótesis), etc.

Otras actividades de manejo habituales son aquéllas en las que se precisa manipular una relación dada o manejar unos datos o una gráfica, también de modo meramente operativo:

Actividad habitual: "La rapidez de un movimiento obedece a la gráfica adjunta. Obtener la aceleración del móvil en los intervalos que se indican", expresando qué tipo de movimiento lleva en cada caso.

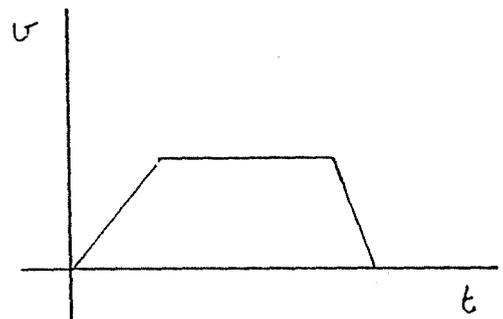


Aunque el lenguaje gráfico es un instrumento óptimo para fomentar un tratamiento cualitativo de situaciones físicas, cuestiones como la anterior favorecen un uso operativista y sin contenido físico del mismo. En este ejemplo, para responder correctamente, los alumnos sólo necesitan aplicar reiteradamente la relación

$a = \Delta v / \Delta t$ (tomando como punto de partida los valores de la gráfica) y recordar los tipos de movimiento estudiados previamente.

Sin embargo, no presenta especial dificultad (re)diseñar este tipo de cuestiones para favorecer un tratamiento cualitativo de situaciones como la anterior:

Actividad alternativa: La rapidez de un movimiento evoluciona con el tiempo de acuerdo con la gráfica adjunta. a) Explicar cómo es este movimiento; b) Representar sobre la trayectoria adjunta, mediante cruces, posiciones sucesivas del móvil a intervalos iguales de tiempo. Comenzar en la posición indicada (e_0).



En esta actividad alternativa hemos omitido inicialmente los valores y sustituido la referencia a "tipos de movimiento" por la demanda de una descripción cualitativa del mismo. De este modo se obliga a los alumnos a comenzar por lo cualitativo, fomentando en ellos el hábito de pensar antes de calcular, es decir, favoreciendo un cambio metodológico de un modo de actuar meramente operativista a una forma de abordar las situaciones más acorde con la actitud científica. Con ello la pregunta también recupera su carga conceptual al requerir una diferenciación precisa entre las magnitudes cinemáticas en términos cualitativos (no confundir posición con

rapidez, rapidez con aceleración,..).

En resumen, a través de los ejemplos anteriores hemos intentado mostrar que *es posible transformar los enunciados de las actividades de evaluación habituales para dotarlas de un contenido adecuado a una concepción del aprendizaje de la Física y la Química como investigación*. Debemos destacar que, del mismo modo que las actividades de evaluación habituales resultan coherentes con el modelo de transmisión-recepción, las nuevas actividades de evaluación que acabamos de comentar se aproximan a las actividades de aprendizaje habituales en la enseñanza por investigación. Más aún, la enseñanza por investigación conlleva una constante interacción de los equipos de alumnos entre sí y con el profesor que constituye una auténtica evaluación

continua, adecuada para incidir sobre la marcha en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este contexto, las actividades concebidas específicamente como situaciones de evaluación individual persiguen, en primer lugar, poner en evidencia la efectividad del trabajo colectivo sobre el progreso de cada uno de los estudiantes. Pero, junto con esta función de constatación-revisión, la evaluación en el aprendizaje como investigación ha de plantearse, fundamentalmente, para impulsar (más que constatar) los procesos de aprendizaje. Abordaremos específicamente esta función prioritaria de las nuevas actividades de evaluación en el siguiente apartado. Antes resumiremos los tipos de actividades que, de acuerdo con lo expuesto hasta aquí, cabe considerar para la nueva evaluación, en función de su contenido (cuadro 1).

