

INVESTIGACION Y DESARROLLO

LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE FISICA EN LA FORMACION DEL PROFESORADO. (1) UN ANALISIS CRITICO.

DANIEL GIL PEREZ¹ Y EDUARDO M. GONZÁLEZ²

¹ Universidad de Valencia, España

² Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

RESUMEN

Se avanza y fundamenta la hipótesis de que las prácticas de laboratorio de Física, realizadas en el ciclo básico universitario y en los Centros de formación del Profesorado, no dan una imagen adecuada del trabajo de la ciencia y no familiarizan a los estudiantes con dicho trabajo. Se presentan los resultados del análisis de 91 guías de cátedra de trabajos prácticos y de 54 memorias elaboradas por los estudiantes y se analizan también algunos resultados preliminares de entrevistas con docentes. Los resultados son coherentes con la hipótesis enunciada, mostrando la necesidad de una reestructuración profunda de los trabajos prácticos que se propone a los futuros profesores de Física.

ABSTRACT

We have proposed and founded the hypothesis that practical works done by future physics teachers in their university physics courses and in the teachers' training centers do not give a correct view of a scientific approach. Results of the analysis of 91 lab guides, 54 students reports and some professors' interviews are in accordance with this hypothesis, showing the need of a deep restructure of the usual orientation of the practical works proposed to future physics teachers.

Introducción

Este trabajo forma parte de un estudio más amplio destinado a mejorar la formación

que reciben los futuros profesores de Física en relación a los trabajos prácticos de laboratorio. Dicho estudio comprende dos partes: una crítica fundamentada a la forma como se realizan actualmente esos trabajos prácticos, aspecto que recogemos en esta comunicación, y el desarrollo de una propuesta didáctica alternativa que intente superar las carencias señaladas en esas críticas (Gil, Navarro y González 1992).

La fundamentación teórica, tanto del análisis crítico como de las propuestas alternativas, se apoya en los resultados obtenidos por la investigación en la Enseñanza de las Ciencias (especialmente de la Física y de la Química) en los últimos quince años. Esta investigación didáctica ha detectado en la escuela secundaria enormes insuficiencias en la realización de los trabajos prácticos, generalmente presentados como actividades de ilustración y estructurados como recetas que reducen la participación de los estudiantes a meras manipulaciones y proporcionan una imagen deformada del trabajo científico (Gil 1983, Tamir 1983, Yager y Penick 1983, Hodson 1985, Gil y Payá 1988). Ahora bien, los profesores de Enseñanza Media son formados en la Universidad —o en Centros de Formación del Profesorado—, de modo que el problema debe ser discutido también en ese nivel. Más aún, cabe pensar que allí resida, en buena medida, el origen del problema, a pe-

sar de las notables diferencias con que se enfrentan los trabajos prácticos en uno y otro nivel. En efecto, es evidente que en la escuela secundaria se realiza muy poca actividad experimental debido a limitaciones de horario y de recursos, mientras que en la Universidad y en los Centros de Formación del Profesorado se realizan experimentos más complejos y que requieren de mayores conocimientos. Pero más allá de la cantidad y complejidad de los trabajos prácticos que se realizan en el ciclo básico universitario, es necesario analizar la orientación de los mismos, clarificando en qué medida los profesores de la escuela secundaria son formados realizando unos trabajos prácticos ilustrativos, similares a los que luego, ellos mismos propondrán a sus alumnos de secundaria.

Por otra parte, aunque la investigación didáctica apenas si se ha desarrollado en la Universidad, puede detectarse una preocupación creciente entre algunos docentes de física del nivel superior por los resultados de la enseñanza que imparten. En relación a los trabajos prácticos, esta preocupación se refiere a los pobres resultados que se obtienen con ellos en los cursos habituales del ciclo básico. A pesar de que los estudiantes dedican un esfuerzo considerable a esta actividad y de que, en algunos casos, las instituciones invierten una cuota importante de recursos (Carlson 1986), los resultados son poco satisfactorios. Por el contrario, pareciera que, pese al entusiasmo inicial, dichos estudiantes se sienten decepcionados por una tarea cuyo sentido no alcanzan a comprender y que viven como una pérdida de tiempo (Shymansky y Penick, 1979).

Esta preocupación se extiende también a las distintas propuestas alternativas que se han ensayado, basadas generalmente en ideas intuitivas, en las que se había depositado grandes esperanzas. Sin embargo, los resultados alcanzados a través de todas estas propuestas no han satisfecho las expectativas que las mismas habían despertado. Muy recientemente y refiriéndose al

nivel universitario se ha hecho notar que "muchos esfuerzos de reforma e innovación, año tras año, y aún década tras década han producido relativamente poco cambio significativo" (Schwartz 1990).

La Hipótesis del Trabajo y su Fundamentación

Nuestro trabajo ha estado orientado por una hipótesis que es convergente con los resultados alcanzados por la investigación didáctica en la Enseñanza Media. Dicha hipótesis es la siguiente:

La realización de los cursos de física del ciclo básico de la Universidad o de los Centros de Formación del Profesorado, no proporcionan a los estudiantes una visión amplia y aceptable del trabajo de la ciencia. Esto quiere decir que los trabajos se realizan sin que los estudiantes tengan oportunidad de enfrentar situaciones problemáticas abiertas, ni precíscarlas o acotarlas, sin considerar el interés que pueda tener tratar esos problemas o las relaciones ciencia-técnica-sociedad, sin construir hipótesis fundamentadas, sin concebir diseños experimentales, sin realizar búsquedas bibliográficas, sin considerar los nuevos problemas abiertos por el trabajo que realizan o sin intentar validar sus conclusiones con los resultados de otros estudiantes y de la propia comunidad científica.

