

UNA PROPUESTA PARA EL APRENDIZAJE DE CONTENIDOS PROCEDIMENTALES EN EL LABORATORIO DE FÍSICA Y QUÍMICA

(A proposal to facilitate learning of procedural contents in the physics and chemistry laboratory)

M^a José Insausti

Departamento de Química Física

Mariano Merino [jema@dce.uva.es]

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Universidad de Valladolid - Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Facultad de Educación - DP 47014 Valladolid - ESPAÑA

Tf.: 34 983 423466

Resumen

Los contenidos procedimentales como objetivos de aprendizaje, son algo esencial en el modelo constructivista para la enseñanza/aprendizaje de las ciencias, si bien el tratamiento de los mismos es un tanto incierto, no existiendo métodos claros y bien definidos para su enseñanza. En este artículo, se distingue con claridad entre los procedimientos de la ciencia y los contenidos procedimentales y se presenta el laboratorio escolar como el más importante recurso para el aprendizaje de dichos contenidos. Proponemos aquí un modelo didáctico para la realización de los trabajos prácticos experimentales, diseñados como “pequeñas investigaciones”, que permite dirigir el proceso de enseñanza/aprendizaje de los contenidos procedimentales del currículo de Física y Química para la banda de edades 16-18 años. También se propone un método específico de evaluación de estos aprendizajes.

Palabras clave: enseñanza & aprendizaje de laboratorio; enseñanza de Física y Química; modelo didáctico.

Abstract

As learning objectives experimental procedures are essential in the constructivist model of science teaching learning, although their treatment is somewhat uncertain since there are no clear and well defined instructional methods in this area. In this paper we clearly distinguish between scientific procedures and procedural contents and we suggest the didactical laboratory as the most important instructional resource to facilitate the learning of such contents. We propose an instructional model for practical activities designed as "small scale investigations" which provides guidance for the teaching/learning process of procedural contents of the physics and chemistry curriculum for the 16-18 years age range. We also propose a specific method for the evaluation of learning outcomes.

Key-words: laboratory teaching & learning; physics & chemistry education; instructional model.

1. Introducción

La adopción de la metodología constructivista moderada (Harré, 1986 y Osborne, 1996) es un hecho generalizado en la mayoría de los currículos de ciencias experimentales, siendo sus objetivos fundamentales:

* Comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como otros sistemas de notación y de representación cuando sea necesario.

- * Utilizar conceptos básicos de las Ciencias de la Naturaleza para elaborar una interpretación científica de los principales fenómenos naturales.
- * Aplicar estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la ciencia en la resolución de problemas.
- * Participar en la planificación y realización en equipo de actividades científicas.
- * Elaborar criterios personales y razonados sobre cuestiones científicas y tecnológicas básicas de nuestra época.

El verdadero aprendizaje de las ciencias no ha de reducirse a un mero acopio de saberes descontextualizados e inoperantes sino, muy al contrario, debe entrar a formar parte del esquema general de conocimiento del individuo donde la interrelación de los conceptos y la funcionalidad de los mismos ha de ser una realidad. Así pues, el alumno ha de "aprender ciencia" y "aprender a hacer ciencia", y a ello responde la presencia de los contenidos procedimentales en los currículos de ciencias modernos.

La década de los noventa está siendo fecunda en lo que a investigación educativa sobre los contenidos procedimentales concierne. Son muchos y variados los aspectos que han merecido la atención de los investigadores. Así, las exigencias impuestas por la incorporación de dichos contenidos al currículo, han sido estudiadas por Lucas (1990). En el orden social, se ha estudiado acerca de qué opinan los profesores sobre dichos contenidos (Abell y Smith, 1994; Haney y col., 1996; Nott y Wellington, 1996), desde un punto de vista más panorámico, qué elementos innovadores se introducen con el aprendizaje de los procedimientos en la metodología educativa al uso (Buchan y Jenkins, 1992; Roberts, 1995; Galbraith y col., 1997) y finalmente, sobre el constructivismo y los contenidos procedimentales (Gil, 1993; Furió y col., 1994; Martínez y Varela, 1996).

La finalidad de los contenidos procedimentales es que el alumno aprenda no solo los contenidos cognitivos (o declarativos) sino también los metacognitivos (esto es, métodos y destrezas que permiten acceder al conocimiento declarativo). En el caso de las ciencias experimentales parece razonable que el ámbito donde deben aprenderse los procedimientos sea el mismo ámbito en que esa ciencia ha sido construida, es decir, el laboratorio. Por otro lado, se acepta en general que esos aprendizajes han de hacerse mediante actividades lo más afines posible con las tareas científicas que permitieron acceder a esos conocimientos. Esta es una forma de pensar consensuada por la práctica totalidad del profesorado, y precisamente por ello, son numerosos los trabajos realizados por los investigadores en torno al tema del laboratorio como importante recurso para el aprendizaje de las ciencias. En esta línea destacan los trabajos que revisan el enfoque que se da a las prácticas de laboratorio (Hodson, 1994; Duggan y Gott, 1995; Gott y Duggan, 1996; White, 1996; Barberá y Valdés, 1996), propuestas metodológicas en las que el laboratorio escolar juega un importante papel (Chang y Lederman, 1994; Watson, 1994; Gangoli y Gurumurthy, 1995), el aprendizaje de los contenidos procedimentales a través de los trabajos prácticos en el laboratorio (Lock, 1992, Doran y col., 1993; Kirschner y col., 1993; Doran y col., 1995) o bien qué contenidos están implícitos en las actividades prácticas propuestas en los libros de texto, para ser desarrolladas en el laboratorio (Bastida y col., 1990; Tamir y García, 1992; Germann y col., 1996).

Ciertamente no es el laboratorio el único recurso para el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Actualmente se trabaja intensamente en orden a imprimir una nueva dinámica a la resolución de problemas, actividad clásica en el desarrollo de un currículo de ciencias. Por ello, líneas de investigación como búsqueda de nuevos enfoques de la resolución de problemas (Perales, 1993; Sevilla, 1994; Watson, 1994) así como el análisis de las estrategias empleadas por los alumnos en este tipo de actividad (Njoo y Jong, 1993; Langlois y col., 1995; Lee y Fensham, 1996; Le y col., 1996), acaparan la atención de muchos investigadores.

2. ¿Qué son los "contenidos procedimentales"?

En general, un procedimiento es un conjunto de acciones ordenadas orientadas a la consecución de una meta. En el contexto escolar, el procedimiento es la destreza con que queremos ayudar a que el alumno construya su conocimiento, y por ello, en los contenidos procedimentales de un currículo de ciencias, se indican contenidos que también caben bajo la denominación de "destrezas, técnicas o estrategias". Los procedimientos son por tanto, contenidos escolares objeto de planificación e intervención educativa.

Lawson (1994) define los contenidos procedimentales como los métodos y maneras que se utilizan para generar el conocimiento declarativo-conceptual. En cierto modo se adivina en esta definición una concepción de estos contenidos como las estrategias y habilidades específicas para el aprendizaje de esa ciencia.

Otra forma de concebir los contenidos procedimentales es considerarlos como el conjunto de destrezas y estrategias para dar solución a situaciones problemáticas (Sevilla, 1994; Duggan y Gott, 1995). Se entiende por destrezas la aptitud, pericia o habilidad para desempeñar una acción individual específica (observar, clasificar, comparar, etc.) y por estrategias a los procesos mentales complejos (descubrir regularidades, emitir hipótesis razonables, distinguir entre variables dependientes e independientes, etc.). Unas y otras constituyen el conjunto de habilidades que permiten a los alumnos dar solución a problemas prácticos desde sus propios recursos, sin recetas de un guión ni indicaciones del profesor.

Es preciso distinguir claramente entre un proceso de la ciencia y un contenido procedimental. Se acepta como obvio, que los contenidos conceptuales del currículo no son ni pueden ser iguales a los conceptos científicos entendidos con todo el rigor que su caso requiere, y por ello, estos últimos solo resultan asequibles para los expertos que trabajan en ese área. Pues bien, los contenidos procedimentales son realmente elaboraciones hechas a partir de los procedimientos de la ciencia, adaptados a las condiciones, necesidades y limitaciones de los alumnos, que se incluyen en el currículo para ser aprendidos, con objeto de que resulten válidos para cualquier persona y no sólo para físicos, químicos biólogos o geólogos.

Identificar los contenidos procedimentales con simples actividades del tipo "observar y medir" sería demasiado simple y pobre, pues existe todo un conjunto de habilidades de investigación, de destrezas comunicativas, de trabajo en equipo, de estrategias cognitivas, etc., que con toda probabilidad son más fértiles y permiten en mayor medida la generación de nuevos aprendizajes. En los currículos modernos de ciencias, existe una larga relación de contenidos procedimentales que no son necesariamente de tipo manipulativo. Entre los más importantes se encuentran los de tipo intelectual: identificación y acotación de problemas, emisión de hipótesis razonables ante situaciones problemáticas, realización de predicciones, diseño de experimentos, organización y análisis de datos y registros, extracción de conclusiones, etc. y otros aún más específicos, como aptitudes para el trabajo en equipo, diferenciación entre cuestiones e hipótesis, extrapolación y generalización de resultados, acotación en el uso y aplicación de los modelos científicos.

