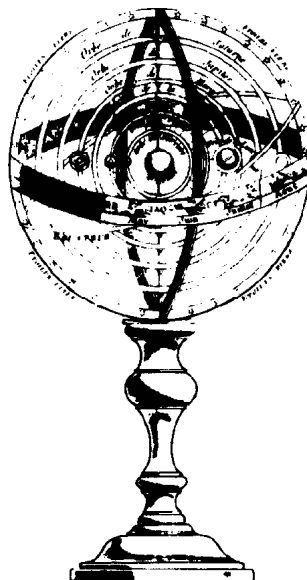


# INNOVACIONES DIDÁCTICAS



---

## PROPUESTA DE UN MODELO DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE FÍSICA EN EL NIVEL UNIVERSITARIO

GARCÍA SASTRE P.<sup>1</sup>, INSAUSTI M.J.<sup>2</sup> y MERINO, M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IES Alfonso VI. Olmedo. Valladolid.

<sup>2</sup> Departamento de Química Física. Facultad de Ciencias. Valladolid.

<sup>3</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Valladolid.

---

### SUMMARY

We present in this paper a model of practical works in Physics at University level. It has been designed as a result of the research implemented during three years. Our goal has been to achieve a type of practical work according to the educational principles of openness, activity and participation. In this way the students will get used to the scientific methodology closely linked to significative learning.

---

### INTRODUCCIÓN

Existen estudios a favor y en contra de los trabajos prácticos (TP). Algunos investigadores han llegado a

considerar que el TP de laboratorio es una pérdida de tiempo y recursos (Hofstein y Lunetta, 1982); otros

muchos han demostrado que los objetivos que se esperan cubrir con este tipo de enseñanza no se cumplen (Tamir y Lunetta, 1978; White, 1979). Las críticas más acerbadas provienen de que los TP son unas meras «recetas de cocina», en las que los estudiantes no tienen ideas claras de lo que están haciendo, los procesos que lleva consigo una metodología científica están ausentes, no son capaces de relacionar ni las cuestiones básicas, ni los conceptos y fenómenos involucrados en el experimento y además no ven la experimentación como un proceso de construcción del conocimiento (Tamir, 1977; Tobin, 1986; Tamir y García, 1992). Incluso algunos (Hodson, 1990) opinan que la única justificación para los TP es el moderado éxito que se produce en la enseñanza de técnicas de medida y en la mejora de la destreza manual de los alumnos, habilidades que sería más apropiado adquirirlas por medio de otro tipo de actividades manuales, y de las que se duda que proporcionen algún valor educativo por sí mismas, al menos en la enseñanza no universitaria. Por otra parte, estudios acerca de la percepción que tienen los alumnos de la importancia de las prácticas indican que ellos no sostienen los mismos puntos de vista que los profesores e investigadores (Bound et al., 1980; Friedler y Tamir, 1986; Kirschner et al., 1993).

Aunque la mayor parte de los TP que se están llevando a cabo no aporten una visión realista de la ciencia ni de cómo se construye el conocimiento científico, la idea que podemos sacar de las múltiples publicaciones que hay sobre ellos es que es necesario repensar la forma que deben tomar.

El objetivo de nuestra investigación ha sido encontrar un modelo de TP que trate de mejorar los aprendizajes de la práctica de la ciencia, a la vez que favorezca la construcción significativa de conocimiento dentro del campo de la física. Por ello, nuestro modelo de TP pretende conseguir que los alumnos realicen un amplio y buen trabajo de preparación de su labor experimental, desarrollando y potenciando la fase preexperimental que conlleva todo problema de indagación en el laboratorio. Creemos que ésta es la que más ayudará a cada estudiante a construir sus conocimientos de física con auténtico significado.

Nuestra investigación está íntimamente ligada con la práctica directa dentro del aula y del laboratorio, ya que hemos analizado el progreso conseguido por los alumnos en los objetivos que nos hemos planteado para mejorar su modo de aprender ciencia, a través de: planteamiento del problema, manejo de búsqueda bibliográfica, formulación de hipótesis, diseño de experimentos, toma de registros, emisión de conclusiones, etc. Todo dentro del contexto de la indagación del problema planteado.

Muchos son los autores que han trabajado en la línea de conseguir TP que sean fructíferos desde la consecución de aprendizajes coherentes con la filosofía constructivista (Gil Pérez, 1981, 1986; Hodson, 1990, 1994, 1996; Payá, 1991; Salinas, 1994; Caamaño et al., 1994).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo se llevó a cabo con alumnos de primer curso de la Facultad de Educación de Valladolid (especialidad Educación Primaria) en la asignatura Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica en el campo de la Física. La media de alumnos por curso era de 90 (divididos en dos aulas), estando los grupos de trabajo integrados aproximadamente por tres.