Esta hipótesis ha sido fundamentada en los siguientes aspectos de la forma habitual de enseñanza de la Física, aspectos que son comunes a todos los niveles:

a. - *Se enseña de acuerdo al modelo de transmisión de conocimientos.* La mayoría de los docentes se ajustan a este patrón, tanto en el ciclo medio, como en el superior. El mismo se caracteriza por concebir la enseñanza como un proceso de transmisión de los conocimientos en su versión final -como una comunicación de resultados-. El esfuerzo del profesor consiste, en todo caso, en organi-

zar la secuencia de los contenidos - incluyendo algunas motivaciones- y presentarlos lo más claramente posible. En este contexto los estudiantes actúan como meros receptores de un mensaje; de allí que el modelo pueda caracterizarse como de transmisión/recepción (Ausubel 1978, Novak 1982).

No se trata de que los profesores hayan asumido explícitamente un modelo didáctico, se trata de que su práctica está estructurada alrededor de un conjunto de ideas previas -desarrollado de manera no explícita en su largo proceso de formación como estudiantes- las que podríamos denominar ideas didácticas "de sentido común", de "lo que siempre se ha hecho" (Hewson y Hewson 1988, Gil 1991).

En esta orientación los trabajos prácticos son planteados generalmente como experiencias de ilustración o de "verificación", es decir como un conjunto de experimentos de aplicación donde los estudiantes puedan "corroborar" las teorías establecidas previamente. En realidad debiera hablarse más precisamente de ilustraciones que de verificaciones. Y, más aún, de una ilustración limitada a técnicas y destrezas experimentales.

b.- *La actividad docente se realiza con planteamientos ateóricos, fruto exclusivo de "la experiencia"*. Es un hecho bastante conocido que los docentes del nivel superior no asumimos una postura innovadora, ni desarrollamos una crítica a nuestra propia tarea. En este sentido, puede decirse que hay un hiato entre la tarea que algunos científicos realizan como investigadores y su práctica docente. Incluso se ha hablado, respecto de la enseñanza, de una "inercia" de las ideas de la comunidad universitaria (Arons 1989).

Esta manera de plantear la enseñanza se acompaña generalmente de una falta de reflexión sobre las concepciones de la ciencia. Ni en la Universidad, ni en los Centros de Formación del Profesorado se realiza habitualmente una reflexión sobre las caracte-

terísticas de la investigación científica. Esta realidad tiene vigencia aún en los centros de investigación científica: los investigadores no suelen realizar frecuentemente discusiones abiertas y generales sobre el trabajo de la ciencia y, menos aún, sobre las relaciones que pueden establecerse entre esas características y la manera como se enseña.

Estas actitudes forman parte de una tradición empirista con que se encara la enseñanza de las ciencias. De esa manera se facilita la repetición, sin mayor cuestionamiento, de actividades con muchas y evidentes limitaciones didácticas. Detrás de esta manera de proceder están unas concepciones didácticas espontáneas de los docentes que sostienen que enseñar es fácil y que basta con un conocimiento adecuado de la materia, sentido común y una cierta experiencia (Gil, Beléndez et al 1991).

c.- *La parcelación de la enseñanza*. Las distintas actividades con que se lleva a cabo la enseñanza de las ciencias -sesiones teóricas, de problemas y trabajos prácticos- se presentan generalmente como aspectos separados y a menudo inconexos. Esto sería coherente con la vigencia del modelo enseñanza de transmisión/recepción de los conocimientos, donde no se enfrentan situaciones problemáticas abiertas, las que requieren generalmente de un tratamiento complejo e integrador de los distintos aspectos de la enseñanza.

En definitiva, una visión muy limitada de la enseñanza, donde el conocimiento se presenta en forma de compartimientos, puede estar favoreciendo la realización de unos trabajos prácticos rutinarios, que no pretendan enfrentar un problema-eventualmente discutido antes en la clase teórica-, y que estén reducidos por tanto a sus elementos de técnicas y habilidades manipulativas.

Las Características del Trabajo Científico y sus implicaciones en la Enseñanza de la Ciencia.

Investigar, como nos proponemos en este trabajo, en qué medida las prácticas de laboratorio se adecuan a las características básicas de la actividad científica, exige clarificar mínimamente cuales son dichas características. Somos conscientes de la ambigüedad esencial de una actividad abierta y creativa como es un trabajo con aspiración científica, irreductible a cualquier idea del método (con o sin mayúsculas) o camino prefijado. Y también de los profundos debates que la reflexión epistemológica ha comportado y sigue propiciando (Popper 1962, Khun 1971, Feyerabend 1975, Bunge 1980, Lakatos 1982, Laudan 1984). Existen sin embargo unos puntos fundamentales en lo que se da un acuerdo básico entre la generalidad de los epistemólogos (Chalmers 1987; Gil et al 1991; Hodson 1992). Nos limitaremos lógicamente, a tener en cuenta dichos puntos de acuerdo que presentamos sintéticamente a continuación:

1. En primer lugar hay un rechazo de la idea misma de "método científico", con mayúsculas, como conjunto de reglas definidas con precisión, aplicables mecánicamente e independientes del dominio investigado.

2. En segundo lugar, hay que reasaltar el rechazo generalizado de lo que Piaget (1970) denomina "el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos", es decir, el rechazo de un empirismo que concibe los conocimientos como resultado de la inferencia inductiva a partir de datos puros. Por el contrario, se insiste en que toda investigación y la misma búsqueda de datos vienen marcadas por paradigmas teóricos -es decir, por visiones coherentes, articuladas- que orienta dicha investigación.

Es preciso insistir en la importancia de los paradigmas conceptuales, de las teorías, como origen y término del trabajo científico, en un proceso complejo que incluye even-

tuales rupturas -cambios revolucionarios- del paradigma vigente en un determinado dominio y surgimiento de nuevos paradigmas teóricos. Y es preciso también insistir en que los problemas científicos constituyen inicialmente *situaciones problemáticas* confusas: el problema no viene dado, siendo necesario formularlo de manera precisa, modelizando la situación, haciendo determinadas opciones de cara a simplificarlo más o menos para poder abordarlo, clarificando el objetivo, etc., etc. Y todo esto partiendo del corpus de conocimientos que se posee en el campo específico en que se realiza la investigación.