Ante esta variedad, parece conveniente clasificar los contenidos procedimentales en distintas clases y categorías. Ahora bien, dado que en la enseñanza existen distintos enfoques y orientaciones, son lógicamente posibles diversas clasificaciones de estos contenidos. Así, existen clasificaciones basadas en la resolución de problemas como modo ideal para su aprendizaje (Kirschner y col., 1993), en las destrezas intelectuales (Lawson, 1994) o en el trabajo experimental (Lock, 1992; Tamir y García, 1992). También cabe destacar la clasificación de la AAAS (1970) en

procesos básicos e integrados. No obstante, la que nos parece más acertada es la realizada por de Pro (1998), la cual se basa en una clara distinción entre habilidades de tipo indagativo, destrezas manipulativas y comunicativas (un resumen aparece a continuación):

A. Habilidades de investigación

A.1. Identificación de problemas

A.2. Predicción e hipótesis

A.3. Relaciones entre variables

A.4. Diseños experimentales

A.5. Observación

A.6. Medición

A.7. Clasificación y seriación

A.8. Técnicas de investigación

A.9. Transformación e interpretación de datos

A.10. Análisis de datos

A.11. Utilización de modelos

A.12. Elaboración de conclusiones

B. Destrezas manuales

B.1. Manejo de material y realización de montajes

B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones, ...

C. Comunicación

C.1. Análisis de material escrito y audiovisual

C.2. Utilización de diversas fuentes

C.3. Elaboración de materiales

Como puede verse, la diversidad de contenidos procedimentales es patente, y al igual que sucede con los conceptos, no pueden presentarse de forma aislada. El desmenuzamiento de los contenidos que aparecen en la tabla anterior no propone una enseñanza desconectada de los mismos, sino más bien destacar unos y otros con objeto de propiciar una reflexión constructiva que induzca al profesor a enseñar consciente y eficazmente todos y cada uno de ellos.

Enseñar este tipo de contenidos supone para el profesor un reto que le hará replantear en profundidad todo el desarrollo del currículo. Sería ingenuo pretender un tipo de actividad didáctica que permitiera enseñar todos y cada uno de los contenidos procedimentales reconocidos. Eso sería tan absurdo como querer llevar a cabo un tipo de clase teórica que permitiera enseñar Mecánica, Electromagnetismo, Estequiometría y Química Orgánica a un mismo tiempo. Por motivos obvios el aprendizaje de los contenidos procedimentales deberá ser programado y secuenciado, de forma que a los largo de un determinado período, el alumno pueda aprender todos ellos. En este sentido, pueden tenerse en cuenta tres factores que marcan el curso de esta secuenciación:

- a) Naturaleza del contenido procedimental.
- b) Contexto en que éste será utilizado.
- c) Qué prerrequisitos requiere su aprendizaje.

En buena lógica, una acertada diversificación de actividades didácticas es la mejor receta para la enseñanza integral de los contenidos procedimentales, no cabe pensar que exista una actividad, sea de laboratorio o de aula, que permita el aprendizaje de todos y cada uno de ellos. Esta diversificación deberá subordinarse al desarrollo general del currículo.

Con arreglo a todo lo anteriormente expuesto, podemos afirmar a modo de conclusión que los factores antes mencionados determinarán el diseño de las actividades; habremos de decidir por lo tanto qué contenidos procedimentales enseñaremos en cada caso, cómo contemplaremos y usaremos los conocimientos que el alumno ya tiene, qué situaciones utilizaremos para favorecer el aprendizaje, etc.

En los diseños curriculares de ciencias experimentales aparecen con frecuencia claramente diferenciados los contenidos conceptuales, los procedimentales y los actitudinales. Esto presenta el peligro de inducir a pensar erróneamente que los tres tipos de contenidos son objetos didácticos desconectados, que se han de tratar por separado. Esto es inexacto, ya que los tres tipos de contenidos han de ser tratados integrados y coordinadamente. Pensemos que, cuando enseñamos conceptos, probablemente estemos enseñando algunos procedimientos y, porqué no, induciendo en nuestros alumnos cambios duraderos en su actitud ante la ciencia y ante el hecho científico.

En resumen, los contenidos procedimentales no son algo nuevo en la enseñanza, no se aprenden espontáneamente al tiempo que se aprenden los conceptos declarativos. Los procedimientos son algo más que "saber medir y observar", requieren un replanteamiento del modelo de enseñanza tradicional y se enseñan coordinadamente junto con los otros dos tipos de contenidos: conceptuales y actitudinales (de Pro, 1998).

3. El laboratorio como principal recurso para el aprendizaje de los contenidos procedimentales

En general, se acepta que el aprendizaje significativo se compone de cogniciones y metacogniciones, es decir, de un conjunto de conceptos declarativos bien estructurado y de los procedimientos para acceder al conocimiento y comprensión de dichos conceptos (Driver, 1989). Esto le permite al sujeto tomar decisiones ante una situación problemática haciendo uso de lo que ya sabe, e incluso acceder por sí mismo a nuevos conocimientos a partir de los que ya posee.

La historia de la ciencia ha demostrado que esa es la forma en que ha tenido lugar su avance a través del tiempo. Por este motivo, parece razonable que el aprendizaje de la ciencia se haga en el marco de un modelo lo más afín posible con la metodología científica (Gil, 1993; Gil y Payá, 1988). En el caso de las ciencias experimentales, la metodología incluye junto las actividades intelectuales, el empleo del experimento, la observación y medida bajo un conjunto de reglas y pautas bien definidas.

Todo ello apunta a que unas actividades de laboratorio de tipo abierto, bien diseñadas y desarrolladas, donde el estudiante se encuentra en situaciones problemáticas al igual que el investigador, pueden ser el mejor método para que se familiarice con los procedimientos de la ciencia (Chang and Lederman, 1994; Gangoli and Gurumurthy, 1995)

El uso que tradicionalmente viene haciéndose del laboratorio, basado en la realización de prácticas-receta en las que el alumno sigue fielmente las indicaciones escritas en un guión es una forma pobre y obsoleta de utilizar este recurso didáctico tan importante. Pese a ello, varios de los contenidos procedimentales establecidos por de Pro, como son los A.5; A.6; B.1 y B.2 , que

fundamentalmente consisten en habilidades de observación, medición y destrezas manipulativas, se aprenden con exclusividad por este medio.

Las tendencias actuales en el desarrollo de las clases teóricas participativas en las que al alumno se le pone en situación de reflexionar y buscar soluciones a pequeñas cuestiones relacionadas con la temática en curso, permiten por su parte el aprendizaje de contenidos de los grupos A.1; A.2, A.3; C.1 y C.2, en particular los dos últimos si el profesor se propone la realización de algún trabajo de tipo bibliográfico en el que el alumno tenga que manejar bibliografía.

En cuanto a las clases de problemas o de seminario, resultan muy útiles en orden al aprendizaje de contenidos de los grupos A.9; A.10; A.11; A.12 y C.3, relacionados directamente con la elaboración de los datos y la extracción de conclusiones.

Actualmente esta es la situación por lo que a la efectividad de los distintos recursos concierne. De este modo, en el mejor de los casos, un profesor podría enseñar a sus alumnos los contenidos procedimentales arbitrando los tres más importantes por igual, a saber: clases teóricas, clases de seminario-problemas y prácticas de laboratorio.

Sin embargo, creemos que esta metodología resulta pobre, y desde luego, muy mejorable, especialmente en lo referente a las actividades en el laboratorio. La investigación realizada a lo largo de esta última década evidencia que los TP que tradicionalmente se vienen realizando, en los que el alumno entra al laboratorio sin tener una idea clara de lo que allí va a hacer para luego seguir ciegamente y sin criterio alguno las pautas marcadas minuciosamente en un guión, empujan a éste hacia un operativismo ciego en el que están ausentes todo intento de indagación y de emisión de hipótesis (Payá, 1991). De este modo el alumno no desarrolla habilidades de investigación, no genera actitudes positivas ante la ciencia y obtiene una imagen deformada de ésta (Gil y Valdés, 1995).

Por el contrario, varios autores vienen propugnando el desarrollo de los TP en el laboratorio como pequeñas investigaciones, a la usanza científica. Básicamente consiste en convertir la práctica en la resolución de un problema experimental abierto. En este contexto, el alumno ha de realizar las actividades siguiendo la secuencia planteamiento y acotación del problema, emisión de hipótesis, diseño experimental y realización de experimentos, tratamiento de registros y análisis de resultados, extracción de conclusiones y adopción de juicios de valor y confección de la correspondiente memoria. De esta forma, el estudiante no solo aprende ciencia sino que también aprende cómo se hace la ciencia (Gil y Payá, 1998). Concebidas las actividades del laboratorio de esta manera, este se convierte automáticamente en el más poderoso recurso para el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Ahora ya no son solamente las destrezas manipulativas lo que allí se aprenderá, también todo un conjunto de habilidades de tipo indagativo e investigador, como la identificación de problemas, predecir y emitir hipótesis, relacionar variables entre sí, diseño experimental, trabajar en equipo y decidir en conjunto, etc., son susceptibles de aprender eficazmente.