A) Actividades con énfasis en un manejo significativo de los conceptos, es decir, situaciones de cambio conceptual, para cuya realización 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 realización de esquemas, diagramas o 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 en cuya realización sea preciso utilizar aspectos de la metodología científica tales como la realización de planteamientos cualitativos, incluyendo la toma de decisiones simplificadoras para acotar situaciones problemáticas abiertas, la formulación de preguntas operativas que ayuden a centrar la investigación, etc; la emisión de hipótesis fundamentadas y consideración de situaciones límite; la elaboración de estrategias de resolución, incluyendo (en su caso) diseños experimentales; el análisis detenido de resultados a la luz del cuerpo de conocimientos disponible, de las hipótesis manejadas, de los resultados de otros autores, etc; la elaboración de memorias científicas del trabajo realizado; el comentario de textos que relaten una investigación; etc.

C) Actividades con énfasis en aspectos de las relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad (C/T/S), 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; actividades sobre las repercusiones y posibles aplicaciones del estudio realizado; sobre la imagen social de la ciencia y los científicos; etc.

Cuadro 1: Tipos de actividades de la nueva evaluación, en función de su contenido ¹

¹ Conviene aclarar que esta clasificación es sólo una manera de presentar los principales aspectos de contenido de la nueva evaluación. Estos aspectos están fuertemente interrelacionados y, en general, una misma actividad podrá incluir varios de ellos.

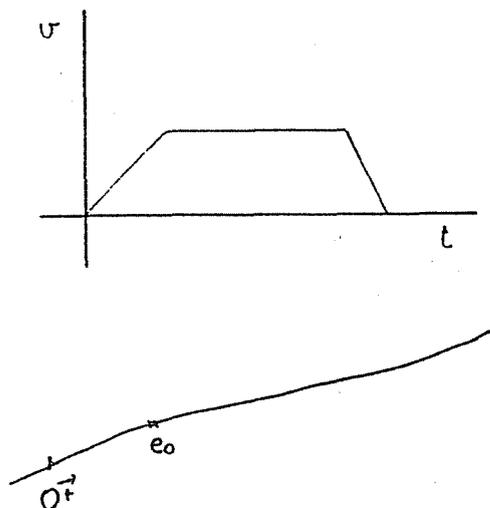
2. ACTIVIDADES DE AUTORREGULACION E INTERREGULACION.

En el apartado anterior hemos mostrado que es posible elaborar una variedad de actividades de evaluación adecuadas para indicar un aprendizaje significativo de la Física y la Química. Sin embargo, como acabamos de expresar, desde una concepción de la evaluación como instrumento de aprendizaje, la potencialidad de las nuevas actividades evaluadoras no sólo ha de mostrarse en su capacidad para indicar mejor el aprendizaje, sino, principalmente, en su capacidad para impulsarlo. Es necesario por ello realizar un esfuerzo adicional por cambiar la actitud al diseñar las actividades concretas de evaluación, de una actitud habitual consistente en concebir dichas actividades como momentos de constatación, a una nueva actitud donde lo que debe primar, desde el mismo momento de redactar las preguntas, es la preocupación por su capacidad para ayudar a los alumnos en su proceso de aprendizaje.

Dicho de otro modo, un profesor que se plantee realmente la evaluación como instrumento de aprendizaje, se hará a sí mismo (entre otras) las siguientes preguntas en el momento de elaborar cada una de las nuevas actividades de evaluación: ¿Qué posibles dificultades pueden encontrar los alumnos al enfrentarse a la actividad?, ¿cómo se puede presentar la misma de modo que se ayude a los alumnos a superar esas dificultades?; suponiendo que los alumnos hayan avanzado bastante y que, por tanto, se prevea que van a responder correctamente, ¿cómo se puede resaltar su avance?. Estas y otras preguntas se ha de formular un profesor que diseñe cada situación de evaluación como verdadero momento de aprendizaje y, como resultado de esta manera de actuar, incluso la redacción y la forma de presentar las actividades evaluadoras será, en muchos casos, diferente, como vamos a intentar mostrar a continuación con unos pocos ejemplos en los que vamos a transformar algunas de las actividades que acabamos de presentar en el apartado anterior de acuerdo con este nuevo planteamiento.