3. En tercer lugar hay que resaltar el papel jugado en la investigación por el pensamiento divergente, que se concreta en aspectos fundamentales -y erróneamente relegados en los planteamientos empiristas- como son la invención de hipótesis o el propio diseño de experimentos. No se razona, pues, en términos de certezas, más o menos basadas en "evidencias", sino en términos de hipótesis que se apoyan, es cierto, en los conocimientos adquiridos, pero que son contempladas como simples "tentativas de respuesta" que han de ser puestas a prueba lo más rigurosamente posible. Y si bien la obtención de evidencia experimental en condiciones definidas y controladas ocupa un lugar central en la investigación científica, es preciso relativizar dicho papel que sólo cobra sentido con relación a las hipótesis a contrastar y a los diseños concebidos a tal efecto.

En palabras de Hempel (1976) "al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento inductivo de inferencia a datos recogidos con anterioridad, sino más bien mediante el llamado método de las hipótesis a título de intentos de respuesta a un problema en estudio³ y sometiendo luego éstas a la contrastación empírica". Son las hipótesis, pues, las que orientan la búsqueda de datos. Unas hipótesis que, a su vez, nos remiten al paradigma conceptual de partida, poniendo de nuevo en evi-

dencia el error de los planteamientos empiristas.

Por otra parte, el hecho de trabajar en términos de hipótesis introduce exigencias suplementarias de rigor: es preciso dudar sistemáticamente de los resultados obtenidos y de todo el proceso seguido para obtenerlos, lo que conduce a revisiones continuas, a intentar obtener esos resultados por caminos diversos, a mostrar su coherencia con los resultados obtenidos en otras situaciones.

4. Por último, es preciso comprender el carácter social del desarrollo científico, lo que se evidencia no sólo en el hecho de que el punto de partida -el paradigma teórico vigente- es la cristalización de las aportaciones de generaciones de investigadores, sino también en que la investigación responde cada vez más a estructuras institucionalizadas en las que la labor de los individuos es orientada por las líneas de investigación establecidas, por el trabajo en equipo del que forman parte, careciendo prácticamente de sentido la idea de investigación completamente autónoma.

Se dibuja así una imagen imprecisa, nebulosa, de las estrategias científicas -lejos de toda idea de algoritmo- en la que nada garantiza que se llegará a un buen resultado, pero que representa, sin duda, la mejor forma de orientar el tratamiento de los problemas científicos (como atestiguan los impresionantes edificios teóricos construidos).

A modo de resumen se puede decir que el sentido de la orientación científica -dejando a un lado toda idea de "método"- se encuentra en el cambio de un razonamiento basado en "evidencias", en seguridades, a un razonamiento en término de hipótesis, a la vez más creativo (es preciso ir más allá de lo que parece evidente e imaginar nuevas posibilidades) y más riguroso (es necesario fundamentar y poner a prueba, cuidadosamente, las hipótesis, dudar del resultado, buscar la coherencia global).

La idea de "método científico", en definitiva, ha perdido hoy sus mayúsculas, es decir, su supuesta naturaleza de camino preciso -conjunto de operaciones ordenadas- e infalible así como su supuesta neutralidad. Ello no supone, sin embargo, negar lo que de específico ha aportado la ciencia moderna al tratamiento de los problemas: la ruptura con un pensamiento basado en estudios puntuales, en las "evidencias" del sentido común y en seguridades dogmáticas, introduciendo un razonamiento que se apoya en un sistemático cuestionamiento de lo obvio y en una exigencia de coherencia global que se ha mostrado de una extraordinaria fecundidad.

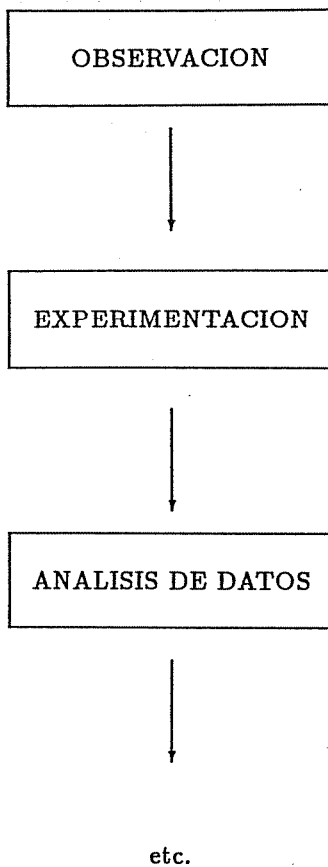
Como una forma de sintetizar estas ideas se exponen a continuación dos esquemas en los que se expresan visiones contrapuestas sobre el trabajo científico. En primer lugar, nos referimos a una visión simplista y muy extendida, que lo asimila a un algoritmo infalible, es decir a un conjunto de operaciones definidas y ordenadas. Estas visiones erróneas y empobrecidas del trabajo científico suelen acompañarse mediante diagramas como el que se reproduce en el Cuadro I.

En segundo término exponemos un diagrama (Gil y Carrascosa, 1992) que se aleja de dichos esquemas lineales y que puede transmitir una visión más creativa, abierta y socialmente contextualizada acorde a las interpretaciones que proporciona la filosofía contemporánea de la ciencia (Cuadro II).

Como se ha dicho anteriormente, estas ideas sobre el trabajo científico son mayoritariamente aceptadas por las diversas corrientes de la historia, la sociología y la filosofía de la ciencia. Sería razonable en ese sentido, que la enseñanza de teorías científicas reflejara esta visión del trabajo científico.