Con objeto de plantear la investigación en sus justos términos, realizamos una consulta a un amplio colectivo de profesores de física y química de nivel de secundaria de Valladolid y su provincia (centros de dondeceden la mayoría de nuestros alumnos). Recabamos su opinión acerca de la frecuencia con que hacían uso del laboratorio, del equipamiento de éste, de la metodología empleada para el desarrollo de los TP. Asimismo preguntamos sobre los resultados obtenidos y otros datos que permitieran dibujar el panorama de los trabajos experimentales en la realidad cotidiana de los centros de enseñanza. Del resultado de la encuesta dedujimos que los TP que se llevan a cabo en los IES son de tipo ilustrativo y recetístico, lejos de lo que supone el aprendizaje del trabajo de un científico, y no llevan a la construcción significativa de conocimientos, ni a la consecución de objetivos de procedimiento, algo tan fundamental que no debe faltar en un currículo de ciencias. Sin embargo, los profesores muestran un marcado interés por desarrollar el trabajo experimental.

Además de constatar la opinión del profesorado, contrastamos la idea que sobre la práctica de la ciencia tienen los alumnos. Por ello se ha venido procediendo, durante todos los años que ha durado la investigación, a hacer una consulta a los alumnos antes del inicio de su trabajo experimental. Se les cuestionaba acerca de su conocimiento en lo referente al seguimiento de la metodología científica en una investigación, así como sobre las experiencias que habían desarrollado anteriormente en un laboratorio de física. Los resultados obtenidos nos han reafirmado en que las prácticas tradicionales no contribuyen a mejorar el conocimiento de lo que es hacer ciencia, ni favorecen la construcción significativa de conocimientos, aunque sí enriquecen aprendizajes empíricos, rutinas de trabajo, etc.

Para terminar con la labor inicial de indagación, analizamos libros de texto y de prácticas de BUP, COU y de primero de carreras universitarias. En el estudio hemos utilizado como soporte básico para el análisis, el cuestionario diseñado a tal fin por Payá (1991). Los resultados obtenidos están en concordancia con los evidenciados por este autor, así como por otras investigaciones (Nadeu y Desautels, 1984; Tamir y García Rovira, 1992), que evidencian el bajo nivel de apertura de indagación que presentan los TP propuestos en estos libros.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

Una vez pasada esta fase de estudio previo, se empezó el trabajo de investigación que se ha desarrollado duran-

te los cursos 1994-95, 1995-96 y 1996-97. En los tres cursos académicos, el estudio se realizó con alumnos de primer curso, cuya procedencia prácticamente se repite a lo largo de ellos. Un 48,7% llega con los únicos conocimientos que proporcionan una física y química de 2º de BUP (4º de secundaria), alrededor de un 19% ha cursado la física y química de 3º de BUP, un 26,7% ha cursado COU y un 5,6% es de procedencia más o menos variable.

A lo largo de estos tres años procedimos a la aplicación de un diseño que en fases sucesivas fuimos depurando mediante una evaluación continua del mismo. Así los resultados parciales eran tenidos en cuenta para hacer los pertinentes cambios que supuestamente mejorarían el modelo, el cual, tras una nueva aplicación sería de nuevo evaluado, y así sucesivamente. Todo ello nos permitió llegar al presente modelo que exponemos a continuación y que desarrollaremos explicando sus partes más fundamentales

## ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL MODELO PROPUESTO

1) *El documento guía*: Es un texto a través del cual el profesor introduce al alumno en el problema, sugiere caminos, plantea incógnitas. Es necesariamente abierto y, por consiguiente, en él no hay descripciones ni recetas que se hayan de seguir, ni existen caminos claros y únicos que estén marcados. Se trata, por tanto, de una alternativa al tradicional «guión» con el que apostamos por un modelo constructivista del aprendizaje. Ante él, el alumno ha de cambiar su actitud pasiva por un talante investigador, creativo y lleno de iniciativas donde la invención, la imaginación, la creatividad, la capacidad de plantearse nuevos problemas, la discusión de alternativas válidas, etc. contribuirán a su más completa formación. Con esta actividad se coloca a los alumnos en situación de producir conocimiento, de explorar alternativas, superando la mera asimilación de conocimientos ya elaborados.

1. PREEXPERIMENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instrucción en la utilización del documento guía.</i></li> <li>• <i>Revisión de las técnicas rutinarias del TE</i>: Tratamiento de datos, aprovechamiento de registros, transformación de éstos, etc.</li> <li>• <i>Instrucción en la confección de diagramas en V.</i></li> <li>• <i>Elaboración de proyectos previos</i> (disponiendo de un guión de pautas).</li> <li>• <i>Entrevistas</i>, con posterioridad al análisis de los proyectos, para el estudio de los aspectos de necesaria reelaboración.</li> </ul>
2. EXPERIMENTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Asistida pero no guiada por el profesor</i>. Es llevada a cabo con <i>crítica constructiva y consejo</i>.</li> <li>• <i>Observación directa</i> del trabajo individual realizado.</li> </ul>
3. POSTEXPERIMENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Análisis y elaboración de resultados</i>.</li> <li>• <i>Entrevistas de consulta</i>, si se hace necesario.</li> <li>• <i>Elaboración de informes finales</i>.</li> </ul>
4. EVALUACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Observación directa</i> del profesor dentro del laboratorio y en la fase de preparación.</li> <li>• <i>Examen mediante D-V</i> del TP realizado.</li> <li>• <i>Valoración del informe final</i>.</li> </ul>
Del alumno a través de:	

El documento guía es un texto necesariamente extenso y posee una estructura bien definida: introducción a la materia objeto de estudio, que supone una puesta a punto conceptual; reconocimiento y acotación del problema; emisión de la hipótesis de trabajo; contrastación de dichas hipótesis mediante la experimentación; y posterior análisis de los resultados. El conjunto de actividades posee una lógica interna que evita aprendizajes desconexos y procesos excesivamente erráticos. Eso sí, exige que las actividades estén cuidadosamente estudiadas para cubrir el total de los contenidos del tema objeto de estudio.

La utilización correcta de este documento requiere una instrucción del alumno por parte del profesor. El alumno debe estar preparado para leer lo que en él se le dice no abiertamente, sino como campo de búsqueda y de trabajo de preparación por su parte.

Es conveniente el trabajo en equipo, dividiendo la clase en pequeños grupos que van abordando las sucesivas dificultades y, al mismo tiempo, se establece una intercomunicación entre dichos grupos que favorece el carácter colectivo del aprendizaje.

Se confeccionaron diez documentos guía, cuyos títulos 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 cambios de estado
- Estudio experimental de las dilataciones
- Determinación de calores específicos
- Determinación de densidades
- Estudio de la resistencia eléctrica

2) *Proyectos previos*: Dentro de los pasos seguidos en el desarrollo de esta investigación, creemos que ha sido éste el que mayormente ha contribuido a asegurar el éxito en la construcción de conocimientos por parte de los alumnos.

En la enseñanza tradicional, el alumno normalmente se presenta en el laboratorio sin conocer nada en absoluto de lo que allí se va a llevar a cabo, ya que es común en este tipo de prácticas llegar al lugar de trabajo con la fotocopia de un guión que ni siquiera ha revisado con anterioridad, y dispuesto a llevarlo a cabo en el menor tiempo posible, lo que supone que el trabajo práctico se reduce, en el mejor de los casos, a la captación de aquellos conceptos que el profesor le da completamente triturados, o bien a seguir la receta en la que es posible que ni piense que es lo que quiere obtener.

En el modelo de TP que aquí se propone, el alumno ha de documentarse sobre el tema, plantearse el problema en sus justos términos, formularse unas hipótesis que ha de

contrastar mediante experimentos que él decidirá y proyectará. Una vez elaborado el proyecto previo, tras ser revisado por el profesor, éste decidirá si el alumno (grupo de alumnos) está en condiciones de poder iniciar su experimentación o, por el contrario, tiene que retocar-lo, completarlo o rehacerlo.

La revisión de este proyecto previo no se hace con un fin calificador, sino para adecuar la preparación del alumno a las necesidades que el desarrollo de este tipo de TP requiere, intentando asegurar que se implique en el problema y de esta forma conseguir los aprendizajes. Además permite que el profesor tenga constancia del progreso en el trabajo y le da oportunidad de ejercer una eficaz función tutorial. En este sentido, el profesor analiza la coherencia en el diseño, si la fundamentación teórica es sólida, si se han formulado hipótesis acordes a la previsión de resolución de su problema, si el diseño experimental es lógico y factible, etc.

Este proyecto, después de ser revisado por parte del profesor las veces que se hagan necesarias, se devuelve al alumno con las indicaciones oportunas a cada situación, es decir, con las advertencias, instrucciones, consideraciones, guías, etc. que se crea necesario, con objeto de que el proyecto llegue a una completa y correcta elaboración; entonces, el alumno estará en condiciones de acceder a la experimentación. Resulta obligado establecer un horario de atención del profesor para que todo alumno que lo crea necesario tome contacto con él y reciba aquellas aclaraciones que le sean necesarias.

Para la realización de este proyecto se proporciona al alumno un guión de pautas, confeccionado por el profesor, que marca los aspectos más significativos a tener en cuenta en el desarrollo de su investigación. Lógicamente, cuando se le entrega este guión de pautas, se le advierte que el desarrollo de los puntos indicados en el guión serán revisados en su diseño, analizando si el tratamiento ha sido correcto o, por el contrario, es necesario llamarle la atención para su rectificación o complementación. Además el alumno conoce que esos aspectos han de estar presentes en su informe final, y que la evaluación y valoración va a realizarse en función de cómo se han desarrollado esas pautas.