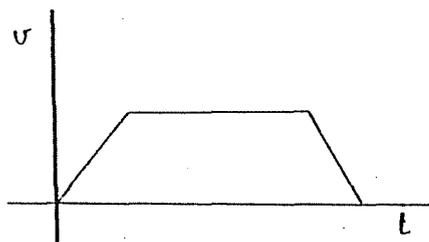
Comenzamos intentando transformar la última actividad alternativa que hemos presentado en el apartado anterior:

Actividad alternativa: *La rapidez de un movimiento evoluciona con el tiempo de acuerdo con la gráfica adjunta. a) Explicar cómo es este movimiento. b) Representar sobre la trayectoria adjunta, mediante cruces, posiciones sucesivas del móvil a intervalos iguales de tiempo. Comenzar en la posición indicada (e_0).*



Nuestra propuesta para convertir esta actividad en una situación útil para impulsar el aprendizaje consiste en añadir un apartado c) que permita al profesor proporcionar una solución correcta del apartado b) y pida a los alumnos que la comparen con la que ya han efectuado, que analicen los errores que hayan podido cometer y señalen por qué los han cometido. Queda entonces la pregunta como sigue:

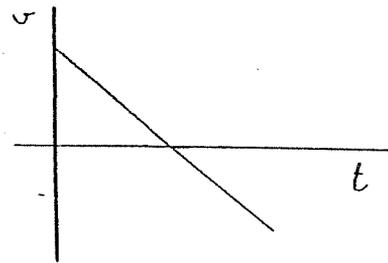
Actividad de interregulación: *La rapidez de un movimiento evoluciona con el tiempo de acuerdo con la gráfica adjunta. a) Explicar cómo es este movimiento. b) Representar sobre la trayectoria adjunta, mediante cruces, sucesivas posiciones del móvil a intervalos iguales de tiempo. Comenzar en la posición indicada (e_0). c) Una vez realizado el apartado b) (y revisado por el profesor), solicitar al profesor la hoja con la respuesta correcta y comparar con la que se había hecho, comentando y corrigiendo posibles errores.*



comentando posibles errores y acompañando las gráficas $e=f(t)$ y $v=f(t)$ de valores.



De este modo, el apartado c) añadido da ocasión a los alumnos para reflexionar sobre sus posibles carencias, ayudándoles a aprender en el mismo momento de realizar la actividad.



Este tipo de cuestión es lo que hemos denominado en nuestro trabajo una *actividad de interregulación y autorregulación*, debido a que en ella el profesor proporciona a los alumnos ayuda con la cual pueden revisar su primera respuesta y aprender de sus propios errores. *Con este tipo de preguntas, los alumnos pueden percibir claramente que las situaciones de evaluación son, básicamente, situaciones de aprendizaje*, al ver que estamos interesados, no sólo en conocer qué pueden hacer en un momento de evaluación, sino también, en ver cómo mejoran sus propias realizaciones. Ello ha de contribuir a *dejar quedar claro a los alumnos (y a los profesores!) que los errores no van a ser considerados "síntoma de capacidad o incapacidad", sino elementos de referencia para el avance posterior.*