Nuestra hipótesis es que, sin embargo, ello no es así, que las razones que hemos esgrimido para fundamentar nuestra hipótesis (la enseñanza como transmisión de conocimientos, el empirismo de la actividad do-

Cuadro I. Una visión algorítmica y lineal del trabajo científico.



cente -con su ausencia de reflexión sobre la actividad científica- y la parcelación de la enseñanza) son suficientes para pensar que, por el contrario, los trabajos prácticos habituales no recogerán estos aspectos del trabajo científico que hemos señalado y que no aportarán por tanto una visión amplia y adecuada de dicho trabajo.

Esto quiere decir, más precisamente, que los trabajos se realizarían sin que los estudiantes tengan oportunidad de:

- enfrentar situaciones problemáticas abiertas,
- considerar el interés que pueda tener tratar dichas situaciones desde el punto de vista de las relaciones ciencia-técnica-sociedad,

- realizar las pertinentes búsquedas bibliográficas y tomar decisiones que permitan definir problemas precisos,
- construir hipótesis fundamentadas,
- concebir diseños experimentales,
- realizar los experimentos y analizar los resultados a la luz de las hipótesis manejadas,
- intentar validar sus conclusiones cotejándolas con los resultados de otros estudiantes y de la propia comunidad científica.
- considerar los nuevos problemas abiertos por el trabajo que realizan.

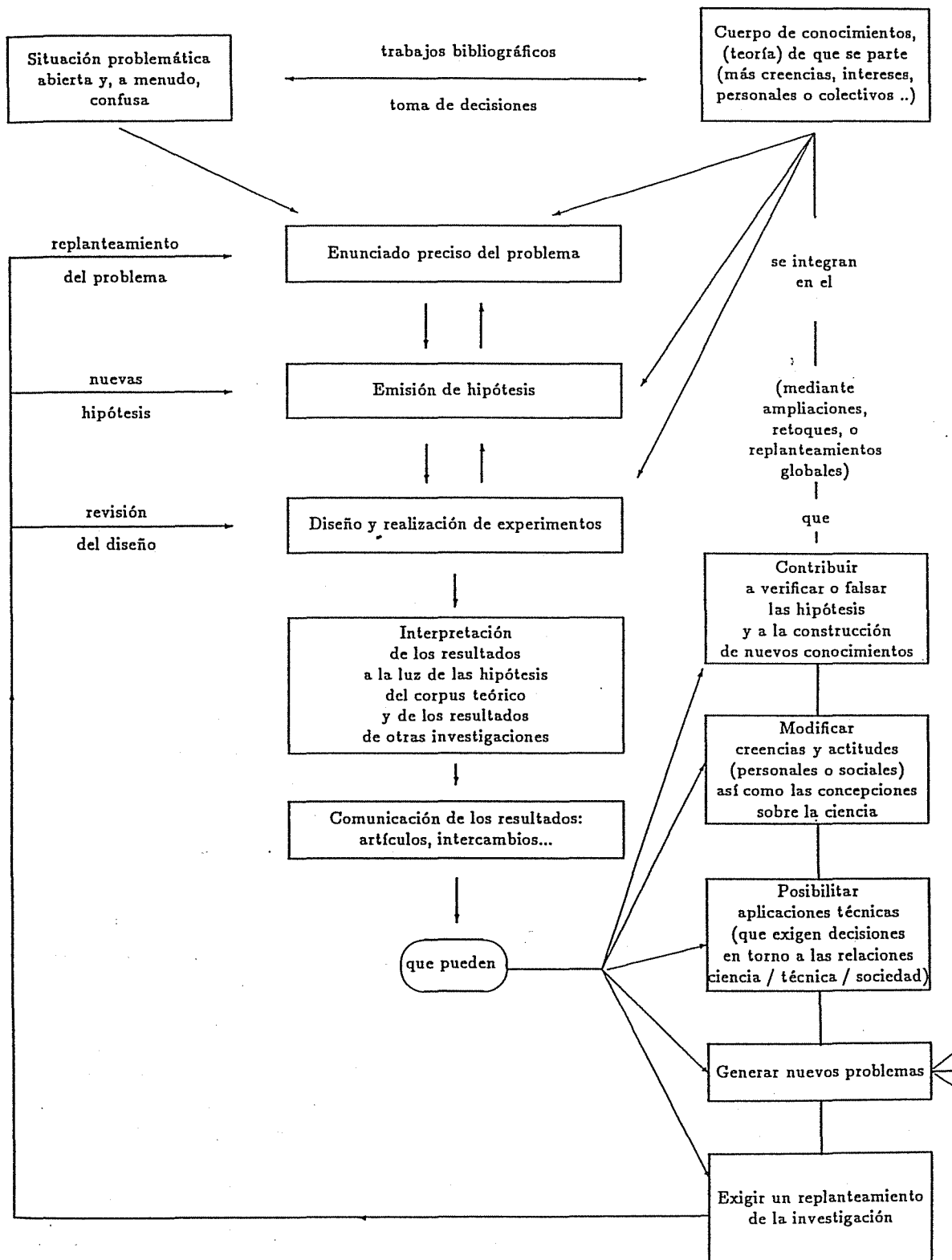
Diseño experimental

Nuestro diseño se basará en una tentativa de contrastar la mayor cantidad de consecuencias o hipótesis operativizadas derivadas de nuestra hipótesis principal. Esa tarea de contrastación se orientó en tres líneas diferentes:

a.- *Estudiar en qué medida los actuales trabajos prácticos tienen un carácter de mera ilustración, sin plantear a los estudiantes la realización de actividades fundamentales de la tarea de la ciencia, como son el planteamiento del problema, la consulta bibliográfica, la emisión de hipótesis, el diseño del experimento, la discusión colectiva de los resultados, etc. Ello implicaría, entre otras cosas que dichos aspectos estén ausentes en los trabajos prácticos propuestos en los "manuales de prácticas" y en las guías elaboradas por las cátedras.*

b.- *Ver en qué medida los docentes tienen una visión de los trabajos prácticos de acuerdo con esa perspectiva de ilustración, es decir, ver si al plantear sus objetivos, al evaluar la tarea de los estudiantes, al analizar críticamente los trabajos prácticos habitua-*