El diseño de guión de pautas indicativas que hemos utilizado ha sido tomado de Grau (1994) y está basado en valoraciones de la línea de Rubin y Tamir (1988):

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

- ¿Qué factor/es modificarás a lo largo del experimento? ¿Cuál es la variable independiente?
- ¿Qué resultado prevés observar? ¿Cuál es la variable dependiente? ¿Cómo lo observarás?
- ¿Cómo te aseguras de que los resultados dependen de las modificaciones que has introducido?
- ¿Qué aparatos o instrumentos necesitarás?
- Elabora por escrito una planificación de la investigación. Divide el proceso en varias etapas y explica qué harás y por qué.
- Una vez elaborada la planificación, discútela con el profesor o profesora. Puede ser necesario introducir alguna modificación.

3) *El laboratorio*: Los laboratorios escolares actuales, tanto universitarios como de bachillerato, tienen una fisonomía y una dotación material pensadas específicamente para una enseñanza recetística tradicional. Se basan en la existencia de puestos de trabajo pequeños, cuantos más mejor, con sacrificio de la superficie para el desplazamiento.

Para llevar a cabo el modelo de trabajo que nosotros proponemos, sería preferible disponer de elementos sueltos (planos inclinados, fuentes de alimentación, instrumentos de medida, etc.) en lugar de los equipos de área tradicional, pensados más bien para realizar montajes y manipulaciones muy concretas, perfecta y minuciosamente especificados en las fichas que los acompañan. Todo ello hace necesaria la existencia de un buen almacén que contenga instrumentos y materiales, si no sofisticados, sí eficaces y sólidos, lo más variados posibles, perfectamente ordenados y bien inventariados, de forma que el alumno pueda saber en poco tiempo de qué recursos dispone para llevar a cabo su trabajo.

También es necesaria una biblioteca en el laboratorio en la que tengan cabida manuales, libros de tablas, de tratamiento de datos experimentales, manejo de instrumentos, etc. Paradójicamente en una concepción moderna del laboratorio escolar, resulta muy interesante la existencia de libros y manuales de práctica antiguos, en los que se describe con detalle los instrumentos y técnicas tradicionales de trabajo.

Una dificultad propia de este modelo de trabajo es la de tener el laboratorio abierto a los alumnos, con objeto de que éstos puedan conocer el material de que disponen, así como su manejo. Este aspecto es clave dentro de la organización de este tipo de TP, el alumno debe conocer con exactitud de qué días y horas dispone para ello.

4) *Diagrama en V*: Consideramos la heurística V como una buena herramienta de aplicación en la evaluación de los aprendizajes de los alumnos, ya que permite manejar

los conceptos claves que el alumnado olvida utilizar en el momento de interpretar un experimento. Estos diagramas, además de ser una herramienta eficaz de evaluación, ayudan al alumno a autoevaluarse.

La V de Gowin ya ha sido utilizada por otros autores para fines muy diversos (Moreira, 1990; Lama et al., 1995; Izquierdo, 1994, 1995; De Pro, 1995; García Arques et al., 1995), y son varios los que han esbozado su utilidad como herramienta de evaluación específica de una actividad de aprendizaje constructivista (Geli, 1995; Roychoudhury y Roth, 1996; Calvet, 1997).

Para que el diagrama en V sea un buen instrumento de evaluación es necesario instruir al alumno en su elaboración. Este proceso se llevó a cabo de la siguiente manera: En primer lugar se les explicó el significado de las distintas partes de que consta un diagrama en V. A continuación se les proporcionó un guión de prácticas cerrado, con objeto de que fuera seguido y entendido perfectamente por el total de los alumnos del curso. Junto a este guión, se les dio un diagrama en V para que estudiaran detenidamente su construcción. Se llevó en el aula una experiencia de cátedra, incluyendo en ella todos los aspectos de una investigación sencilla. Con toda esta preparación, se les encargó la realización en casa del diagrama en V correspondiente al trabajo anterior, para ser después revisado con detenimiento por parte del profesor y, tras la corrección, encauzar el asesoramiento individual del alumno de cara a subsanar los fallos que había tenido.

Cuando el estudiante ha finalizado sus trabajos experimentales y presentado su informe, se le examina mediante la realización de un diagrama V correspondiente a su indagación. Para ello, dispone de todas aquellas observaciones, registros de valores y transformaciones que ha elaborado de su trabajo experimental. Lo que en esta prueba tiene que hacer es desarrollar de forma coordinada en el diagrama la metodología científica empleada en su investigación.

