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

DANIEL GIL PÉREZ Y JESÚS NAVARRO FAUS¹ Y EDUARDO GONZÁLEZ²

¹ Universitat de València, España.

² Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

RESUMEN

Presentamos en este trabajo un intento de transformación de las prácticas de laboratorio de Física que se realizan en el Ciclo Básico Universitario y en los Centros de Formación del Profesorado. Perseguimos con ello posibilitar una preparación más correcta de los futuros profesores de Física en lo que se refiere a la familiarización con las características del trabajo científico.

ABSTRACT

This paper deals with the possibility of transforming the usual Physics laboratory works done by University students. This way we intend to give a more correct view of science to the future high school physics teachers.

Introducción

En la primera parte de este trabajo (Gil y González, 1993) se analizaron las prácticas de laboratorio de física realizadas en el ciclo básico universitario, mostrando que dichas prácticas no dan una imagen adecuada de la actividad científica, por lo que se precisa una reestructuración profunda de las mismas. En esta segunda parte presentamos, precisamente, una experiencia piloto de transformación, basada en una concepción del aprendizaje como construcción de conocimientos a partir de situaciones problemáticas de interés para los alumnos (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torre-

grosa, 1991). Pretendemos con ello mostrar la posibilidad de una preparación más correcta de los futuros profesores de física -formados en las Facultades y en Centros de Formación del Profesorado- en lo que se refiere a la familiarización con las características del trabajo científico.

La hipótesis fundamental del estudio que aquí presentamos ha sido la siguiente:

Es posible transformar las prácticas de física que habitualmente se realizan en los cursos universitarios y de formación del profesorado de manera que favorezcan en los estudiantes una aproximación al trabajo de la ciencia y un mayor interés por dicho trabajo.

Esta posibilidad de transformación a la que hace referencia la hipótesis enunciada está asociada al diseño de actividades que rompan con las rutinas habituales de los trabajos de ilustración y que recuperen para la enseñanza los aspectos más creativos de la tarea de la ciencia (Hodson 1985 y 1992, Gil et al 1991, Salinas y Colombo 1992) a las que hicimos referencia con detenimiento en el artículo precedente (Gil y González 1993). En este sentido nos propusimos rehacer algunas prácticas de laboratorio tradicionales, de manera que incluyeran actividades características del trabajo científico. Ello supone, en primer lugar, como se recordará, que los trabajos prácticos propuestos partan de una situación problemática abierta, no precisada en su totalidad,

que requiera una respuesta que no sea la simple reproducción de conocimientos ya adquiridos. De otro modo estaría ausente un aspecto fundamental de cualquier trabajo científico: el problema a resolver (Bachelard 1979).

A partir de esta situación inicial se trata de favorecer una actividad que recoja los aspectos esenciales del trabajo científico: desde la definición de problemas precisos (a través de un proceso de modelización que implica la toma de decisiones y la discusión del interés del estudio planteado) hasta la consideración de nuevos problemas y de las perspectivas abiertas, pasando por la construcción de hipótesis fundamentadas que focalicen y orienten el estudio o la concepción de diseños experimentales adecuados (ver cuadro II en Gil y González 1993).

El diseño de la experiencia didáctica que aquí describimos -concebida como un ensayo piloto del proyecto de remodelación de los trabajos prácticos de física en la formación de los profesores- consistió en buscar una contrastación de la hipótesis expuesta a través de una serie de consecuencias derivadas que podían ser extraídas de la misma. Tratándose de un ensayo piloto, nos limitamos a aquellas consecuencias más directamente relacionadas con dicha hipótesis. En primer lugar nos planteamos contrastar que los estudiantes-trabajando en pequeños grupos- serían capaces de: a) dar sentido al estudio realizado, considerando su interés, posibles aplicaciones y repercusiones, etc., b) acotar problemas precisos a partir de la situación problemática abierta, c) construir hipótesis fundamentadas, d) concebir diseños adecuados para la contrastación de las hipótesis, e) analizar e interpretar físicamente los resultados, f) considerar las perspectivas abiertas: tanto nuevos problemas de posible interés, como implicaciones ciencia/técnica/sociedad, etc.

Además de estos aspectos vinculados de manera directa con la tarea, intentamos

contrastar si, de acuerdo con nuestra hipótesis, los estudiantes universitarios implicados en esta experiencia son capaces de lograr: a) un mejor reconocimiento de las tareas de una investigación científica que el muy escaso alcanzado por la generalidad de los estudiantes universitarios y profesores en formación (Gil y González 1993), b) un mayor interés por la realización de pequeñas investigaciones.