Cuadro II. Diagrama de un Ciclo de Investigación
 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN PROCESO EXTRAORDINARIAMENTE COMPLEJO



les o al plantear sus propuestas de mejoramiento, los docentes tienen o no en cuenta los aspectos fundamentales del trabajo científico.

c.- *Ver en qué medida los estudiantes adquieren una visión deformada del trabajo de la ciencia, es decir, ver si aparecen o no los aspectos fundamentales del trabajo científico en los informes que presentan como resultado de las prácticas y ver si son capaces o no de identificar esos aspectos en otros textos o trabajos científicos.*

Con este objeto se elaboran cuestionarios para el análisis de los manuales y de las guías de trabajos prácticos elaborados por los docentes y de los informes presentados por los estudiantes. En esos cuestionarios se pretendía establecer si estaban presentes, como tareas a realizar o realizadas por los estudiantes, esos aspectos fundamentales del trabajo de la ciencia a los que hemos hecho referencia.

Otros instrumentos desarrollados estaban destinados a una interacción más directa con los docentes y con los estudiantes. Por una parte se prepararon unos cuestionarios para analizar las críticas que los docentes realizan a unos trabajos prácticos habituales de ilustración que se les presenten, para ver si cuestionan o no la ausencia en ellos de los aspectos fundamentales del trabajo científico. Por otro lado se prepararon unos cuestionarios similares para analizar si los estudiantes reconocen o no esos aspectos en unos trabajos o textos científicos.

Finalmente se desarrollaron unos esquemas más abiertos de entrevistas para establecer: a) cuáles son los objetivos que los docentes les asignan a los trabajos prácticos en los que ellos participan, b) cuáles son las críticas y las propuestas renovadoras que realizan frente a los mismos y c) cuáles son las concepciones de la ciencia que los estudiantes han adquirido después de realizar dichos trabajos.

Resultados y conclusiones alcanzadas

En este trabajo presentamos las respuestas obtenidas hasta el presente utilizando los instrumentos que se señalaron en el diseño. Esos resultados incluyen un análisis de 91 guías de trabajos prácticos correspondientes a siete cursos de física, de 54 informes correspondientes a tres cursos de física y de 8 entrevistas a profesores cuya actividad está centrada en la realización de trabajos prácticos. Estos datos fueron obtenidos en la Universidad de Valencia, en la Universidad Politécnica de Valencia y en la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).

En la Tabla I, se presentan los resultados que se han obtenido con el cuestionario para el análisis de las guías de trabajos prácticos. En la Tabla II se presentan los resultados obtenidos con el cuestionario para el análisis de los informes de los estudiantes. Conviene aclarar que en la interpretación de los datos, tanto para los de estas tablas como para los restantes, se ha adoptado un criterio sumamente desfavorable a nuestra hipótesis. Bastaba la más mínima sospecha de que se pudiera estar frente a una tarea que implicaba parcialmente una emisión de hipótesis, o un diseño del experimento, por ej., para que se adoptara la decisión de considerar que ese aspecto había sido considerado y que, por tanto, el mismo estaba presente en la tarea realizada.

La comparación entre los resultados de la Tabla I y la Tabla II permite establecer una coherencia entre la orientación que establecen las guías de prácticas preparadas por el docente y los informes del trabajo realizado por el estudiante. En ambos casos se ha detectado que la presencia de alguno de los aspectos del trabajo de la ciencia que se han estudiado no supera, en general, el porcentaje del 10%. Este valor es todavía menor si se considera en cada trabajo práctico la presencia de dos o más de estos aspectos. Dicho de otro modo, en más del 90% de los casos, se trata de trabajos de ilustración

TABLA I: Aspectos del trabajo de la ciencia que son tenidos en cuenta en las guías de trabajos prácticos.		
Aspectos señalados.	(N = 91 guías)	
	%	(sd.)
1.- El planeamiento del trabajo se realiza:		
a.- como verificación o ilustración de relaciones ya establecidas.	81	(4,1)
b.- incluyendo aspectos problemáticos a resolver.	19	(4,1)
2.- Propone a los estudiantes que realicen una búsqueda bibliográfica.	10	(3,1)
3.- Las hipótesis a contrastar en el trabajo:		
a.- no son mencionadas.	75	(4,5)
b.- quedan especificadas por guía.	13	(3,5)
c.- requieren de alguna participación de los estudiantes en su elaboración.	12	(3,4)
4.- El diseño del experimento es presentado:		
a.- elaborado como una receta, es decir como un conjunto de instrucciones a seguir.	33	(4,9)
b.- idem, pero dejando mínimos detalles para ser resueltos por los estudiantes.	56	(5,2)
c.- propiciando una participación de los estudiantes en su elaboración.	11	(3,3)
5.- Propone a los estudiantes que realicen un análisis de los resultados.		
a.- de ninguna forma.	25	(4,5)
b.- reducido básicamente a cálculos de precisión.	75	(4,5)
c.- realizando un análisis del significado físico en profundidad.	0	(0,0)
6.- Propone la consideración de las perspectivas abiertas a través de:		
a.- de ninguna forma.	78	(4,3)
b.- otros diseños alternativos a los que se han dado en las guías.	4	(2,0)
c.- nuevos problemas derivados.	14	(3,6)
d.- las relaciones ciencia-técnica-sociedad.	4	(2,0)

reducidos a la aplicación rutinaria de técnicas o recetas de trabajo.