4. Desarrollo de la investigación

Conscientes de las potencialidades del laboratorio en orden al aprendizaje de los contenidos procedimentales, nos propusimos diseñar un modelo didáctico para el uso del laboratorio de Física y Química en la etapa de Preuniversitario y primer año de universidad. Para ello, nos fijamos los siguientes objetivos:

- a) Realizar un estudio sobre los TP en el medio escolar de nuestro entorno: concepciones de los profesores, los libros de texto, manuales de laboratorio y actitudes de los alumnos ante el trabajo experimental.
- b) Diseñar trabajos experimentales para alumnos de 16-18 años, bajo la forma de "pequeñas investigaciones", en los que deban adoptar estrategias y procedimientos característicos del trabajo científico.
- c) Diseñar la organización general para un correcto desarrollo de este tipo de trabajo (grupos de alumnos, secuenciación de actividades, organización del laboratorio, etc.)
- d) Aplicar ambos diseños sobre grupos de alumnos en el contexto de la vida normal de un centro
- e) Valorar la operatividad de los diseños y el aprendizaje de los contenidos procedimentales y de otros contenidos.

4.1 Aspectos metodológicos

El tiempo que duró nuestro trabajo fue de cuatro años y quedó dividido en tres fases:

Una primera, donde nuestra labor fue encaminada a fundamentar desde la realidad nuestra inquietud por la forma en que se llevan a cabo los trabajos prácticos de laboratorio, tanto en Secundaria como en la Universidad, indagando y por tanto extrayendo datos al respecto en libros, profesores y alumnos.

También se esbozó un diseño de TP encaminado a lograr los objetivos que nos habíamos marcado a conseguir con este tipo de actividad experimental, y se puso en práctica con los alumnos a lo largo de un curso académico.

La segunda fase, de carácter experimental, consistió en la elaboración de modelos, aplicación de los mismos, recogida de información y análisis de resultados, todo ello a través del desarrollo normal de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica de los estudios de Maestro de Educación Primaria, con este nuevo tipo de TP. Esta fase comporta dos años académicos de trabajo con alumnos.

La tercera fase, de un año académico de duración, consistió en la puesta en práctica el último diseño elaborado, obtenido tras todas las remodelaciones, retoques, recortes o añadidos, que a lo largo de estos años la investigación se habían producido.

Los resultados que presentamos ya en esta última etapa, nos parecen aceptables en lo que a la práctica de la ciencia y construcción significativa de conocimientos se ha conseguido. La descripción detallada de este modelo definitivo se hará en el punto 5, donde explicamos detenidamente cada uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta y desarrollar, si se quiere poner en práctica este tipo de actividad experimental.

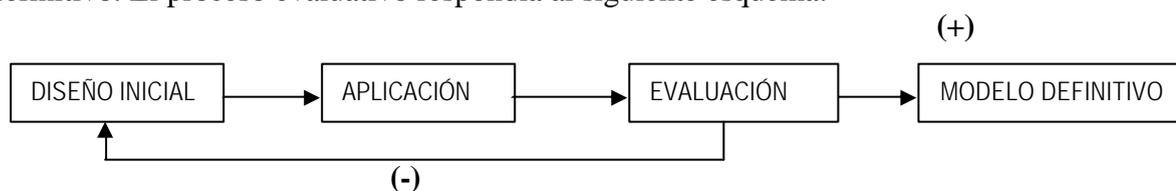
La metodología empleada fue fundamentalmente cuantitativa, si bien hubo varios aspectos que fueron abordados cualitativamente.

La confección de los documentos guía de actividades se hizo por transformación de guiones tradicionales de prácticas, siguiendo las pautas marcadas por Gil y Payá (1991). Los títulos con que trabajamos, fueron:

- Estudio experimental de los gases.
- Estudio del tiro horizontal.
- Las fuerzas elásticas
- Estudio del oscilador lineal.
- Carácter conservativo de la energía.
- Procesos de calentamiento y cambio de estado.
- Estudio experimental de las dilataciones.
- Determinación de calores específicos.
- Determinación de densidades.
- Estudio de la resistencia eléctrica.

El diseño inicial de las actividades y su secuenciación, se hizo a partir de nuestra propia experiencia.

Todo el conjunto de observaciones y registros recogidos a lo largo de nuestra actividad, era objeto de análisis y estudio, y en función de los resultados, íbamos introduciendo modificaciones en el modelo. Posteriormente, este era aplicado de nuevo y de las observaciones y registros obtenidos se sacaban nuevas conclusiones que nos permitían introducir nuevas modificaciones. Así, a través de un proceso evaluativo continuo, fuimos depurando el diseño hasta que este alcanzó su formato definitivo. El proceso evaluativo respondía al siguiente esquema:



La evaluación estaba dividida en dos líneas, por un lado valorábamos los aprendizajes de los alumnos por tres medios:

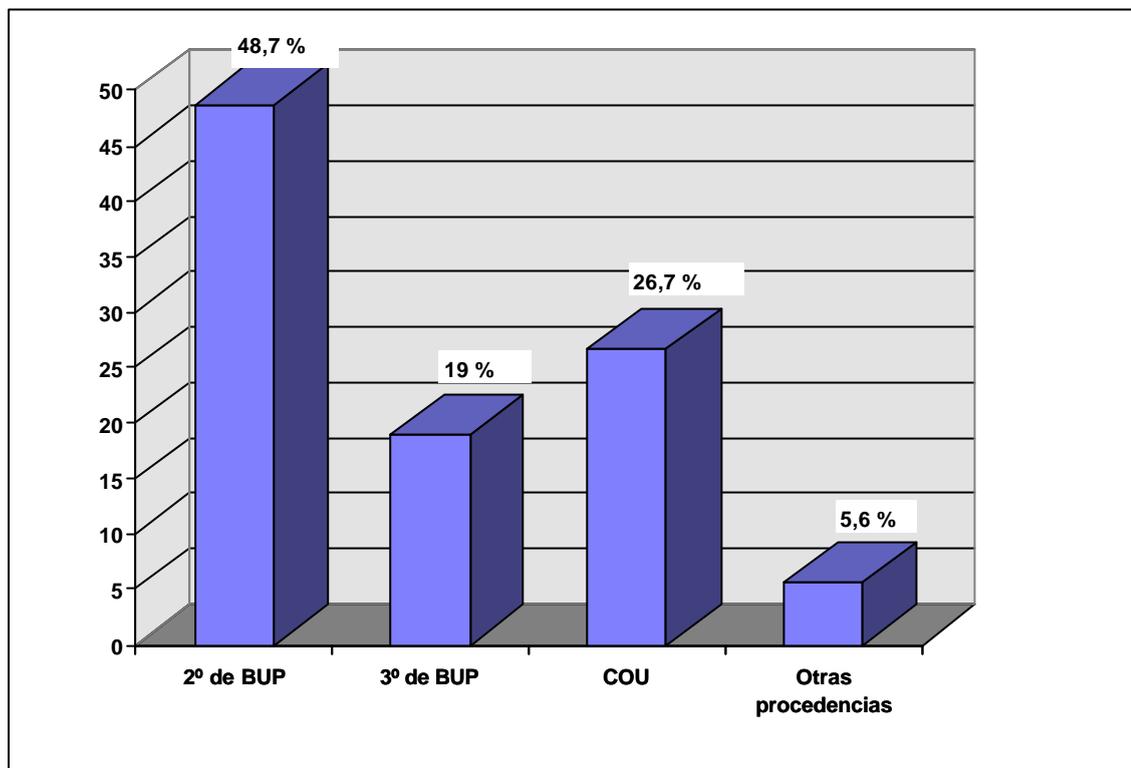
- a) Observación de la actividad de los equipos de alumnos (se empleó para ello un test observacional)
- b) Valoración de la actividad personal de cada alumno por medio de diagramas “V” confeccionados por ellos mismos en situación de aislamiento (más adelante se dan detalles sobre su utilización)
- c) Valoración de los informes finales (igualmente, se dan detalles más adelante acerca de cómo se hizo esta valoración)

Por otro lado evaluábamos la operatividad del modelo y su grado de sincronía con la organización general del centro. Esta parte de la evaluación era enteramente cualitativa y, con objeto de validar nuestros registros, contrastamos nuestras apreciaciones con las de otros profesores ajenos a nuestra investigación, quienes amablemente, accedieron a aplicar el modelo sobre sus propios alumnos. Contamos para ello con profesores que cursaban nuestro programa de doctorado, así como profesores del Curso de Orientación Universitaria de otros centros del entorno.

4.2 Trabajo realizado con los alumnos

Los alumnos con que trabajamos eran estudiantes de 1º de Maestro (especialidad de Educación Primaria) en la Facultad de Educación de nuestra universidad. La media de edades se

situaba en los 19,03 años y el 84 % eran mujeres. Su procedencia, en términos de últimos conocimientos de Física recibidos, está representada en el siguiente cuadro:



De ellos, un 70 % manifestaba haber pasado por un laboratorio alguna vez y alrededor del 70 % decían conocer la metodología científica, al menos de nombre.