Finalmente, hemos intentado recoger aquellos indicios de un interés en los estudiantes por los aspectos didácticos involucrados en esta experiencia, cuestión fundamental, sin duda, desde el punto de vista de utilizar los trabajos prácticos de física en la formación de futuros profesores.

Con esta perspectiva se han transferido algunas prácticas de laboratorio, de las que se realizan habitualmente en el ciclo básico de la Universidad, y se les ha dado el carácter de una propuesta similar a la ensayada con buenos resultados en la enseñanza media (Payá 1991). A partir de esta transformación inicial se procedió a una tarea de ajuste de dichas propuestas, a través de una sucesión de ensayos, hasta llegar a la versión que aquí presentamos, que ha sido experimentada en cursos de física del ciclo básico en las carreras de Biología y Física de la Universidad de Valencia.

La experiencia tuvo lugar con alumnos que estaban realizando prácticas habituales como las que hemos descrito en la primera parte de este trabajo y fue presentada como una tentativa innovadora que no suponía una prolongación del periodo de prácticas para aquellos estudiantes que participaran de la misma. Se ha tratado, pues, de una acción muy puntual que no ha afectado a la orientación general de la enseñanza recibida por los estudiantes (por transmisión de conocimientos). Ello supone un serio *handi-cap*, puesto que las innovaciones puntuales corren el riesgo de quedar neutralizadas por la coherencia global del modelo de enseñanza en que se insertan (Briscoe

1991). Sin embargo ello concede un valor suplementario a los posibles efectos positivos detectados durante la experiencia, realizada en condiciones nada favorables. De ese modo podría mostrarse que, si bien es cierto que ciertas tradiciones, asumidas acriticamente, constituyen auténticos obstáculos para una actividad docente innovadora, es posible realizar transformaciones de dicha docencia con relativa facilidad a partir del momento en que se abandona la aceptación acrítica de "lo que siempre se ha hecho" y se dedica algún esfuerzo a concebir alternativas debidamente fundamentadas.

La tarea estaba estructurada, como ya hemos señalado, alrededor de una situación problemática y estaba organizada como una secuencia de actividades a desarrollar por equipos cooperativos. Para llevarla a cabo se entregaba a los estudiantes una guía donde se presentaba la situación y se exponían, siempre en forma de problemas, las tareas a realizar. Se intentaba así transformar las habituales recetas de consignas cerradas en algo más próximo a un programa de investigación.

El trabajo fue organizado agrupando a los estudiantes en equipos de dos o tres integrantes. Las actividades eran realizadas primero dentro de cada equipo y luego profundizadas a través de una discusión intergrupos orientada por el docente, dando así todo su valor a la naturaleza social de la construcción de conocimientos científicos (Wheatley 1991). En todo momento se intentaba favorecer una relación activa entre los equipos de estudiantes y el docente, quien debía estar atento para intervenir según las necesidades de la tarea, aportando informaciones adicionales, sugiriendo nuevas alternativas, formulando nuevas preguntas, etc., es decir, actuando como un director de "investigadores noveles" (Gil et al 1991).

Se utilizaron distintos instrumentos para analizar los resultados de esta experiencia:

observaciones directas durante el trabajo, informes de los estudiantes sobre los trabajos realizados, entrevistas orales y encuestas. Como mostraremos en el apartado 3, los resultados obtenidos con esos cuatro instrumentos son coincidentes entre sí y apoyan las hipótesis de trabajo.

A continuación reproducimos uno de los trabajos prácticos transformados con objeto de mostrar más concretamente en qué consiste la nueva propuesta. Hemos elegido para ello una práctica de determinación de densidades, una de las que pudo ensayarse en más ocasiones.

Dicho trabajo se presenta, tal como ya hemos señalado, en forma de un programa de actividades a través de las cuales se intenta orientar la investigación de los equipos de estudiantes. Presentaremos cada actividad acompañada de comentarios referidos tanto a lo que se perseguía con ella como a los resultados obtenidos. Dichos comentarios constituyen, pues, una descripción sintética del trabajo realizado y de las perspectivas que se generaron a partir de esta experiencia.