Conviene analizar estos resultados de una forma más detenida. Así, en lo que se refiere a la presencia de aspectos problemáticos a resolver, las guías los incluyen en un 19% de los casos, mientras que los informes lo hacen en un 7%. Es razonable pensar que este último resultado representa, más fielmente que la guía, lo que realmente han

realizado los estudiantes. Cabe recordar, además, que se trata de la presencia de aspectos problemáticos dentro de la práctica y no de que la misma partiera de una situación problemática abierta a resolver (en cuyo caso el porcentaje de acerca al 0%).

La emisión de hipótesis aparece mencionada en un 11% de las guías y en un 12% de los informes. También cabe aclarar, en relación a este aspecto, que se trata de la

TABLA II: Aspectos del trabajo de la ciencia que son tenidos en cuenta en los informes de los estudiantes.		
Aspectos señalados.	(N = 54 informes)	
	%	(sd)
1.- El planteamiento del trabajo se realiza:		
a.- como una verificación o ilustración de relaciones ya establecidas.	93	(3,5)
b.- como la resolución de una situación problemática	7	(3,5)
2.- La consulta bibliográfica se realiza:		
a.- de ninguna forma.	74	(6,0)
b.- como una referencia al libro de texto.	24	(5,8)
c.- como una búsqueda más amplia.	2	(1,9)
3.- La emisión de hipótesis se realiza:		
a.- de ninguna forma.	89	(4,2)
b.- en forma de preguntas puntuales.	11	(4,2)
c.- como una tentativa de respuesta al problema planteado.	0	(0,0)
4.- El diseño del experimento está expuesto:		
a.- como la transcripción de una guía o texto.	94	(3,2)
b.- como aportes a un diseño ya elaborado.	6	(3,2)
c.- como una elaboración propia.	0	(0,0)
5.- El análisis de los resultados se realiza:		
a.- de ninguna forma.	2	(1,9)
b.- reducido básicamente a cálculos de precisión.	98	(1,9)
c.- realizando un análisis del significado físico profundidad.	0	(0,0)
6.- Propone la consideración de las perspectivas abiertas en el trabajo a través de :		
a.- de ninguna forma.	94	(3,2)
b.- alternativas al diseño presentado.	4	(2,7)
c.- nuevos problemas derivados.	0	(0,0)
c.- las relaciones ciencia-técnica-sociedad.	2	(1,9)

presencia de alguna hipótesis y no de una tentativa de abordar de manera amplia el tratamiento de un problema. Respecto al diseño de los experimentos, las guías propician alguna participación de los estudiantes -que debe ser entendida en algún aspecto parcial y no en el diseño total del mismo- en un 11%, mientras que los informes detectan la realización de aportes mínimos en un 6% y en ningún caso como la elabora-

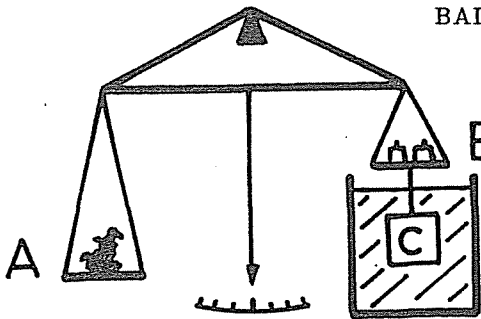
ción global de dichos diseños.

La búsqueda bibliográfica aparece propuesta, en algún aspecto parcial del trabajo, en un 10% de las guías y aparece recogida, de esa misma manera, en un 2% de los informes. En cuanto al análisis de los resultados, hay algunas variaciones en cuanto a si se los reduce a un cálculo de precisión o si no se los realiza en absoluto, pero, en nin-

Cuadro III: Un ejemplo de trabajo práctico concebido como ilustración

LABORATORIO DE FÍSICA GENERAL (Diálogos)

BALANZA HIDROSTÁTICA



La balanza hidrostática es una modificación de la balanza ordinaria, pues aún manteniendo un platillo normal, el A, donde se sitúa la tara, tiene el otro, el B, donde se colocan las pesas, mucho más corto y que además tiene por debajo un gancho del que se pueden colgar cuerpos que incluso pueden sumergirse en líquidos. Todo ello está pensado así para poder realizar, con este tipo de

balanzas algunas operaciones difíciles o imposibles de realizar con las balanzas ordinarias; como puede ser la simple medida de volúmenes y densidades.

Recuérdese que se ha de pesar siempre por el método de pesada por diferencia o de tara constante y por ello colocada una tara en A, no debe cambiarse durante toda la práctica. Así, pues, cualquier pesada de que no se hable a continuación son realmente dos pesadas que deben restarse seguidamente: equilibrar la tara (que puede hacerse de una vez por todas) y equilibrar con pesas (más el cuerpo) a la tara.

1º.- **Pesar un cuerpo.**- Colgado el cuerpo C del platillo B, pésese el cuerpo como si se tratara de una balanza ordinaria. Sea m la masa resultante en g .

2º.- **Medida del volumen de un sólido.** Colgado el cuerpo C del gancho sumérjase ahora totalmente en agua destilada y vuélvase a pesar. El resultado m_a (peso aparente en agua) es menor que m debido al principio de Arquímedes, y dado que la densidad relativa del agua es 1, el volumen del cuerpo en cm^3 es:

$$V = m - m_a \quad (1)$$

3º.- **Medida de la densidad de un sólido.**- Conocidas ya su masa m y su volumen V la densidad es directamente:

$$d_s = m/V$$

4º.- **Medida de la densidad de un líquido.**- Sumérjase ahora al cuerpo C en el líquido en cuestión y vuélvase a pesar resultando un nuevo valor m , (peso aparente en el líquido) y contando con la densidad relativa d_l del líquido, ha de ser: $m = m_l = V d_l$ de donde resulta $d_l = (m - m_l)/V$, o si no se ha determinado antes el volumen V del cuerpo sumergido (o no interesa conocerlo), utilizando (1) es también:

$$d_l = \frac{m - m_l}{m - m_a}$$

gún caso, se ha propuesto o realizado un análisis del significado físico de los resultados.