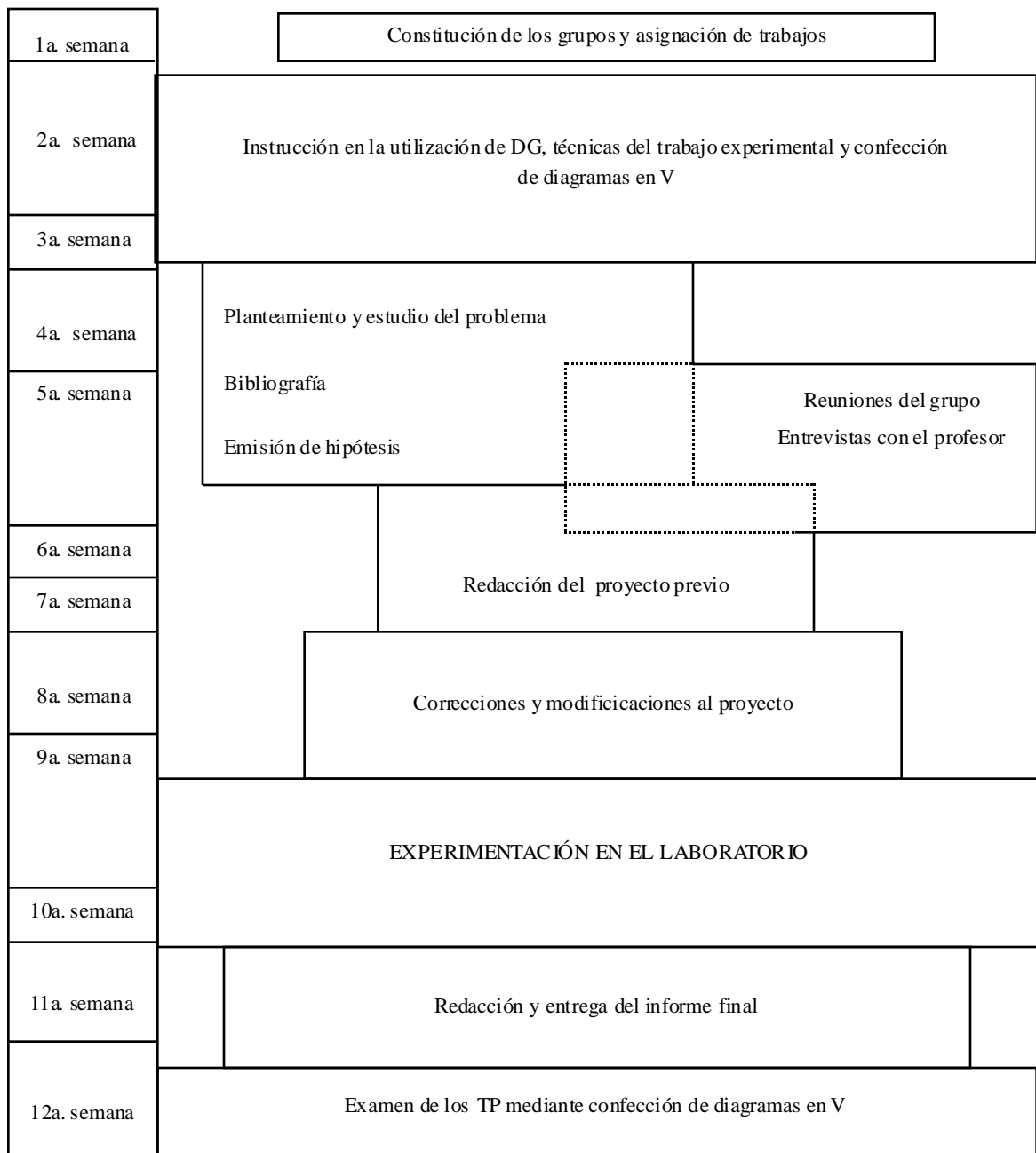
Aunque inicialmente los diagramas en V se pensaron para la evaluación del alumno, se pudo comprobar la importancia de que éste domine su confección, toda vez que ello le permite adquirir una visión muy acertada del proceso que habitualmente se sigue en la creación del conocimiento científico. El desarrollo por parte del alumno de un diagrama en V de su actividad experimental le supone repasar, desarrollar mentalmente y coordinar las etapas que comporta un trabajo experimental realizado de forma aproximada a la labor de un investigador. Si la metodología científica no ha sido puesta en práctica, se pone en evidencia que los aprendizajes no presentan coherencia y, por tanto, no se ha producido construcción de conocimientos.

5) *Informes finales*: La utilización de un diagrama en V no excluye la realización de informes finales del trabajo realizado, ya que en un diagrama no pueden explicarse detenidamente los detalles ni aspectos precisos del desarrollo, sobre todo desde justificaciones de todo lo realizado.