Del estudio realizado mediante encuestas a los alumnos, sacamos como conclusiones que las actuales prácticas de laboratorio son poco motivadoras, para ellos resultan un puro trámite. Así, un 46% opina que el trabajo del laboratorio les aprovecha poco. Para los alumnos de Enseñanza Secundaria se trata de un rato agradable y distendido, por cuanto sustituye a la clase teórica, más disciplinada y esforzada. En efecto, un 56,5% opina que el trabajo del laboratorio les resulta estimulante y divertido, si bien hay un 86% que manifiesta su falta de interés por los TP cuando estos comportan algún trabajo adicional (estudio, discusión, redacción del informe, etc.). Por su parte, los alumnos de universidad ven el laboratorio como una sobrecarga de horario, puesto que se hace aparte de las clases teóricas. Para unos y para otros, la confección de la memoria constituye una enojosa obligación que resuelven de la mejor manera posible, maquillando adecuadamente el guión de la práctica. Nuestras apreciaciones coinciden con las hechas ya por otros investigadores (Payá, 1991) y apuntan a que las prácticas tradicionales no contribuyen ni a mejorar el conocimiento de los alumnos acerca de lo que es hacer ciencia ni a favorecer la construcción significativa de sus conocimientos.

4.3 Estudio realizado con los profesores

En el estudio realizado sobre profesores, hemos podido comprobar reiteradamente que el profesorado, tiene una idea difusa acerca de los contenidos procedimentales. En el mejor de los casos son capaces de enumerar los más importantes en virtud del conocimiento que tienen de las disciplinas que enseñan y no como resultado de una formación específica en este tema. Es idea generalizada que el conocimiento de los procedimientos de la ciencia es algo a lo que se accede a través de un estudio adecuado de los contenidos conceptuales, o dicho en otros términos, que el aprendizaje de los contenidos conceptuales trae "de regalo" el aprendizaje de los contenidos procedimentales.

De las encuestas pasadas a 50 profesores, hemos podido apreciar que ellos piensan que las prácticas de laboratorio sirven sobre todo para afianzar conceptos fundamentales (92 %), conseguir destrezas manipulativas (88 %) y, en general, para familiarizarse con las técnicas rutinarias del trabajo experimental (92 %) y para que se familiaricen con la metodología científica (60 %). Contrasta esto último con el hecho de que habilidades intelectuales y de investigación no están consideradas explícitamente como objetivos del laboratorio; esto sólo es comprensible si se hace desde una visión reducida y parcial de la metodología científica.

El uso que actualmente se está dando a los laboratorios es manifiestamente obsoleto, más propio de un modelo de enseñanza por transmisión de conocimientos previamente elaborados que de un planteamiento constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En cierto modo, el régimen temporal de empleo del laboratorio que los profesores declararon, nos parece un dato suficientemente esclarecedor. Así, un 38 % de los encuestados manifestaron hacer una utilización cíclica del laboratorio por niveles, un 24 % declararon el empleo de períodos parciales de prácticas por trimestres, un 8 % utilizaban el laboratorio de forma continuada, a lo largo del curso y finalmente, un 30 % empleaban otros regímenes temporales híbridos de los ya citados.

En Enseñanza Secundaria esta situación cobra particular significado, ya que tanto las actividades de aula como los libros de texto, han adoptado muchas de las reglas propias del modelo constructivista (participación activa de los alumnos, discusión en grupo, enjuiciamiento crítico de los hechos, etc.) y en este contexto, las prácticas de laboratorio basadas en el tradicional guión-receta, siguen teniendo un fuerte carácter conductivo. El alumno sigue ciegamente la receta del guión, cae en un operativismo carente de significado, no aventura hipótesis alguna y la íntima convicción de que el seguimiento escrupuloso de la receta le llevará indefectiblemente a un buen final, y por consiguiente, a una buena nota, aborta todo intento de analizar y enjuiciar sus resultados. Por ello, los alumnos no obtienen una imagen acertada de la ciencia y mucho menos, de cómo se construye esta.

Otra importante razón emana de la organización rígida de los centros de Enseñanza Secundaria, que encorseta las actividades del laboratorio en el período de una clase teórica. Esto, unido a la elevada densidad de los contenidos teóricos y la escasez de plantilla de profesores y de instalaciones y material en muchos casos, determina como única forma de salir del paso la adopción de la práctica receta tradicional como la solución menos mala.

<p align="center">DIFICULTADES MÁS IMPORTANTES ENCONTRADOS POR LOS PROFESORES DE SECUNDARIA A LA HORA DE LLEVAR A CABO LOS TRABAJOS PRÁCTICOS</p>	<p align="center">Porcentaje de profesores que manifiestan tener cada una de las dificultades expresadas (N=50) %</p>
1- De organización del centro (horario rígido de clases).....	82
2- Falta de coordinación y cooperación en el seminario.....	8
3- Programas teóricos excesivamente densos.....	82
4- Laboratorios insuficientes.....	14
5- Dotación de material insuficiente.....	20
6- Falta de motivación profesional.....	10
7- Excesivo número de alumnos.....	2
8- Falta de motivación del alumno.....	6
9- Falta de profesorado con horas disponibles.....	2
10- Bajo rendimiento en relación con el esfuerzo.....	2

4.4 Análisis de bibliografía de libros de texto y de prácticas

Con objeto de conocer en qué medida los textos sobre trabajos prácticos de que actualmente se dispone, concuerdan con el modelo constructivista y cuidan el aprendizaje de los contenidos procedimentales, realizamos un estudio sobre una muestra de textos editados hasta 1998, la cual fue tomada de:

- Libros de BUP, COU y de Física General a nivel de 1º de carreras universitarias que los centros de Secundaria poseen en la Biblioteca para uso normal del profesorado y alumnado del centro.
- Los Manuales de Equipo editados por las casas comerciales que suministran los materiales de laboratorio en los centros de enseñanza.
- Los Libros o Manuales de Prácticas más comunes al uso entre las editoriales que diseñan material para la enseñanza.
- Los Manuales elaborados por los distintos departamentos dentro de la Universidad para llevar a cabo las prácticas con sus alumnos en niveles de 1º de carreras universitarias.

En este estudio, hemos utilizado como soporte básico para el análisis el Cuestionario diseñado a tal fin por Payá (1991), cuyo modelo con los resultados obtenidos por nuestra parte se presentan a continuación de forma fragmentada.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TEXTOS ANALIZADOS			
ASPECTOS SEÑALADOS	Libros de Texto (N=50)	Manuales de equipos (N=20)	Manuales de Prácticas (N=25)
	%	%	%
1.- El libro incluye trabajos prácticos	63,6	100	100
2.- Aparecen trabajos prácticos como punto de partida para introducir el tema	0	0	0
3.- Aparecen trabajos prácticos al final de los tema como actividades de simple ilustración de conocimientos teóricos (leyes, etc.) ya vistos en el mismo	45,5	0	0
4.- Aparecen trabajos prácticos integrados al desarrollo del tema.	9,1	0	0
5.- Aparecen trabajos prácticos únicamente al final del texto....	9,1	0	0
6.- Incluye el texto trabajos prácticos caseros.....	18,2	0	0

Con este Cuestionario se ha tratado de comprobar, en primer lugar, si el libro de texto incluye TP, verificándose que sólo un 63,6 % lo hacen, algo que debería ser normal en todo libro de uso entre estudiantes, proponiendo paralelamente a los conceptos teóricos trabajos prácticos que le integren al alumno en la metodología de la ciencia. Ambas partes deberían estar interconectadas con objeto de llevarle al alumno a una visión más integral, global y real de la naturaleza de la ciencia y la forma de practicarla, reuniendo esta característica tan sólo un 9,1 %.

Un análisis de las características específicas de los trabajos prácticos incluidos en ellos, (utilizando también para ello el modelo de cuestionario diseñado por Payá, 1991), nos informa que responden a una situación desproblematizada, ya que incluso **los libros o manuales de prácticas que están editados y redactados expresamente a ese fin, ni uno sólo presenta las actividades con el objetivo de que sea el propio alumno el que concrete y llegue a plantear el problema motivo de la investigación.**

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS QUE DEBEN PRESENTAR LOS TRABAJOS PRÁCTICOS					
CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE CADA TRABAJO PRÁCTICO	Prácticas en Libros de texto (N = 496)		Prácticas en Manuales de equipo (N =560)		Prácticas en Libros o manuales de prácticas (N=740)
	% (sd)		% (sd.)		% (sd.)
1.- Se propone a los alumnos que planteen el problema a investigar	0	0	0	0	0 0
2.- Responde, al menos, al planteamiento de una situación problematizada	42,9 (0,024)		0	0	28,6 (0,017)
3.- Se pide búsqueda bibliográfica, o al menos, se hace referencia al marco teórico dentro del cual se sitúa el trabajo práctico	51 (0,022)		0	0	41,9 0
4.- Propone a los alumnos la emisión de hipótesis ..	0 0		0	0	0 0
5.- Se hace, al menos, referencia a posibles hipótesis, aunque no se pretenda la emisión de las mismas por parte de los alumnos	14,3 (0,016)		0	0	0 0
6.- Propone que los alumnos elaboren algún diseño experimental con el fin de contrastar hipótesis o consecuencias derivadas de las mismas	14,3 (0,016)		0	0	16 0,013)
7.- Se propone a los alumnos (o se realiza al menos por el autor), alguna reflexión acerca del campo de validez de los resultados obtenidos	0	0	0	0	16 0,013)
8.- Se hace referencia a la validez limitada del experimento, insistiendo en que se considere su coherencia o no con los obtenidos por otros equipos y, en general, por la comunidad científica	0 0		0	0	0 0
9.- Da una imagen no cerrada de la investigación científica abriendo nuevas perspectivas	14,3 (0,016)		0	0	24 0,016)
10.- Es un trabajo práctico tipo “receta” con las instrucciones detalladas a seguir	85,7 (0,016)		100 0		84 0,013)

De la tabla se deduce que únicamente un 28,6 % de los TP incluidos en los libros de prácticas, responden a una situación problematizada, sin llegar a pedir expresamente la formulación de dicho problema y escasamente el 43 % de los incluidos en los libros de texto. La referencia al

marco teórico en el que se sitúa la investigación es lo más significativo de los trabajos que presentan.