Digamos por último, antes de pasar a la transcripción de la práctica, que en el desarrollo de este trabajo surge como una exigencia del problema planteado la necesidad de introducir el principio de Arquímedes. Esto es algo que en los trabajos tradicionales se plantea mecánicamente, como algo que se da por sabido, sin intentar siquiera actualizar los prerrequisitos. En nuestro caso, por el contrario, se ha procedido a una reconstrucción de dicho principio, necesaria por la existencia de preconcepciones y confusiones entre los estudiantes que era necesario tratar antes de pasar a la realización experimental. Dicha tarea, que constituyó, sin duda, una etapa muy enriquecedora, hubiera sido pasada por alto con un enfoque tradicional.

Un ejemplo de trabajo práctico como tratamiento de situación problemática

Nota: Para la transcripción de esta práctica utilizaremos tres tipos de letra: negrita para las actividades propuestas (designadas como A.1, A.2, etc.), normal para los textos introductorios y de unión entre las actividades que, junto con estas, constituyen el "programa de actividades" o propuesta de investigación entregada a los estudiantes y cursiva para los comentarios a dichas actividades.

Determinación de densidades

Unos trabajos prácticos que no suelen faltar en un laboratorio de Física General son los destinados a la determinación de densidades de sólidos y líquidos. Esta presencia constante es, sin duda, índice del interés que dicha determinación presenta para muchos físicos, biólogos, etc. Conviene, pues, reflexionar mínimamente sobre las razones de dicho interés:

Actividad 1 (A.1). Considerar algunas situaciones que exijan la determinación de densidades y que justifiquen la importancia que suele concederse a este trabajo práctico.

Comentarios sobre la A.1. Esta actividad está destinada a que los estudiantes, antes de comenzar el estudio, puedan hacerse una primera idea de su interés considerando, en particular, sus distintas aplicaciones. Es útil también para reavivar los conocimientos que se tienen al respecto. La discusión realizada resultó viva y productiva, obligando al docente a interrumpirla para que no se prolongara demasiado. A lo largo de esta discusión aparecieron abundantes ejemplos del interés de la determinación de la densidad: la flotabilidad de distintos cuerpos, la circulación de fluidos, la velocidad de propagación de una onda, el flujo de sustancias a través de membranas, etc. El tratamiento de los mismos mostraba que había cierta confusión entre los conceptos de densidad y concentración. Las discusiones

y comentarios que se originaban al discutir los distintos ejemplos, resultaron altamente esclarecedoras.

Una vez hemos dejado claro el interés que la determinación de densidades puede tener en toda una variedad de situaciones, podemos plantearnos el problema de diseñar distintos procedimientos para su determinación.

Si partimos de la definición operativa (densidad = masa/volumen), cabría suponer que el problema puede resolverse simplemente a través de mediciones independientes de la masa y el volumen. Ello tiene sin embargo el inconveniente de que, como sabemos, los instrumentos destinados a la medida de volúmenes (calibres, probetas, etc.) son mucho menos precisos que las balanzas, limitando de ese modo la precisión de la densidad. Podemos proceder fácilmente a una estimación de dichas diferencias de precisión.

A.2. Estimar aproximadamente (sin realizar ninguna medición) la imprecisión relativa que afectaría la determinación de la masa y del volumen de objetos de distinto tamaño, regulares o irregulares, sólidos o líquidos.

Comentarios sobre la A.2. Esta actividad cumple un doble papel: plantea la situación problemática y orienta el trabajo que ha de llevarse a cabo. En su realización, los estudiantes pudieron constatar, analizando distintos procedimientos de medición, que hay una diferencia de, al menos, un orden de magnitud en la imprecisión relativa con que se determina la masa con respecto a la del volumen. Esta tarea originaba interesantes discusiones sobre el papel de las imprecisiones al mismo tiempo que proporcionaba unos primeros elementos para el diseño del experimento. Si bien los estudiantes conocían en su mayoría el concepto de imprecisión relativa, no estaban familiarizados con su utilización práctica en la estimación de los "errores" de las distintas magnitudes que intervienen en un ex-

perimento y en el diseño del mismo. La realización de esta actividad, donde se implicaba activamente a los estudiantes en la utilización de las imprecisiones para la discusión del problema, facilitaba que ese conocimiento, adquirido con anterioridad en forma "teórica", adquiriera entonces pleno sentido.

Los resultados de esta actividad nos hacen ver el interés de concebir otros procedimientos de medida de volúmenes (o de densidades) que permitan alcanzar mayor precisión en la densidad.