Además, hay que hacer comprender al alumno que en toda investigación, aun siendo erróneos los resultados, son siempre fructíferos para los nuevos investigadores de ese problema o de otro relacionado con él y que, como norma en investigación, del análisis de un informe pue-

den obtenerse dos conclusiones: que los registros no hayan sido bien transformados e interpretados llevando al primer investigador a conclusiones erróneas, o que la interpretación haya sido correcta pero sin resolución del problema investigado.

Tabla I



Un informe a la usanza científica es algo que un alumno debe saber confeccionar. Por tanto, creemos que es fundamental su evaluación. Existen variantes en cuanto a modos de corrección de este tipo de informes, que van desde el LAI –en el que se analizan 37 matices en las tareas que realizan los estudiantes (Tamir y Lunetta, 1978), y que es muy completo y, por tanto, interesante para extraer buenas y matizadas conclusiones– hasta el presentado por Woolnough y Allsop (1985) –que analizan seis aspectos claves en su estructura.

Nosotros opinamos al igual que Hodson (1992) que una valoración con aproximaciones basadas en pericias inhibe el desarrollo profesional, reduciendo a los profesores al papel de técnicos administrativos que guardan cuadernos con abundancia exagerada de notas. Por esto, los cuestionarios de corrección con montones de matices, creemos que no son ni ágiles ni factibles de llevar a cabo en la práctica diaria de un centro de enseñanza y a lo largo de un curso académico. Apostamos, al igual que él, por una evaluación integral de aprendizajes, lo que no lleva consigo evaluar minuciosidades de destrezas y precisiones en medidas, sino una valoración más globalizada de cómo hace ciencia el alumno; es decir:

- si el hilo de la investigación se corresponde con el planteamiento del problema;
- si un concepto se usa apropiadamente;
- si formula hipótesis acordes con las previsiones en los resultados experimentales;
- si la serie de procedimientos experimentales se realizó de forma satisfactoria;
- si los datos son sensiblemente interpretados;
- si las conclusiones están justificadas;
- si presenta un informe apropiado;
- si la investigación le ha creado riqueza de opinión y descubre nuevas posibilidades de completar su enfoque.

**SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES EN EL DESARROLLO DE LOS TP**

Teniendo en cuenta el gran esfuerzo que supone para el alumno la realización de este tipo de trabajo, es necesario realizar una cuidadosa planificación. Nuestra experiencia nos lleva a presentar el siguiente esquema de desarrollo de este tipo de TP, en el que de forma aproximada se indica el orden y duración de los períodos para llevar a cabo cada una de las etapas del proceso (Tabla I).

**EVALUACIÓN DEL MODELO PROPUESTO**

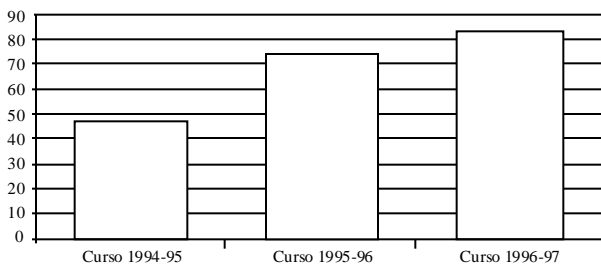
La propuesta de este método de trabajo se basa en los resultados obtenidos en la evaluación de los alumnos, a lo largo de los años en los que se ha llevado a cabo la experimentación, así como en un cuestionario final de valoración acerca de este tipo de TP, que se pasó a todos los alumnos al finalizar el curso lectivo.

La evaluación de los alumnos se basó desde el punto de vista sumativo en los diagramas V y en los informes finales.

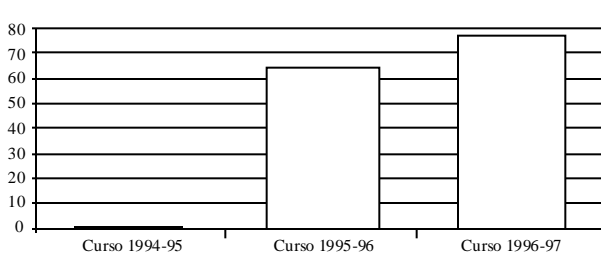
La evaluación y valoración de los diagramas en V y de los informes finales se enfocó desde la perspectiva de integrar cada uno de los objetivos marcados a conseguir con este diseño de realización de TP y ya explicados en los apartados anteriores, es decir, que fuera acorde con los criterios de prioridad que exige la puesta en práctica de una metodología científica y que fuera fácil de aplicar en un centro de enseñanza con un elevado número de alumnos.

A continuación presentamos el tanto por ciento de aprobados obtenidos en los tres cursos objeto de investigación:

% Global de aprobados en informes finales



% de aprobados en diagramas en V



Los resultados obtenidos en el último curso académico en el que se llevó a cabo el modelo propuesto evidencian que el diseño final presentado, producto de las remodelaciones introducidas como consecuencia de los cambios introducidos a lo largo de los tres cursos, es claramente defendible.