En esta actividad de interregulación los valores proporcionados por el profesor en el apartado d) pueden ayudar a los alumnos a reflexionar sobre las causas de posibles errores propios anteriores, al tiempo que les obligan a conectar lo cualitativo con lo cuantitativo. De este modo la pregunta mantiene las propiedades de la actividad transformada (atención prioritaria al aborde cualitativo, puesta en juego del bagaje conceptual,..), permite la interregulación y no renuncia a tratar también los aspectos meramente operativos. Todo ello hace de la actividad una cuestión bastante completa que incorpora también los aspectos reclamados desde la orientación habitual, pero manteniendo la prioridad por el tratamiento cualitativo previo y permitiendo la autocorrección por los alumnos de su primera realización. De este modo, la información que pueden obtener el alumno y el profesor a partir de la actividad es mayor y mejor que la que obtendrían con cualquiera de las versiones anteriores, poniendo de manifiesto que *diseñar las actividades de evaluación priorizando su funcionalidad como situaciones de impulso, no merma, sino que aumenta su capacidad para funcionar como situaciones indicadoras de aprendizaje*, es decir, como ocasiones útiles para recoger información sobre los progresos y las dificultades de los alumnos. Por otra parte, las actividades planteadas de este modo pueden ser especialmente útiles para incidir, mediante la evaluación, en "puntos negros" o aspectos especialmente difíciles, contribuyendo a evitar

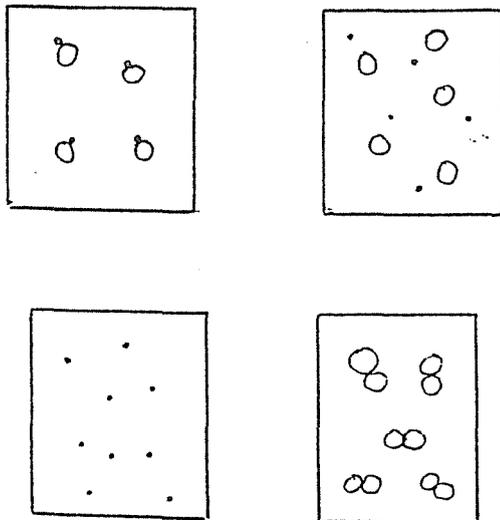
Por lo demás, la información que se proporciona a modo de retroalimentación puede consistir, en vez de en la respuesta precisa, en una orientación adecuada, información complementaria que los alumnos deban conectar con lo realizado, etc. Así ocurre en la siguiente actividad de interregulación alternativa, donde se conecta el lenguaje gráfico con los aspectos operativos:

Actividad de interregulación: *La rapidez de un movimiento evoluciona con el tiempo de acuerdo con la gráfica adjunta. a) Explicar cómo es este movimiento. b) Representar sobre la trayectoria adjunta, mediante cruces, sucesivas posiciones del móvil a intervalos iguales de tiempo, a partir de la indicada (e_0). c) Dibujar, también, la gráfica de la posición, $e=f(t)$. d) Una vez realizados los apartados a), b) y c), solicitar al profesor la ecuación de la posición $e=f(t)$ y, con ella, revisar y ampliar las respuestas anteriores,*

que se conviertan en barreras para el desarrollo posterior (Martinand, 1986), ya que, con este diseño, se insta a los estudiantes a corregir y argumentar en contra de sus propios errores.

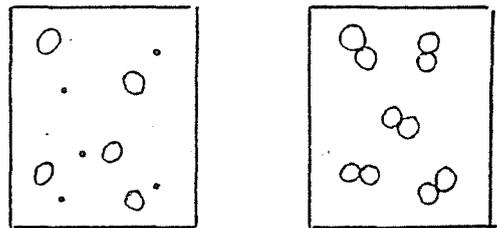
Una forma más sutil de propiciar este tipo de reflexión sobre posibles errores propios sin necesidad de que los estudiantes se vean cuestionados personalmente, es redactar algunas actividades solicitando que se argumente en contra de enunciados que contengan dichos errores o posibles respuestas alternativas. Para mostrar cómo puede hacerse esto, retomaremos la actividad alternativa que hemos presentado en el apartado anterior que pedía a los alumnos decidir, entre posibles estructuras moleculares, cuál o cuáles podían corresponder a un compuesto químico.