A.3. Intentar concebir distintas formas indirectas -es decir mediante la medición de otra magnitud- para la determinación de volúmenes o de densidades que permitan mejorar la precisión de las mediciones.

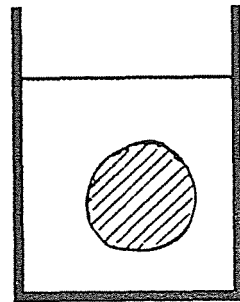
Comentarios sobre la A.3. Como resultado de esta tarea los estudiantes realizaban diferentes propuestas, tanto para la medición del volumen como de la densidad. En general se trababa de planteos que no aportaban una mejora a los métodos que ya se conocían (algunos eran muy ingeniosos pero poco prácticos, otros eran sencillos pero incorrectos, etc). La discusión crítica de estas propuestas llevaba a centrar y a comprender mejor el problema. A partir de allí, algunos estudiantes lograban superar su enfoque inicial y llegaban a plantear, por ejemplo, la determinación del volumen pesando el líquido desalojado al introducir el cuerpo en un recipiente enrasado. En otros casos aparecía citado el fenómeno del empuje y el principio de Arquímedes, pero sin que se estableciera de manera clara la forma en que podía ser utilizado. Ello daba pie, sin embargo, a un trabajo colectivo de clarificación como el que se propone a continuación.

El principio de Arquímedes acerca de la acción que ejerce un líquido sobre un objeto sumergido en él, permite, como algunos habéis intuido, realizar las medidas de volúmenes mediante pesadas. Será inte-

resante por lo tanto que nos detengamos en clarificar dicho principio antes de intentar pasar a su utilización para nuestro propósito. Es decir, se trata de comprender por qué un sólido sumergido en un fluido, total o parcialmente, parece perder peso, o sea, experimenta una fuerza hacia arriba (el empuje).

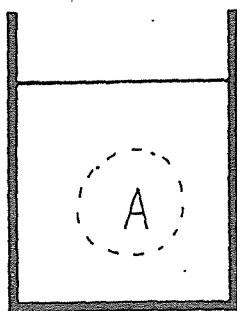
Proponemos, pues, esta pequeña reconstrucción del principio de Arquímedes como una opción alternativa a la simple revisión del mismo en un texto:

A.4. Para comprender la razón del empuje que experimenta un cuerpo sumergido, conviene considerar inicialmente un cierto cuerpo sumergido totalmente dentro de un líquido (ver figura).



a) Tratar de explicar cualitativamente la interacción entre el objeto y el líquido que le rodea. b) Explicar, en particular, por qué la fuerza resultante del líquido sobre el objeto va dirigida hacia arriba.

A.5. Para hallar una expresión del valor del empuje es muy útil partir de una situación muy simple, como es considerar un cuerpo imaginario A formado por una cierta cantidad de líquido en equilibrio con el resto.



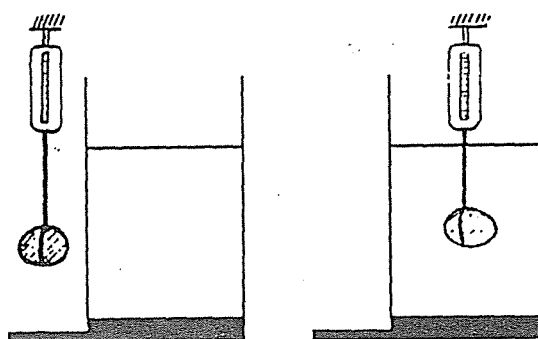
a) Qué relación habrá en este caso entre el empuje E que recibirá esa porción de líquido y su peso P_l ? b) Teniendo en cuenta que el empuje que experimenta un objeto es debido a la acción del líquido que le rodea, ¿qué cabe suponer sobre el valor del empuje que experimentará cualquier objeto que ocupe exactamente el espacio del líquido imaginario A considerado?

Comentarios sobre la A.4 y la A.5. La consideración de las situaciones planteadas en ambas actividades permite a los alumnos conjeturar que la acción del líquido se ha de traducir en una fuerza neta ascendente (si se tienen en cuenta las diferencias de presión) que depende del volumen del objeto introducido y ha de valer -como hace ver la actividad A.5- el peso del líquido desalojado. Esta predicción puede ser, por supuesto, contrastada con relativa facilidad y ser reforzada con la lectura de algún texto. No debe pensarse, sin embargo, que la realización de estas actividades resulte suficiente para que los alumnos alcancen una real comprensión del principio de Arquímedes. La actividad A.6, que planteamos a continuación, está destinada precisamente a proponer nuevas situaciones asociadas a bien conocidas preconcepciones de los alumnos en este campo (Fernandez 1985) con objeto de que la discusión permita profundizar en la comprensión de dicho principio.