La actividad creativa y el pensamiento divergente están totalmente olvidados en el diseño de estos trabajos, tan sólo un 14,3 % pide a los alumnos que elaboren algún posible diseño experimental, lo cual impide conocer las ideas y pensamientos de los alumnos, y por consiguiente poder intervenir en ellos encauzándoles hacia cambios y reorientaciones.

Prácticamente el 86 % del material examinado presenta los TP de forma cerrada, donde los alumnos se limitan a seguir una serie de instrucciones detalladas y donde apenas las opiniones y decisiones de los alumnos tienen influencia, puesto que casi todo está fijado y predeterminado, es decir, son prácticas cerradas (85,7 % en libros de texto, 84 % en libros de prácticas y 100 % en manuales de laboratorio) que llevan al alumno a un operativismo ciego y están destinadas a validar o falsar una teoría.

Podemos concluir que este carácter dogmático y cerrado de la ciencia, que prevé siempre la obligada confirmación de lo indagado, sin dejar interrogantes sobre las variantes posibles a encontrar en el desarrollo y confirmación de lo investigado, es el asimilado por los estudiantes, de forma que cuando practican la ciencia, les lleva a veces, incluso a cambiar los datos extraídos de sus indagaciones, con tal de que los resultados sean los previstos.

Para reforzar este análisis nos apoyamos en resultados obtenidos por otros autores (Gil y Payá, 1982 y 1988; Payá, 1991), que lo habían evidenciado anteriormente con estadísticas más amplias. De igual forma investigaciones de Nadeu y Desautels, 1984; Tamir y García Rovira (1992) evidencia el bajo nivel de apertura de indagación que presentan los TP presentes en los Libros de texto de Ciencias Naturales y Biología a nivel de BUP y COU así como muchos otros.

5. Descripción del modelo

La descripción detallada de nuestro modelo se hará a través de los distintos elementos que lo componen:

5.1. El tema

Es lo primero y lo más fundamental, debiendo cumplir un conjunto de condiciones: No implicar conceptos inasequibles para los estudiantes, no ser excesivamente rutinario, ha de ser realizable con bajo coste material, involucrar un amplio uso de bibliografía previamente seleccionada y presentar distintas alternativas de solución a las situaciones problemáticas que puedan ser debatidas por el grupo.

5.2 El documento guía

Es un texto de guía de actividades, a través del cual, el profesor introduce al alumno en el problema, sugiere caminos, plantea incógnitas, es por tanto necesariamente abierto, y por consiguiente en él no hay descripciones ni recetas que se han de seguir, ni existen caminos claros y únicos que estén marcados (Gil y Martínez, 1987). Se trata por tanto, de una alternativa al tradicional "guión".

Descendiendo más a lo concreto, con el DG se pretende:

- Propiciar las reuniones de equipo

- Indagar en la bibliografía
- Elaborar y proponer hipótesis
- Adiestrar en técnicas investigadoras
- Analizar e interpretar la coherencia de los datos
- Emitir conclusiones acordes con la experimentación y coherentes con las teorías
- Estudiar posibilidades de nuevos caminos de investigación

La utilización correcta del Documento Guía requiere un adiestramiento, el alumno debe estar preparado para leer lo que en él se le dice, no abiertamente sino como campo de búsqueda y de trabajo por su parte. Además, puesto que algunas actividades suponen la correcta realización de las anteriores si éstas no son realizadas con corrección, el estudiante puede terminar desorientado por completo.

Elaborar un documento guía ofrece notables dificultades. La tendencia natural del profesor es informar y transmitir al máximo a sus alumnos. Sin embargo, al redactar un Documento Guía, este se ha de esforzar en no incluir razonamientos elaborados ni otras informaciones gratuitas. Por el contrario, deberá plantear situaciones, sugerir caminos, proponer estrategias, etc. En resumidas cuentas, lo que ha de hacer es proporcionar las pautas para llegar a la solución del problema sin darle al alumno las claves del mismo. Por supuesto, esto solo se consigue a través de una profunda reflexión y entrenamiento previos, en los que la improvisación no tiene cabida. Aún más, una buena confección del documento guía pasa por un conocimiento previo de los niveles cognitivos y metacognitivos de los alumnos. Sólo de esta forma podrá adecuarse a sus posibilidades y se evitará que su aplicación sea un fracaso^(*).

A título ilustrativo, incluimos algunos resultados obtenidos con alumnos de 1º de Maestro (especialidad de Educación Primaria) de la Facultad de Educación de nuestra universidad:

Respuestas de los alumnos cuando se les pide que Enumeren en orden lógico de realización, los pasos de los que consta todo trabajo de investigación	Alumnos que SI han pasado laboratorio (N =112)		Alumnos que NO han pasado laboratorio (N =49)	
	%	(sd.)	%	(sd.)
Responden Perfectamente	8,9	(0,027)	24,5	(0,061)
.....				
Tienen idea	81,3	(0,037)	69,4	(0,066)
.....				
Responden de forma incorrecta o no saben	9,8	(0,028)	6,1	(0,034)

5.3. El proyecto previo.

Antes de su entrada al laboratorio, el equipo de alumnos debe presentar al profesor un proyecto (en cierto modo, estos proyectos guardan relación con los miniproyectos de Hadden y Johnstone (1990) para la enseñanza de la Química). Este hará la evaluación del mismo, la cual no tiene un carácter calificador y más bien pretende adecuar la preparación del alumno a las necesidades que el desarrollo de este tipo de TP requiere, estimulándole a que se implique en el problema. El profesor analiza, la coherencia en el diseño, si la fundamentación teórica es sólida, si

^(*) Los lectores interesados, pueden solicitar a los autores documentos guía listos para ser utilizados

se han formulado hipótesis acordes a la previsión de resolución de su problema, si el diseño experimental es lógico y factible, es decir, comprobar si están previstos para realizar todos aquellos aspectos fundamentales que hacen que su trabajo se aproxime a una pequeña investigación. Creemos que la revisión de este proyecto, comentada con crítica constructiva directamente con el grupo de alumnos, es clave en el aprovechamiento de construcción del conocimiento por parte de éstos.

Los aspectos más significativos en los que la elaboración de este proyecto marca su influencia son:

- La evaluación de este documento permite la retroalimentación, modificando el proceso en función de los resultados intermedios obtenidos.
- Es un medio de incentivar al alumno, ya que se obliga a tomar en serio los TP.
- Es el vehículo que permite al profesor intervenir eficazmente en el buen progreso de todos los TP que se están desarrollando.
- Es el procedimiento que permite considerar desde el principio todos los aspectos teóricos, de planteamiento, indagación,... etc. que luego aparecerán en la memoria final.

En este proyecto, que consistiría más bien en un estudio resumido y guiado de lo que después será el informe final, se le obliga al alumno a realizar previo al TP los siguientes estudios:

- * Teórico del problema motivo de investigación, guiado mediante el Documento Guía.
- * Bibliográfico tanto teórico como práctico de lo relacionado con su problema.

- * Diseño experimental a realizar.
- * Variables existentes y previstas a medir en la investigación, así como análisis de la importancia de las condiciones en que éstas han de medirse.
- * Registros previstos a realizar.
- * Transformaciones de esos registros.
- * En algunos casos, Conclusiones que prevén obtener.

Puesto que, en general, el alumno desconoce lo que es un proyecto, para la realización del mismo. se le proporciona un “guión de pautas”, confeccionado por el profesor, que marca los aspectos más significativos a tener en cuenta en el desarrollo de su investigación. El diseño de "guión de pautas" que hemos utilizado ha sido el de Grau (1994), el cual se centra en los siguientes aspectos:

- 1 -¿Qué problema se investiga?, ¿Puede formularse en forma de pregunta?
- 2 -¿Puede formularse alguna hipótesis?, ¿Es posible avanzar alguna respuesta al problema?
- 3 -¿Es posible, a partir de la hipótesis, hacer una deducción que facilite el diseño del experimento?, ¿Se puede relacionar la hipótesis con el experimento?

- 4 -¿Qué factores modificarás a lo largo del experimento?, ¿Cuál es la variable independiente?
- 5 -¿Qué resultado prevés observar?, ¿Cuál es la variable dependiente?, ¿Cómo lo observarás?
- 6 -¿Cómo te aseguras de que los resultados dependen de las modificaciones que has introducido?
- 7 - ¿Qué aparatos o instrumentos necesitarás?
- 8 -Elabora por escrito una planificación de la investigación. Divide el proceso en varias etapas y explica qué harás y por qué.

5.4. Organización de las actividades.

El desarrollo de los TP concebidos como pequeñas investigaciones, comporta la existencia de una organización más compleja que la de las "Prácticas - receta" tradicionales.