Actividad alternativa: *Para cada una de las representaciones adjuntas, indicar razonadamente si puede corresponder a un elemento, un compuesto o una mezcla de sustancias.*



Podemos convertir esta actividad en una situación de autorregulación, es decir, en una cuestión que intenta ayudar a los alumnos a tomar conciencia de sus propias dificultades y a superarlas, incorporando en el enunciado una llamada de atención explícita en contra de las esperadas respuestas alternativas y solicitando que se argumente en contra de ellas. Tenemos entonces la siguiente actividad:

Actividad de autorregulación: *A dos personas que no conocen bien el modelo atómico-molecular de la materia 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.*



Como vemos, los errores cometidos por "esas personas" son, justamente, los que los alumnos pueden cometer si confunden mezcla y compuesto en el primer caso y suponen que una sustancia formada por partículas diatómicas es un compuesto, en el segundo caso. Acharcar 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.* Por otra parte, esta actividad muestra que las preguntas tipo test de los trabajos sobre preconcepciones (que suelen utilizarse habitualmente para diagnóstico o constatación) constituyen un material muy valioso para obtener cuestiones de autorregulación, ya que los "distractores" que incluyen dichas cuestiones se corresponden con los posibles errores que presentamos en las actividades de autorregulación para que sean cuestionados por los alumnos. Utilizando estas actividades en la evaluación, redactadas de esta manera, los alumnos deben proponer argumentos sobre por qué una, otra (o ninguna) de esas soluciones, lo que, sin duda, obliga a una reflexión más profunda y, por tanto, puede contribuir a un aprendizaje más significativo y "sólido".

Por otra parte, esta forma de presentar las actividades puede ser muy útil, no sólo para ayudar a los estudiantes a tomar conciencia de sus propias dificultades y de cómo superarlas, sino también para resaltar su avance cuando

esperamos que van a responder correctamente a la pregunta planteada. En este caso, al incluir una referencia explícita a las posibles dificultades o respuestas alternativas, ayudamos a nuestros alumnos a ser plenamente conscientes de su progreso, ya que les damos la oportunidad de apreciar lo que han avanzado respecto de momentos anteriores en los que ellos se habían identificado con los enunciados que se solicita criticar. *Los alumnos pueden apreciar así que realizamos una evaluación en términos de progreso, es decir, esperando, no simplemente unas determinadas realizaciones, sino un avance respecto de un punto de partida anterior.*

Las formas concretas de plantear las situaciones de evaluación para implicar a los alumnos en la regulación de su propio aprendizaje pueden ser muy variadas. Por ejemplo, cuando la estructura y el desarrollo del tema lo hacen aconsejable, otra manera de involucrarles en el seguimiento propio de sus avances y dificultades puede ser remitirles a actividades anteriores sobre el mismo contenido o, incluso, a la misma actividad realizada por ellos anteriormente. Así por ejemplo, en el tema de cinemática puede plantearse la siguiente actividad de "evaluación inicial":

Actividad inicial: *Describir con el máximo detalle el movimiento de un atleta a lo largo de una carrera de 100m lisos (Se pueden utilizar dibujos, gráficas, inventar posibles valores, etc).*

Esta actividad puede tener sentido, al inicio del mencionado tema, para involucrar a los alumnos en una introducción tentativa del hilo conductor del mismo. Es decir, se puede presentar la actividad a los grupos de la clase como un problema de partida útil para ayudarles a explicitar algunas de las principales cuestiones que convendrá tratar para avanzar en torno al problema del estudio de los movimientos. Si además queremos aprovechar la actividad para proponer después una situación de autorregulación, podemos retomar esta misma pregunta en un momento más avanzado del desarrollo del tema, en el que se la podemos (re)plantear a los alumnos, para que aprecien la mejora en la calidad de sus respuestas, una vez han construido en clase las magnitudes cinemáticas:

Actividad intermedia de autorregulación: *Al inicio del tema se propuso a los grupos describir el movimiento de un atleta en una carrera de 100m lisos. Realizar de nuevo esta descripción y compararla con vuestra respuesta inicial a esta misma actividad. Comentar el posible origen de algunas de las dificultades iniciales y qué ha aportado el estudio realizado hasta aquí para enfrentarse mejor a esta cuestión. Sugerir, por último, algunas cuestiones que convendría tratar para mejorar la descripción realizada.*

En un momento intermedio del desarrollo del tema de cinemática en el que ya se han construido en clase las magnitudes útiles para la descripción de los movimientos (posición, velocidad y aceleración), los alumnos pueden apreciar una importante mejora respecto a su realización inicial y también pueden señalar algunas cuestiones pendientes para completar el cuerpo de conocimientos que se está construyendo en clase (familiarización con el lenguaje gráfico, ecuaciones del movimiento,...). Es decir, en este caso la actividad de autorregulación remite a los alumnos al hilo conductor del tema, sin renunciar a servir para apreciar el grado de avance conseguido hasta el momento de realizarla. Con este tipo de diseño también se puede *hacer explícito ante los alumnos a lo largo de un tema que la evaluación se realiza en términos de progreso, ya que instándoles a corregir y mejorar algunas realizaciones propias anteriores, pueden apreciar claramente su avance y algunas de las dificultades que han encontrado para lograrlo.* Son especialmente útiles para este fin situaciones que, abordadas en un momento inicial, llevan a los alumnos a dar una respuesta alternativa basada en ideas intuitivas erróneas y también aquéllas, como la anterior, que requieren poner en juego los principales aspectos del tema evaluado y pueden ser abordadas inicialmente por los alumnos de un modo impreciso.

La idea de autorregulación a lo largo de un tema no requiere necesariamente repetir la misma actividad en varios momentos del desarrollo del tema o bloque de conocimientos, o incluir en el enunciado las respuestas alternativas que deben criticar los alumnos. Para hacerla explícita, puede ser suficiente, en muchos casos, con mantener un hilo conductor claro a lo largo del tema y

plantear las actividades con la ligazón necesaria para que los alumnos aprecien su avance y sus dificultades al enfrentarse a ellas. En algunas ocasiones, esta ligazón puede ser tal que "las distintas actividades" coincidan formalmente en el enunciado, pero no en el grado de dificultad con que se pueden abordar al ir avanzando en el tema o bloque. Así ocurre, por ejemplo, con la siguiente actividad que también se puede utilizar en distintos momentos del tema de cinemática como situación favorecedora de la autorregulación de los alumnos sobre el problema de la descripción del movimiento:

Actividad de autorregulación: *Describir cualitativamente con la máxima precisión (es decir, expresar verbalmente cómo varían las magnitudes en función del tiempo, incluir gráficas de la posición, rapidez y aceleración, etc), los movimientos que realice el profesor en clase².*

Una actividad como ésta, se puede repetir periódicamente en varios momentos del desarrollo del tema (inicial, intermedio, final). De este modo puede actuar como estímulo al aprendizaje si se prevén las distintas intervenciones en momentos adecuados para proporcionar retroalimentación. El profesor, en su papel de director de la investigación de sus alumnos, ha de preparar en cada uno de tales momentos los movimientos más adecuados para hacer más fructífera la actividad y potenciar su utilidad como situación de autorregulación de los alumnos que puede contribuir, bien a resaltar el avance conseguido por ellos, bien a llamar su atención sobre posibles dificultades, a conectar con el hilo conduc-

tor abriendo nuevas vías de investigación, etc.