Esta premisa viene también avalada por las contestaciones dadas por los alumnos al cuestionario final de valoración acerca de este modelo. Los ítems de este cuestionario trataron de evaluar el documento guía, método empleado, diagramas V y su actitud ante los TP. Existen referencias de haber utilizado este tipo de cuestionarios con estudiantes universitarios (Espinosa y Roman, 1993; Insausti, 1997).

Evaluación a través del alumno del método de trabajo seguido en este tipo de TP		
Aspectos evaluados	Núm. de alumnos	
	%	90 (s/d)
<i>Evaluación del documento guía</i>		
El DG te ayudó a formular con precisión el problema a investigar.	62,3	(0,058)
Utilizaste el DG para buscar la bibliografía necesaria.	73,9	(0,053)
Te fue fácil formular la hipótesis.	31,1	(0,056)
El DG te ayudó a realizar el diseño adecuado a tu experimentación.	39,1	(0,056)
El DG fue algo tan complicado que sirvió para liarte en tu investigación.	<b>9,7</b>	(0,036)
<i>El laboratorio llevado a cabo con DG y en régimen abierto</i>		
Favoreció mi implicación en el trabajo.	<b>81,2</b>	(0,047)
Favoreció mi sentido de responsabilidad en el trabajo.	78,3	(0,050)
Me ha resultado interesante.	73,9	(0,053)
Me ha resultado prácticamente inaccesible.	8,7	(0,034)
Ha creado en mí un rechazo por la física.	5,8	(0,036)
Ha creado en mí un respeto por la labor investigadora.	62,3	(0,058)
Me facilitó el manejo del material necesario.	66,7	(0,057)
<i>Los diagramas en V que hemos puesto en práctica para la evaluación</i>		
Me han servido para entender mejor los TP.	<b>59,4</b>	(0,059)
Me han servido para comprobar, previo al examen, si existía coherencia en mi esquema mental de lo investigado.	68,1	(0,056)
Me han ayudado a saber extraer conclusiones.	65,2	(0,057)
Me han ayudado a saber formular preguntas.	58,0	(0,059)
<i>Indicamos tu opinión a través de una serie de adjetivos de los TP realizados</i>		
Buenos	78,3	(0,050)
Agradables	58,9	(0,060)
Interesantes	79,1	(0,050)
Útiles	76,8	(0,051)
Divertidos	30,3	(0,055)
Difíciles	53,5	(0,060)
Organizados	70,1	(0,060)
Eficaces	60,8	(0,057)
Confusos	20,7	(0,060)

## CONCLUSIONES

Una vez finalizada la investigación, hemos llegado a la conclusión de que una transformación en profundidad de los trabajos experimentales, como los que aquí se presentan, supone un notable incremento de tiempo

y esfuerzo para el profesor. Los TP tradicionales son en esencia una forma de trabajar en serie y resultan lo menos malo en la realidad de una universidad masificada. Por el contrario, esta nueva con-



cepción de las prácticas de laboratorio se aleja del anterior esquema y exige del profesor una atención individualizada para cada alumno o grupo, y diversificada en los equipos de alumnos que de él dependen.

Por otra parte, los alumnos han de empezar el trabajo mucho antes de su entrada al laboratorio, han de documentarse a fondo sobre su tema, acotar el problema, formular hipótesis, decidir qué tipo de experimento le permitirá verificarlas, analizar resultados y extraer conclusiones en conjunto. Todo ello supone un nivel de maduración y responsabilidad adicionales que representa un mayor tiempo de dedicación y esfuerzo. Como contrapartida, estos trabajos les motivan y les permiten aprender todo un conjunto de habilidades investigadoras, así como la adopción de actitudes positivas hacia la ciencia.

La fase preexperimental es de suma importancia y ocupa alrededor de las tres cuartas partes del tiempo del desarrollo de un TP. Consideramos que en este período el alumno tiene ocasión de instruirse en todo un conjunto de destrezas de investigación (planteamiento del proble-

ma, manejo de bibliografía, formulación de hipótesis, diseño experimental, contrastación de pareceres, etc.). Es preciso, pues, un cambio de mentalidad, que supone abandonar la idea de que no hay más trabajo práctico que el que se realiza en el laboratorio y aceptar que la biblioteca, el aula y cualquier otro lugar puede ser un escenario, de hecho lo es, en el que se desarrolla la actividad intelectual consustancial con el quehacer científico.

Los diagramas V se han revelado como excelentes herramientas de evaluación específicas en este modelo de trabajo. Su correcta realización permite que el profesor pueda evaluar la cantidad y calidad de la interacción entre lo que el alumno sabe y piensa y lo que hace. Por añadidura le permite al alumno estructurar más y mejor su conocimiento y el proceso que sigue para acceder al mismo.