Este tipo de actividad requiere una eficaz correspondencia entre los espacios en los que se desenvuelve la vida del estudiante (laboratorio, aula, biblioteca, etc.) debido a que comporta actividades de estudio, indagación, cambio de opiniones, búsqueda, etc., que trascienden los límites del laboratorio. En efecto, las fases de introducción al problema, bibliografía, elaboración de hipótesis, planteo de estrategias y discusión de resultados, pueden hacerse, y de hecho se hacen, incluso en espacios ajenos al edificio escolar, siendo únicamente obligada la asistencia al laboratorio, durante las fases de experimentación.

Por otro lado se requiere una programación temporal de las actividades correspondientes a las distintas fases:

- Adiestramiento
- Estudio Bibliográfico
- Proyecto Previo
- Experimentación
- Elaboración de resultados
- Conclusiones
- Evaluación

Suele haber problemas entre los estudiantes en cuanto a la distribución de responsabilidades en la planificación del trabajo dentro del grupo, habiendo notables diferencias entre los distintos equipos. Con frecuencia se hace notar el liderazgo del alumno más aventajado, lo cual fomenta la adopción de una actitud pasiva entre los restantes miembros del grupo, quienes caen en un operativismo ciego. A la hora de formar los equipos de trabajo, hemos tenido en cuenta los estudios de Roychoudury (1996), y como resultado de nuestras experiencias, proponemos en grupo de tres como el más idóneo.

Los laboratorios escolares actuales, tanto universitarios como de bachillerato, tienen una fisonomía y dotación material pensados específicamente para una enseñanza tradicional. Se basan en la existencia de puestos de trabajo pequeños, cuantos más mejor, con sacrificio de las superficies para el desplazamiento. Ello responde a la intención de albergar a ser posible, un grupo convencional de alumnos en permanencia simultánea, inmóviles en sus puestos y atendidos por un solo profesor. Por el contrario, el laboratorio que mejor se adapta a nuestros TP de enfoque constructivista ve reducido el número de puestos escolares en favor de un mayor tamaño de los mismos, y también de las superficies comunes de desplazamiento.

En cuanto al equipamiento, de forma muy especial en Física, somos partidarios de los instrumentos sueltos en lugar de los equipos de área tradicionales. Estos últimos están diseñados de forma que con ellos se pueda hacer el máximo número de experimentos con los mínimos componentes, al mínimo coste material. Este óptimo económico desemboca necesariamente en el seguimiento de unas instrucciones perfectamente detalladas en la correspondiente ficha. Todo ello imprime a la actividad un fuerte carácter conductivo, opuesto al talante de la metodología que aquí se trata de seguir. Por ello, se hace necesaria la existencia de un buen almacén que contenga instrumentos y materiales, si no sofisticados, si eficaces y sólidos, lo más variados posibles,

evitando las repeticiones, perfectamente ordenados y bien inventariados, de forma que el alumno pueda saber en poco tiempo de qué recursos dispone para llevar a término sus propósitos.

También se hace necesaria una biblioteca técnica del laboratorio en la que tengan cabida manuales, libros de tablas, de tratamiento de datos experimentales, instrucciones de manejo de los instrumentos, etc. Paradójicamente, en una concepción moderna de laboratorio escolar como esta, resulta muy interesante la existencia de libros y manuales de prácticas antiguos, en los que se describe con detalle los instrumentos y su manejo y se detallan técnicas de trabajo.

Otra dificultad añadida es mantener los laboratorios abiertos a los alumnos, con objeto de que éstos puedan conocer el material tanto bibliográfico como experimental de que disponen, así como su manejo, en orden a decidir las estrategias de trabajo, diseñar el experimento y hacer los oportunos ensayos previos. Por experiencia sabemos que todo esto supone una notable sobrecarga en las horas de dedicación al centro del profesor, o de aquellas personas que pueden ayudarle.

5.5 Entrevistas pre y post-laboratorio

Son llevadas a cabo, tanto con anterioridad como con posterioridad a la realización del trabajo experimental y extracción de resultados por parte del alumno, pero en todo caso, antes de la confección del informe final.

En este tipo de encuentros, el alumno tiene la oportunidad de recibir el apoyo que en la organización de su trabajo o en la extracción de conclusiones, necesite. Es llevada a cabo con cada uno de los distintos grupos que han realizado la actividad, a petición de dichos grupos.

A lo largo del coloquio, el profesor puede orientar los campos de búsqueda de soluciones al problema, provocar las reflexiones oportunas que les lleven a los alumnos a esclarecer sus ideas o darse cuenta de sus errores, o bien ayudar a enfocar las conclusiones que han extraído.

5.6 Desarrollo cronológico de los t.p.

El esquema de desarrollo aproximado en las 12 semanas que vienen durando este tipo de trabajos, es el representado en el esquema anterior.

En cuanto a la duración y momento en el que deben desarrollarse, creemos que lo ideal es un trimestre y a mediados del curso, ya que hace falta una preparación conceptual en contenidos teóricos para el desarrollo de estas actividades.

Se ha defendido anteriormente que el trabajo no debe versar sobre contenidos difíciles no dominados por el alumno, sino más bien al revés, que la dificultad debe existir preferentemente en el empleo correcto de la metodología que requiere la práctica de la ciencia, esto da pie a pensar que los contenidos deben haber sido avanzados en el aula, o si se quiere, pueden versar sobre contenidos básicos que se conozcan del curso anterior.

Por motivos obvios, el número de TP que el alumno puede realizar bajo este modelo, es de uno, a lo sumo dos, en un curso académico. Desde el punto de vista tradicional de las prácticas-ilustración, en donde prima sobre todo realizar el mayor número de prácticas relacionadas con el mayor número posible de contenidos teóricos, este es un número muy bajo, pero en este modelo, en el que los objetivos se refieren al aprendizaje de los contenidos procedimentales, esa circunstancia pierde significado.

ESQUEMA CRONOLÓGICO DEL DESARROLLO DE LOS TP:

1 ^a Semana	<i>Constitución de los grupos y asignación de Trabajos</i>	
2 ^a “	Adiestramiento en la utilización de DG, Técnicas del Trabajo Experimental y Confección de Diagramas en “V”	
3 ^a “		
4 ^a “	Planteamiento y estudio del problema,	Reuniones del grupo Entrevistas con el Profesor
5 ^a “	Bibliografía, Emisión de Hipótesis	
6 ^a “	<i>Redacción del Proyecto Previo</i>	
7 ^a “		
8 ^a “	<i>Correcciones y Modificaciones al Proyecto</i>	
9 ^a “	EXPERIMENTACIÓN EN EL LABORATORIO	
10 ^a “		
11 ^a “	Redacción del Informe Final	
12 ^a “	Examen mediante Confección de Diagramas en “V”, Elaboración de Encuestas, etc.	

6. Valoración de los aprendizajes

La evaluación se dirigirá a valorar prioritariamente en qué medida éstos han alcanzado los objetivos que consideramos más importantes con el desarrollo de este tipo de actividades, prioritariamente la aprehensión de contenidos procedimentales. Se lleva a cabo utilizando los tres medios que se exponen a continuación.

- Observación Directa durante el desarrollo del trabajo
- Diagramas "V" de Gowin confeccionados por los alumnos sobre los TP, realizados en el aula a modo de examen pero disponiendo para su elaboración de todos aquellos datos y registros realizados en el laboratorio que ellos crean convenientes.
- Análisis de las memorias presentadas por los alumnos sobre los TP realizados

6.1. Observación directa

La observación directa del trabajo práctico es la técnica que ofrece una información más completa de los progresos que realiza el estudiante en el laboratorio. Los datos recogidos pueden quedar reflejados en una plantilla de observaciones o en un informe final, a modo de diario, que el tutor elabora. Esta información puede completarse con la evaluación de la memoria elaborada por el estudiante al finalizar su investigación, y con otras aportaciones.

Para confeccionar la plantilla de observaciones que concentra la atención del evaluador en los aspectos más significativos, hay que identificar las distintas tareas que exige un determinado trabajo práctico, y diseñar una escala de valoración de cada tarea. El trabajo de Tamir, Nussinovitz y Friedler (1982) sobre la elaboración el PTAI (Process Test Assessment Inventory) con el propósito de definir las distintas tareas que hay que considerar en un test para valorar la habilidad de una investigación, nos parece el más adecuado para este fin. Consta de 21 categorías, abiertas a la incorporación de otras o a ser modificadas en función de las actividades que se propongan. Cada categoría dispone de una escala de valoración definida.

6.2. Diagramas heurísticos "v"

La utilidad de esta herramienta reside en que tiene una parte conceptual, otra metodológica que incluye un apartado actitudinal (Juicios de Valor), y que junto con las preguntas objeto del problema y las respuestas obtenidas para éstas después de la investigación, permite observar de forma completa y esquemática la investigación (Novak y Gowin, 1988; Moreira y Buchweitz, 1993). Se trata, a nuestro entender, de un excelente medio para valorar la correlación entre lo que el alumno ha hecho (dominio metodológico) y lo que sabe y piensa (dominio conceptual).