3. CONCLUSIONES.

En resumen, mediante una variedad de ejemplos de actividades concretas se ha querido mostrar que es posible elaborar actividades adecuadas a la nueva evaluación, tomando como referente actividades habituales en los exámenes de Física y Química. Los ejemplos que acabamos de exponer han permitido poner de manifiesto que existe una apreciable distancia entre las nuevas actividades de evaluación y las ordinarias, tanto en su contenido, como en su intencionalidad y potencialidad como situaciones de impulso del aprendizaje.

No obstante, es necesario decir que las virtudes de la nueva evaluación sólo pueden mostrarse plenamente cuando la misma se contextualiza y se concreta en el desarrollo de un curso y de unos temas determinados, dada la trabazón existente entre la evaluación y el resto de apartados de la enseñanza por investigación. Por ello, nuestro mayor esfuerzo se ha centrado en la elaboración de un nuevo proyecto curricular de Física y Química para alumnos de Secundaria del que ya se ha editado una primera versión correspondiente al tramo 12-14 años (Martínez Torregrosa, Alonso et al., 1993). En dicho proyecto hemos intentado plasmar las virtualidades de la nueva evaluación, que, por supuesto, van mucho más allá de lo que puede mostrarse con la presentación de unos pocos ejemplos de actividades sueltas.

² En esta actividad, el profesor o profesora reproduce en clase distintos movimientos que, o bien realiza él mismo, o bien hace realizar a algún objeto (p.e. dejándolo caer, lanzándolo horizontalmente sobre el suelo, etc).

Referencias Bibliográficas

- ALLAL, L., 1988. Vers un élargissement de la pédagogie de maîtrise: processus de régulation interactive, rétroactive et proactive. En Huberman, M. (ed), *Assurer la réussite des apprentissages scolaires?*. (Delachaux y Niestle, Paris).
- ALONSO, M., 1990. *Propuesta de evaluación en Física y análisis de la evaluación habitual*. Tesis de master (Universitat de València). [Resumen en Alonso, M., Gil, M. y Martínez Torregrosa, J. (1991). *Resúmenes de Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativa, 1990*. (CIDE: MEC)].
- ALONSO, M., 1993. Assessment in Physics as a tool for learning. En *European Research in Science Education (Proceedings of the first Ph. D. Summerschool, 228-232*. (P.Lijnse ed., Utrech).

- ALONSO, M., 1994. *La evaluación en la enseñanza de la Física como instrumento de aprendizaje*. Tesis Doctoral. (Universidad de Valencia).
- ALONSO, M., GIL, M. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1992a. Los exámenes en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 10(2), 127-138.
- ALONSO, M., GIL, M. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1992b. Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación: Obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5(2), 18-38.
- ALONSO, M., GIL, M. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1995. Diferentes concepciones sobre la evaluación presentes en la práctica docente. *Alambique*, 5 (Abril). Pendiente de publicación.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H., 1976. *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), 263-282.
- BRIGGS, H. y HOLDING, B., 1986. Aspects of secondary students understanding of the particulate nature of matter. *Children's Learning in Science Project. Centre for Studies and Mathematics Education*. University of Leeds.
- CROOKS, T.J., 1988. The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58(4), 438-481.
- CALATAYUD, M.L., GIL, D. et al., 1990. *La construcción de las Ciencias Físico-Químicas*. (NAU, Valencia).
- CLEMENT, J., 1982. Students preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 67-71.
- GIL, D., 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: Unas relaciones controvertidas, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 111-121.
- GIL, D., 1993. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 11(2), 197-212.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1991. *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. (ICE Universitat de Barcelona, Horsori).
- GIL, D., 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, 3-20.
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1983. A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 7(3), 231-236.
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1984. Problem-solving in Physics: a critical analysis, *Research on Physics Education* (Editions du CNRS, Paris).
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J., 1987. *La resolución de problemas de Física* (Vicens Vives. MEC).
- 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), 73-79.
- GUNSTONE, R.F. y WHITE, R.T., 1981. Understanding of gravity. *Science Education*, 65, 291-299.
- HODSON, D. 1986. The role of assessment in the "Curriculum Cycle": a survey of science department practice, *Research in Science and Technological Education*, 4 (1), 7-17.
- HOLDING, B., 1985. *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry: Summary report*. Children's Learning in Science Project. Centre for Studies in Science and Mathematics Education: University of Leeds.
- HOYAT, F., 1962. *Les examens* (Institut de l'Unesco pour l'Education, Ed Bourrelier, Paris).
- IZQUIERDO, M., 1994. La V de Govin, un instrumento para aprender a aprender (y a pensar). *Alambique*, 1, 114-124.
- JORBA, J. y SANMARTÍ, N., 1993. La función pedagógica de la evaluación. *Aula de Innovación Educativa*, 20, 20-30.
- LINN, M., 1987. Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.
- LORBASCH, A.W., TOBIN, K., BRISCOE, C. y LaMASTER, S.V., 1992. An interpretation of assessment methods in middle school science. *International Journal of Science Education*, 14(3), 305-317.
- LLORÉNS, J.A., 1991. *Comenzando a aprender química. Ideas para el Diseño Curricular*. (Visor, Madrid).
- MARTINAND, J.L., 1986. *Connaître et transformer la matière* (Peter Lang, Berna).
- MARTÍNEZ TORREGROSA, J., ALONSO, M., et al., 1993. *La búsqueda de la Unidad (La estructura de todas las cosas)*. Libro del profesor y libro del alumno (Aguacilar, Alicante).