Iguales resultados confirmatorios de nuestra hipótesis se han hallado al mostrar — mediante el análisis de las guías y los informes— la ausencia de los restantes aspectos que se han analizado: otros alternativos a los que se han dado en las guías, nuevos problemas relacionados y las relaciones ciencia-técnica-sociedad.

Como una muestra del carácter ilustrado que tienen los trabajos prácticos habituales que se dan en el ciclo básico de la Universidad se expone en el Cuadro III un ejemplo de las prácticas que hemos analizado en nuestros cuestionarios. Se trata de un trabajo correctamente planteado, donde se encuentran aspectos potencialmente muy interesantes para una tarea creativa, pero donde las actividades a realizar se presentan cerradas, de manera que el estudiante sólo tiene que ajustarse a cumplir los pasos previstos. Dicha guía ha sido retomada en un trabajo posterior (Gil, Navarro y González 1992), donde hemos mostrado que la misma puede ser transformada en una propuesta abierta que pueda ser utilizada como una forma de introducir a los estudiantes en la resolución de una situación problemática.

Por lo que se refiere a las opiniones de los docentes, recogidas a través de encuestas y entrevistas, respecto a la orientación didáctica que propician para los trabajos prácticos y a las críticas que realizan a una práctica habitual de ilustración, los resultados obtenidos están volcados en las Tablas III, IV. Estos resultados nos señalan, como tendencia, que los docentes no se proponen acercar a los estudiantes a los aspectos esenciales del trabajo de la ciencia mediante los trabajos prácticos, que no critican la carencia de esos aspectos en una práctica ilustrativa y que sus propuestas de mejoras tampoco incluyen esos aspectos. Los resultados de las entrevistas orales realizadas a dichos profesores universitarios son plenamente coincidentes con lo que muestran las Tablas III y IV. Así, tan sólo dos de los profesores hicieron alguna propuesta de modificación de las prácticas que pueda interpretarse como un intento de aproximación a las características del trabajo científico.

En síntesis, los resultados obtenidos por los diferentes medios de contrastación que se han utilizado son coherentes entre sí y son altamente favorables a nuestra hipótesis. A través de los mismos hemos encontrado que en los trabajos prácticos habituales no se propone a los estudiantes que consideren

TABLA III: Objetivos que se proponen alcanzar los docentes con la realización de los trabajos prácticos de laboratorio.	
Objetivo señalado.	(N = 8 docentes)
Iniciar a los estudiantes en el aprendizaje de:	
1.- El planteamiento de problemas.	2
2.- La consulta bibliográfica.	0
3.- La emisión de hipótesis.	0
4.- El diseño de experimentos.	3
5.- La discusión colectiva de los resultados o la comparación con otros trabajos.	0
6.- La conexión con otros problemas.	3
7.- Las relaciones ciencia-técnica-sociedad.	1

TABLA IV: Aspectos criticados por los docentes en un trabajo práctico de ilustración que se les presentó.	
Aspecto criticado.	(N = 10 docentes)
1.- La ausencia de:	
a.- El planteamiento del problema.	3
b.- La emisión de hipótesis.	1
c.- La búsqueda de bibliografía.	0
d.- El diseño del experimento.	3
e.- Claridad en las mediciones que se proponen.	8
f.- La puesta en común de los resultados.	0
g.- La aparición de nuevos problemas.	0
h.- Las relaciones ciencia-técnica-sociedad.	3
2.- El carácter ilustrativo de la guía.	1

una situación problemática, no se les impulsa a que construyan hipótesis fundamentadas a partir del cuerpo de conocimientos, a que propongan diseños experimentales, a que realicen una búsqueda bibliográfica, a que analicen el significado físico de los resultados, etc. Hemos hallado también, como tendencia, la ausencia de una crítica a estas carencias por parte de los docentes, quienes, en definitiva, parece que no se plantean utilizar los trabajos prácticos como una manera de acercar a la actividad de la ciencia.

La impresión que producen, tanto las guías preparadas por los docentes, como los informes confeccionados por los estudiantes, como las propias entrevistas a los docentes, es similar en cuanto a que *lo que de verdad interesa en estos trabajos prácticos es, casi exclusivamente, la correcta realización de las mediciones y del tratamiento de los datos*. Esto es coherente con el hecho de que estas prácticas son concebidas generalmente con la misma estructura organizativa, es decir, la presentación de los objetivos -la ilustración de alguna ley física o la introducción de una técnica-, una mínima "fundamentación teórica", la descripción de los aparatos y las mediciones a realizar y la forma de organizar los resultados.

Con estos resultados se pone en cuestión el papel formador -y motivador- que tradicionalmente se les adjudica a los trabajos prácticos de laboratorio. Este problema se pone en evidencia en el carácter ilustrativo, e incluso a veces meramente recetario, que suele darse a los mismos, como hemos intentado mostrar en este estudio. Esto conecta a su vez con una cuestión más general, con la vigencia de un modelo de transmisión de conocimientos, modelo que ha sido ampliamente cuestionado por la investigación didáctica en los últimos años (Gil et al 1991, Burbules y Linn 1991).

Por otra parte, estos resultados son coincidentes con lo que otros estudios han mostrado en el nivel de la enseñanza secundaria (Gil y Payá, 1988). De esta manera hemos hallado un apoyo a la opinión, que hemos sostenido en la introducción, de que el origen de las deficiencias observadas en los trabajos prácticos que se dan en la Enseñanza Media se da, precisamente, en la preparación que reciben los futuros profesores de secundaria en la Universidad.