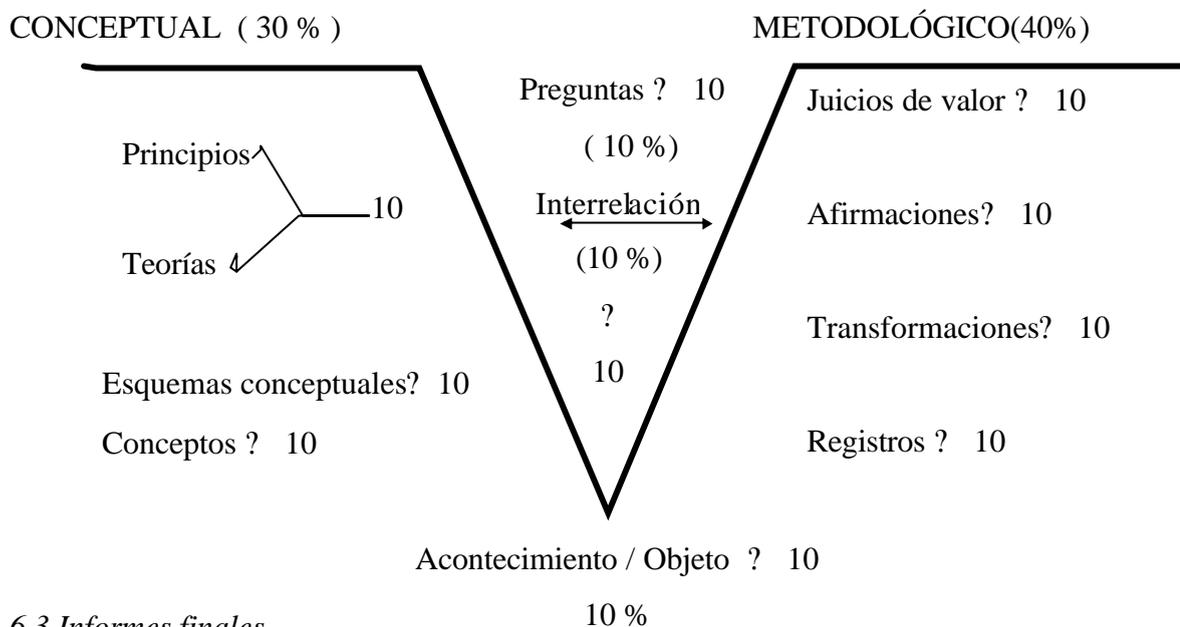
La utilización correcta de este recurso como herramienta evaluativa en nuestro modelo de TP, pasa por el adiestramiento previo de los alumnos en la confección de este tipo de diagramas. Para ello, se les explica sus partes así como el significado de cada uno de los tópicos que en él figuran. Luego realizan diagramas "V" sobre desarrollos prácticos que ellos conocen, p.e., redescubrimiento experimental de la Ley de Ohm, determinación de la aceleración de la gravedad por el método del péndulo, estudio de las leyes de los gases ideales, etc.

El diagrama "V" lo utilizaremos para investigar el aprendizaje de laboratorio, comprobando si ha habido un progreso lógico de pensamiento y para ayudar al estudiante a integrar sus observaciones en sus conocimientos conceptuales, o dicho de otra manera, para ayudar a los estudiantes a pensar sobre sus propios pensamientos y sus realizaciones.

Existen escasas formas de valoración de este tipo de diagramas, la más común es la recomendada por Novak y Gowin (1988). Sin embargo desde el punto de vista nuestro nos ha parecido más idónea la ideada por nosotros ya que se acomoda en prioridades de valoración, a los objetivos que perseguimos y además es mucho más sencilla de aplicación.

El diseño de esquema de corrección tiene el número 10 como clave de todo proceso de valoración, pues al ser la suma total cien puntos, una vez valorado cada apartado, esa suma da instantáneamente la nota final correspondiente a cada alumno.

La presentación del esquema de valoración, en el que se observa la puntuación otorgada a cada una de las partes que componen el desarrollo mediante Diagrama en "V" de la investigación es el siguiente:



6.3 Informes finales

El alumno está obligado a confeccionar el informe final bajo el esquema de un informe científico, siguiendo la secuencia: planteamiento del problema, emisión de hipótesis, diseño experimental, realización de experimentos, análisis de resultados y extracción de conclusiones. En cuanto a los modos de corrección de estos informes, se puede usar el modelo LAI de Tamir y Luneta (1978), en el que se analizan 37 matices en las tareas de los estudiantes, o bien el modelo de Woolnough y Allsop (1985), que analiza seis aspectos claves de su estructura. Pero analizar tantos aspectos resulta poco operativo, por ello confiamos más en lo que Hodson (1992) llama "evaluación integral de aprendizajes", que supone una valoración más globalizada de cómo hace la ciencia el alumno. Es decir:

- * Si el hilo de la investigación siempre sigue el planteamiento del problema.
- * Si los conceptos se usan apropiadamente.
- * Si las hipótesis formuladas concuerdan con las previsiones de resultados experimentales.
- * Si los procedimientos experimentales se realizan correctamente.
- * Si los datos son bien interpretados.
- * Si las conclusiones son lógicas.
- * Si el informe es válido para posteriores trabajos sobre el mismo tema.
- * Si descubre nuevas posibilidades y enfoques para etapas posteriores

Estas preguntas pueden ser contestadas por el evaluador, quien luego puede otorgar una valoración entre 0 y 10 de cada una de ellas. La media aritmética de los ocho valores resulta ser la valoración global del informe.

7. Conclusiones

La realización de los TP que acabamos de proponer, supone un importante aumento del trabajo y dedicación por parte del profesor, toda vez que se alejan del esquema del "trabajo en serie" característico de las prácticas receta. Por otro lado, dado el carácter abierto y problemático de estas actividades, no es posible confiar el mismo tema a todos o varios grupos de alumnos. Además, y por este mismo motivo, se precisa renovar todos los años la temática de los TP, ya que de otro modo, los alumnos del año anterior pasarían sus "experiencias" a los del año en curso, lo que desvirtuaría el carácter problemático de este tipo de trabajos.

También los alumnos se ven más cargados de trabajo en este tipo de TP, dado que en ningún momento se les dice qué tienen que hacer. No olvidemos que el documento guía es un texto que dirige las actividades indagativas del alumno y es él quien ha de buscar la información teórica sobre el tema, ha de plantear el problema, formular junto con sus compañeros de equipo las hipótesis más razonables posible, elegir o diseñar los experimentos tendientes a verificar la hipótesis, analizar sus resultados experimentales, extraer las correspondientes conclusiones, etc. Todo ello supone un esfuerzo y un tiempo que en los TP tradicionales no se precisan.

La parte preexperimental (bibliográfica, emisión de hipótesis y diseño experimental) ocupa una importante parte del tiempo, que de forma aproximada, podría establecerse en las dos terceras partes del total. Creemos que este período, lejos de ser meramente preparatorio, es extraordinariamente fecundo desde el punto de vista didáctico, ya que a lo largo del mismo, se dan todo tipo de situaciones en las que el alumno aprende todo un conjunto de contenidos procedimentales del grupo de las habilidades de investigación (Identificación de problemas y de las variables que en ellos intervienen, formulación de hipótesis a partir de un marco teórico, establecimiento de dependencias entre variables, establecimiento de procesos de control y exclusión de variables, diseños experimentales, estrategias de resolución de problemas, etc.). Por su parte, la fase experimental se diferencia poco del trabajo propio de un TP tradicional, siendo su principal faceta didáctica el aprendizaje de destrezas manuales y rutinas del trabajo experimental. Pese a todo existe una importante diferencia, y es que aquí el alumno no hace cosas a ciegas, sino que sus manipulaciones y observaciones obedecen a su propio criterio.

Como contrapartida a este incremento de esfuerzos, se hace patente una importante motivación en el ánimo de los alumnos, que en muchos momentos del desarrollo, se sienten verdaderos investigadores. En este sentido, afirmamos que, si los TP están bien diseñados y su desarrollo tiene lugar correctamente, se convierten auténticamente en "el juego de los investigadores". En ellos los estudiantes sienten que van a descubrir lo desconocido (aunque el profesor sabe con certeza a dónde van), tienen ocasión de saborear el fracaso, que debidamente dosificado resulta altamente aleccionador y también pueden sentirse orgullosos y satisfechos de sus propios logros. Todo ello comporta la adopción por parte del alumno de un conjunto de actitudes positivas hacia la ciencia que constituyen buena parte de los objetivos didácticos de tipo actitudinal. Finalmente, y esto es importante, el desarrollo de un TP de esta clase, puede resultar tortuoso y deslucido si se juzga desde la óptica del modelo tradicional, pero hemos de asumir que es así precisamente como se avanza en la construcción de la ciencia, y es eso precisamente lo que se pretende que el alumno conozca.

Hemos podido comprobar la eficacia de los proyectos previos a la experimentación. En este tipo de trabajo se exige a los alumnos una autonomía que no siempre son capaces de acreditar. Por ello, la obligatoriedad de presentar un proyecto del trabajo experimental que se va a hacer, supone asegurar que los equipos de alumnos van a ponerse a trabajar desde los primeros días. Es una forma de forzar a que estos plasmen en el papel sus estudios teóricos e indagaciones sobre el tema, que se preocupen de teorizar y pronosticar, de decidir qué experimentos realizarán y cómo lo harán, etc.

Además ello asegura que en algún momento, el profesor tendrá conocimiento exacto del grado de avance del trabajo de sus alumnos y de detectar enfoques equivocados, situaciones viciadas, hipótesis absurdas o falta de verdaderas hipótesis, etc. En consecuencia, este podrá ejercer eficazmente su labor tutorial y reconducir todas aquellas situaciones que no apunten hacia los fines didácticos que se persiguen.