- NISBET, J., 1993. *Curriculum reform: Assessment in question*. Introduction (Chapter 1) (OECD documents, Paris).
- NOVAK, J.D., 1991. Ayudar a los alumnos a aprender como aprender. La opinión de un profesor-investigador. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 215-228.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D., 1988. *Aprender a aprender*. (Martínez Roca, Barcelona).
- 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).
- PERRENOUD, P., 1991. Pour une approche pragmatique de l'évaluation formative. *Mesure et évaluation en éducation*, 13(4), 49-81.
- POZO, I., GÓMEZ, M.A., LIMÓN, M. y SANZ, A., 1992. *Procesos cognitivos de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química*. (CIDE, MEC, Colección Investigación).
- RAMIREZ, L., 1990. *La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la enseñanza. Un instrumento de cambio metodológico*. Tesis Doctoral (Universidad de Valencia).
- REYES, J.V., 1991. *La resolución de problemas de química como investigación: Una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
- RODRÍGUEZ, L.M., GUTIÉRREZ, F.A. y MOLLEDO, J., 1992. Una propuesta integral de evaluación en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 254-267.
- SANMARTÍ, N., 1990. *Estudio sobre las dificultades de los estudiantes en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y compuesto*. Tesis doctoral (UAB).
- SATTERLY, D., y SWANN, N., 1988. Los exámenes referidos al criterio y al concepto en ciencias: un nuevo sistema de evaluación. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 278-284.
- SERÉ, M., 1986. Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8(4), 413-425.
- SJÖEBERG, D. y LIE, S., 1981. *Ideas about force and movement among Norwegian pupils and students*. Centre for School Science. Universidad de Oslo.
- SOLBES, J. y VILCHES, A., 1989. Interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad: Un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7, 14-20.
- SOLBES, J. y VILCHES, A., 1992. El modelo constructivista y las relaciones ciencia/técnica/sociedad (C/T/S). *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 181-186.
- SUMFLETH, E., 1988. Knowledge of terms and problem-solving in chemistry. *International Journal of Science Education*, 10(1), 45-60.
- VIENNOT, L., 1989. Obstacle épistémologique et raisonnement en physique. Tendance au contournement des conflits chez les enseignants. En *Construction des savoirs: obstacles et conflits* (Agence d'ARC Inc, Ottawa).
- WATTS, D.M. y ZYLBERSZTAJN, A., 1981. A survey of some childrens' ideas about force. *Physics Education*, 15, 360-365.