Resulta muy conveniente, pues, continuar este estudio, intentando ratificar los resultados alcanzados por los más diversos medios de contrastación posibles. Para ello sería adecuado proseguir con las encuestas y entrevistas a docentes intentando confirmar la tendencia encontrada con una am-

pliación de la muestra. Sería interesante también realizar un análisis de los manuales de trabajos prácticos que se utilizan en el ciclo básico universitario para intentar establecer en ellos la presencia o ausencia de propuestas de prácticas acordes con una tarea de investigación científica. Esto podría complementarse con un estudio de la visión del trabajo científico de un curso de prácticas habituales para intentar mostrar que ellos no identifican los aspectos esenciales de ese trabajo.

Cabe resaltar la importancia de este estudio, como una contribución a la modificación de la visión errónea de la naturaleza del trabajo científico que actualmente se difunde a través de los trabajos prácticos de laboratorio. Una visión que se trasmite del nivel superior al medio y que contribuye a una imagen social deformada de la ciencia. Se hace pues necesario un trabajo de remodelación de estos trabajos prácticos (González 1991, Salinas 1992) y, más en general, de toda la enseñanza Universitaria de la Física. En un segundo artículo y como consecuencia de este análisis crítico, presentaremos un intento de remodelación y los primeros resultados obtenidos.

Referencias Bibliográficas

- ARONS, A. B., 1989. *Guest comment: proposed revisions of the introductory physics course*. American Journal of Physics, 57 (8), 861-882.
- AUSUBEL, D. P., 1978, *Psicología Educativa, Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, Mexico.
- BUNGE, M., 1980. *Epistemología*. Ariel, Barcelona.
- BURBULES, N. C y LINN M. C., 1991. *Science Education and Philosophy of Science: Congruence or Contradiction?* International Journal of Science Education, 13(3), pp.-241.
- CARLSON, E.H., 1986. *Constructing laboratory courses*. American Journal of Physics, 4(11), 972-976.
- CHALMERS, A.F. , 1987. *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?*, Siglo XXI, Madrid.
- FEYERABEND, P., 1975. *Contra el método*, Verso, London.
- GENE, A. y GIL, D., 1987. *Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado*, Andecha Pedagógica, 18, 28-30.
- GIL, D., 1983. *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 1(1), 26-33.
- GIL, D., 1991. *¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? (Intento de síntesis de las aportaciones de la investigación didáctica)*. Enseñanza de las Ciencias, 9(1), 69-77.
- GIL, D., BELÉNDEZ, A. et al, 1991. *La formación del profesorado universitario de materias científicas: contra algunas ideas - y comportamientos- de "sentido común"*. II Jornadas Nacionales de Didáctica Universitaria, Alicante.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTINEZ-TORREGROSA, J., 1991. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Cuadernos de Educación, 5, ICE-HORSORI, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J., 1992. *Approaching Pupils' Learning to Scientific Construction or Knowledge. Some implications of the History and Philosophy of Science in Science Teaching*. Proceedings of the Second International Conference on the History and Philosophy of Science, Ontario 1992.
- GIL, D. y PAYÁ, J. , 1988. *Los trabajos prácticos de física y química y la metodología científica*. Revista de Enseñanza de la Física, 2(2), 73-79.
- GONZÁLEZ, E. , 1991. *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de Física*. Tesis de maestrado: Universidad de Valencia.
- HEMPEL, C.G. , 1976. *Filosofía de la ciencia natural*. Alianza, Madrid.
- HEWSON, M. y HEWSON, P. , 1988. *An appropriate conception of teaching science: a view from studies in science learning*. Science Education, 72(5), 597-614.

- HODSON, D., 1985. PHYLOSOPHY OF SCIENCE, SCIENCE AND SCIENCE EDUCATION, *Studies in Science Education*, 72(1), 19-40.
- HODSON, D., 1992. *Assesment of practical work, Some considerations in Philophy of Science*. *Science & Education*, 1, 115-144.
- KUHN, T. H., *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- LAKATOS, I., 1982, *Historia de las Ciencias y sus reconstrucciones racionales*. Tecnos, Madrid.
- NOVAK, J., 1982. *Teoría y práctica de la educación*. Alianza Universidad, Madrid.
- PAYÁ, J. 1991. *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. Tesis doctoral: Departament de Didáctica de les Ciéncies Experimental, Universitat de València.
- PIAGET, J., 1970. *La epistemología genética*. A. Redondo, Madrid.
- POPPER, K. 1962. *La lógica de la investigación científica* Tecnos, Madrid.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. 1992. *Los trabajos prácticos de física básica en los laboratorios de facultades de ciencias*. Tesis de Tercer Ciclo, Universitat de València.
- SCHWARTZ, B., 1990. *Guest Comment: improving the teaching of physics*. *American Journal of Physics*, 58 (11), 1031-1032.
- SHYMANSKY, J. A. y PENICK, J. E., 1979. *Use of systematic observation to improve college science laboratory instruction*. *Science Education*, 63 (2), 195-203.
- TAMIR, P., 1983. *Inquire and the science teacher*. *Science Education*, 67(5), 657-672.
- YAGER, R. y PENICK, J., 1983. *Analysis of the current problems with schools science in the Unites States of America.. EUR. JOUR. SCI.*, 5(4), 463-469.

Nota de los Editores

Daniel Gil Pérez recibió su título de Doctor en Física en la Universidad de Valencia en 1968. Muy productivo investigador en Educación en la Física, es uno de los fundadores de la excelente Revista de Enseñanza de las Ciencias editada por las universidades españolas de Valencia y de Barcelona. En 1990 nos visitó en Córdoba invitado por la Academia Nacional de Ciencias y la Universidad Nacional de Córdoba para participar como uno de los cinco investigadores responsables de las actividades del Simposio-Escuela de Educación en la Física.

Eduardo González se licenció en Física en el IMAF de la Universidad Nacional de Córdoba en 1975. Actualmente en Valencia trabaja en su tesis doctoral bajo la dirección de Daniel Gil Pérez.