Finalmente creemos que este modelo se adapta bien al ambiente universitario. Por cuanto a la enseñanza secundaria se refiere, pensamos que necesitaría diversas adaptaciones, lo cual constituye nuestro enfoque de futuros trabajos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUD, D., DUNN, J., KENNEDY, T. y THORLEY, R. (1980). The aims of science laboratory courses: a survey of students, graduate and practising scientists. *European Journal of Science Education*, 2, pp. 415-428.
- CALVET, M. (1997). La comunicación escrita en el trabajo experimental. *Alambique*, 12, pp. 63-73.
- CAAMAÑO, A., CARRASCOSA, I. y OÑORBE, A. (1994). Los trabajos prácticos en las ciencias experimentales. *Alambique*, 2, pp. 4-5.
- ESPINOSA GARCÍA, J. y ROMAN GALVÁN, T. (1993). Actitudes hacia la ciencia en estudiantes universitarios de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), pp. 297-300.
- FRIEDLER, Y. y TAMIR, P. (1986). Teaching basic concepts of scientific research to high school students. *Journal of Biological Education*, 5, pp. 263-269.
- GARCÍA ARQUÉS, J.J., PROBUENO, A. y SAURA LLAMAS, O. (1995). Planificación de una unidad didáctica: El estudio del movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), pp 211-224.
- GELI DE CIURAMA, A.M. (1995). La evaluación de los trabajos prácticos. *Alambique*, 4, pp. 25-32.
- GIL PÉREZ, D. (1981). Por unos trabajos prácticos realmente significativos. *Revista de Bachillerato*, 17(7), pp. 54.
- GIL PÉREZ, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 111-121.
- GRAU, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique*. 2, pp. 27-35.
- HODSON, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), pp. 33-40.
- HODSON, D. (1992a). Assessment of Practical Work. Some Considerations in Philosophy of Science. *Science & Education*, 1, pp. 115-144.
- HODSON, D. (1992b). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), pp. 541-562.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 299-313.
- HODSON, D. (1996). Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), pp. 755-760.
- HOFSTEIN, A. y LUNETTA, V.N. (1982). The role of laboratory in science education part II. *The Science School Review*, 52, pp. 201-217.
- INSAUSTI, M.J. (1997). Análisis de los trabajos prácticos de química general en un primer curso de universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 123-130.
- IZQUIERDO AYMERICH, M. (1994). La V de Gowin, un instrumento para aprender a aprender (y a pensar). *Alambique*, 1 pp. 114-124.

- IZQUIERDO AYMERICH, M. (1995a). ¿Cómo se escribe sobre los experimentos? Análisis de textos de químicos. *Alambique*, 8, pp. 21.
- KIRSCHNER, P., MEESTER, M., MIDDELBEEK, E. y HERMANS, H. (1993). Agreement between student expectations, experiences and actual objectives of practices in the natural sciences at the Open university of The Netherlands. *International Journal of Science Education*, 15(2), pp. 175-197.
- LAMA ALCALDE, M.D., CARRASQUER ZAMORA, J., CARNICER MURILLO, J. y MARTÍNEZ MARTÍNEZ, R. (1995). La selección y secuenciación de contenidos en ciencias de la naturaleza. La V de Gowin y la teoría de la elaboración: dos herramientas útiles para realizarlas. *Alambique*, 5, pp. 83-99.
- MOREIRA, M.A. (1990). *Pesquisa em ensino: UVE Epistemológico de Gowin*. São Paulo. Editora Pedagógica e Universitária.
- NADEU, R. y DESAUTELS, J. (1984). *Epistemology and the Teaching of Science*. Ottawa: Science Council de Canadá.
- PAYÁ PERIS, J. (1991). *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. Tesis doctoral: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia.
- PRO BUENO, A. (1995). Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en ciencias. *Alambique*, 6, pp. 77-87.
- ROYCHOUDHURY, A. y ROTH, W. (1996). Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal Science Education*, 18(4), pp. 423-445.
- RUBIN, A. y TAMIR, P. (1988). Meaningful learning in the school laboratory. *American Biology Teacher*, 50, pp. 91-96.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. (1994). *Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios*. Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia.
- TAMIR, P. (1977). How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14, pp. 311-316.
- TAMIR, P. y LUNETTA, V. I. (1978). An analysis of laboratory activities in the BSCS. Yellow Version. *The American Biology Teacher*, 40, pp. 353-357.
- TAMIR, P. y GARCÍA ROVIRA, M. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), pp. 3-12.
- TOBIN, K. (1986). Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, 8, pp. 199-211.
- WHITE, R.T. (1979). Relevance of practical work to the comprehension of physics. *Physics Education*, 14, pp. 384-387.
- WOOLNOUGH, B.E. y ALLSOP, T. (1985). *Practical work in science*. CUP: Cambridge University Press.

[Artículo recibido en julio de 1997 y aceptado en diciembre de 1998.]