El modelo de evaluación propuesto, basado en el empleo de test de observación, diagramas "V" y test de valoración de los informes finales, ha sido contrastado por nosotros a lo largo de la investigación y nos parece el más idóneo, operativo y completo en orden a evaluar los diferentes aprendizajes característicos de estos TP.

Los diagramas "V" de Gowin se han revelado como la mejor herramienta para valorar la intensidad y calidad de interacciones entre lo que el alumno sabe y piensa y lo que hace. Este es un aspecto de crucial importancia en este tipo de trabajos. Así, hemos podido comprobar que en los grupos en los que se dio una fuerte situación de liderazgo, en la que un alumno pensaba y decidía y los demás le seguían sin criterio propio, el primero obtuvo mejor calificación en dicho diagrama que sus compañeros. Por otro lado, la confección de este diagrama constituye en sí misma una muy buena forma de ordenar y vertebrar el conjunto de conocimientos acerca del problema trabajado, tanto en el dominio conceptual (conceptos-esquemas conceptuales-leyes-teorías) como en el metodológico (observaciones/registros-transformaciones-análisis de resultados-conclusiones-juicios de valor).

En cuanto a los informes finales, destacamos la eficacia del empleo del test de corrección, que permite valorar sobre el mismo un importante conjunto de aspectos relacionados una vez más con el aprendizaje de contenidos procedimentales. De este modo, el profesor califica sobre el informe todos y cada uno de estos aspectos (estudio teórico, planteamiento del problema, hipótesis emitidas, experimentación, transformaciones sobre los registros, análisis de resultados y conclusiones). De este modo, la calificación del informe es altamente objetiva.

Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Educación y Cultura Español, a través de su Centro de Investigación y Desarrollo en el bienio 1996-98 y posteriormente fue galardonado con el Premio de Experiencias Didácticas en Ciencias, por el Consejo General de Colegios de Doctores y Licenciados (Madrid, 1999)

Referencias

- AAAS (1970). Science: a process approach commentary for teachers. AAAS: Xerox Corporation
- ABELL, S. & SMITH, D. (1994). What is science?: preservice elementary teacher's conceptions of the nature of science. *Int. Jour. Sci. Ed.* 16(4), pp. 475-487
- BARBERÁ, O. & VALDÉS, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 365-379
- BASTIDA, M.F., RAMOS, F. & SOTO, J. (1990). Prácticas de laboratorio: ¿una inversión poco rentable? *Investigación en la Escuela*, 11, pp. 77-91
- BUNCHAN, A. & JENKINS, E. (1992). The internal assessment of practical skills in science in England and Wales, 1960-1991: some issues in historical perspective. *Int. Jour. Sci. Ed.*, 14(4), pp. 367-380

- CHANG, H. & LEDERMAN, N. (1994). The effect of levels of cooperation within physical sciencelaboratory groups on physical science achievement. *Jour. Res. Sci. Teach.* 31(2), pp. 167-181
- DORAN, R., BOORMAN, J., CHAN, F. & HEJAILY, N. (1993). Alternative assessment of Hig School laboratory skills. *Jour. Res. Sci. Teach.* 30(9), pp. 1121-1131
- DORAN, R., FRASER, B. & GIDDINGS, G. (1995). Science laboratory skills among grade 9 students in Western Australia. *Int. Jour. Sci. Ed.* 17(1), pp. 27-44
- DRIVER, R., (1989). Students conceptions and the learning of science. *Int. Jour. Sci. Ed.*, 11(5), pp. 481-490
- DUGGAN, S. & GOTT, R. (1995). The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science. *Int. Jour. Sci. Ed.* 17(2), pp. 137-147
- FURIÓ, C., ITURBE, J. & REYES, J. (1994). Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 24, pp. 89-99
- GALBRAIT, P., SARSS, M., GRICE, R., ENDEAN, L. & WARRY, M. (1997). Towards scientific literacy for the third millenium: a view from Australia. *Int. Jour. Sci. Ed.*, 19(4), pp. 447-467
- GANGOLI, S. & GURUMURTHY, C. (1995). A study of the effectiveness of a guided open-ended approach to the physics experiments. *Int. Jour. Sci. Ed.* 17(2), pp. 233-241
- GERMANN, P., ARAM, R. & BURKE, G. (1996a). Identifying patterns and relationships among the responses of seveth-Grade students to the science prcess skill of designing experiments. *Jour. Res. Sci. Teach.* 33(1), pp. 79-99
- GERMANN, P., HASKINS, S. & AULS, S. (1996b). Analysis of nine High School Biology laboratory manuals: promoting scientific inquiry. *Jour. Res. Sci. Teach.* 33(5), pp. 475-499
- GIL, D. (1993). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212
- GIL, D. & PAYÁ, J., (1988). Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), pp. 73-79
- GIL, D. & VALDÉS, P., (1995). Un ejemplo de práctica de laboratorio como actividad investigadora: Segundo Principio de la Dinámica. *Alambique*, 6, pp. 93-102
- GOTT, R. & DUGGAN, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *Int. Jour. Sci. Ed.* 18(7), pp. 791-806
- GRAU, R., (1994) ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique*, 2, pp. 27-35
- HADDEN, B & JOHNSTONE, A.H., (1990) Miniprojects: an introduction to the “world science”. *Austr. Jour. of Chem. Educ.*, 27. March.
- HANEY, J., CZERNIAK, C. & LUMPE, A. (1996). Teacher beliefs and intentions regarding the implementtion of Science Education reform strands. *Jour. Res. Sci. Teach.* 33(9), pp. 971-993
- HARRÉ, R. (1986). *Varieties of realism: A rationale for the natural sciences*. Oxford: Brasil Blackwell
- HODSON, D., (1992), Assessment in practical work. Some considerations in Philosophy of science. *Sci. & Ed.* 1, pp. 115-144
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313

- KIRCHNER, P., MEESTER, M., MIDDELBEEK, E. & HERMANS, H. (1993). Agreement between student expectations, experiences and actual objectives of practicals in the natural sciences of the Open University of the Netherlands. *Int. Jour. Sci. Ed.* 15(2), pp. 175-197
- LANGLOIS, F., GREÁ, J. & VIARD, J. (1995). Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos en la resolución de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 179-191
- LAWSON, A. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2) pp. 165-187
- LEE, K. & FENSHAM, P. (1996). A general strategy for solving High School electrochemistry problems. *Int. Jour. Sci. Ed.* 18(5), pp. 543-555
- LEE, K., GOH, N., CHIA, L. & CHIN, C. (1996). Cognitive variables in problem solving in Chemistry: a revisited study. *Sci. Ed.* 80(6), pp. 691-710
- LOCK, R. (1992). Gender and practical skill performance in science. *Jour. Res. Sci. Teach.*, 29(3), pp. 227-241
- LUCAS, A. (1990). Varieties of science education research: their application in the classroom. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 205-214
- MARTINEZ, M. & VARELA, P. (1996). De la resolución de problemas al cambio conceptual. *Investigación en la Escuela*, 28, pp. 59-68
- MOREIRA, M. Y BUCHWEITZ, B., (1993) “Novas estratégias de ensino e aprendizagem” Ed. Técnicas Plátano. Lisboa
- NJOO, M. & JONG, T., (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: learning processes and instructional theory. *Jour. Res. Sci. Teach.*, 30(8), pp. 821-844
- NOTT, M. & WELLINGTON, J. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and nature of Science. *Int. Jour. Sci. Ed.* 18(7), pp.807-818
- NOVAK, J. Y GOWIN, D.B. (1988) “Aprendiendo a aprender” Trad. Campanario, J. y Campanario, E. Ed. Martínez Roca, Barcelona.
- OSBORNE, F.J. (1996). Beyond Constructivism. *Sci. Educ.*, 80(1), pp 53-82
- PAYÁ, J., (1991). Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física y Química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp. 300-301
- PERALES, J. (1993) La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 170-178
- PRO, A., (1998) ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 21-42
- ROBERTS, D. (1995). Junior high school science transformed: analysing a science curriculum policy change. *Int. Jour. Sci. Ed.* 17(4), pp. 493-504
- ROYCHOUDHURY, A., (1996). Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *Jour. Sci. Ed.* 18(NG.4), pp. 423-445
- SEVILLA, C. (1994). Los procedimientos en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 400-405
- TAMIR, P. & GARCÍA, M.P. (1992). Characteristics of the laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain), *Int. Jour. Sci. Ed.*, 14(4), pp. 381-392
- TAMIR, P. & LUNETTA, V., (1978), An analysis of laboratory activities in the BSCS. Yellow Version. *The Amer. Biol. Teach.*, 40, pp. 353-357

- TAMIR, P., NUSSINOWITZ, R & FRIEDLER, Y. (1982). The development and use of a practical Test Assessment Inventory. *Jour. Biol. Ed.* 16, pp. 42-50
- WATSON, J. (1994). Student's engagement in practical problem solving: a case study. *Int. Jour. Sci. Ed.* 16(1), pp. 27-43
- WHITE, R. (1996). The link between the laboratory and learning. *Int. Jour. Sci. Ed.* 18(7), p. 761-774
- WOOLNOUGH, B. & ALLSOP, T., (1985), *Practical work in science.* (CUP: Cambridge University Press)

Recebido em: 28.03.2000

Aceito em: 30.09.2000