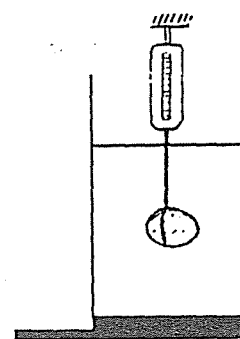
Para mostrar si se ha logrado una correcta comprensión del principio de Arquímedes y cómo se manifiesta su aplicación en distin-

tas situaciones, proponemos la realización de la siguiente actividad:

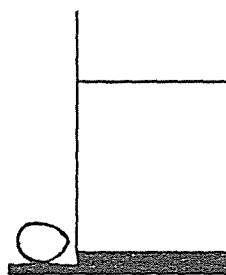
A.6. Un recipiente que contiene una cierta cantidad de líquido y cuyo peso total es P_l es colocado sobre el plato de una balanza. Un cuerpo de peso P_c es colocado de diferentes maneras respecto de ese recipiente -ver figuras (a), (b), (c), y (d)-.



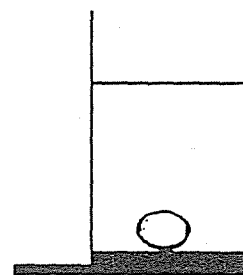
(a)



(b)



(c)



(d)

Determinar cuánto acusarán la balanza y el dinamómetro en los casos considerados en función de P_l , P_c (peso del cuerpo) y el empuje E .

Comentarios sobre la A.6. Al realizar esta actividad la práctica totalidad de los estudiantes respondían correctamente a las lecturas del dinamómetro en (a) y (b), y a las lecturas de la balanza en (a), y (c), pero manifestaban muchas dudas en el caso (b) y directamente fallaban en el caso (d). La causa de tales errores parece estar re-

lacionada con un tratamiento parcializado de la situación planteada: los estudiantes suponían correctamente que el objeto sumergido debía experimentar una fuerza ascendente (el empuje) pero no consideraban la fuerza de reacción a la misma que debía experimentar el líquido. Por tal razón, concluían erróneamente que la balanza acusaría una disminución igual al empuje en el caso (d) y no terminaban de comprender que en (b) la balanza indicaría $P_1 + E$. Ante estos planteos se proponía la realización de una medición rápida de verificación, lo que generaba, además de la lógica sorpresa por la igualdad de las pesadas (c) y (d), unas discusiones muy enriquecedoras. Estas actividades eran esenciales, pués, para establecer una verdadera comprensión de los aspectos teóricos, que supere la mera asimilación verbal y que facilite su aplicación a las más diversas situaciones.

Una vez comprendido el fenómeno del empuje, es posible diseñar procedimientos de determinación de densidades que sólo utilicen pesadas.

A.7. Diseñar algún procedimiento -basado en el principio de Arquímedes- para la determinación de densidades de sólidos recurriendo únicamente a pesadas.

A.8. Concretar los aspectos específicos y de procedimiento de ese diseño:

a) Concebir, en particular, alguna modificación en las balanzas biplatos que permita pesar objetos sumergidos en un líquido, etc. b) Explicar cuáles serían las pesadas a realizar para obtener la densidad buscada y explicitar matemáticamente la relación entre la densidad buscada y las pesadas realizadas. c) Especificar el diseño para el caso particular en que el sólido tenga una densidad menor que el líquido. d) Discutir los procedimientos experimentales (líquido a utilizar, forma de equilibrar la balanza, determinación de su precisión, etc.) que resultan más convenientes. Tener en cuenta la necesidad de compensar los errores

que provienen de una posible diferencia de brazos de la balanza, etc.

A.9. Sugerir diseños equivalentes a los vistos en (A.7) y (A.8) para la determinación de la densidad de líquidos.

Comentarios sobre la A.7, la A.8 y la A.9. La realización de estas actividades ha demandado una cantidad importante de tiempo. No resultaba tarea sencilla a los estudiantes completar el diseño en su totalidad (muchos de ellos desconocían prácticamente la utilización de la balanza y de otros instrumentos). Fue necesario, por tanto, que el docente interviniera estimulando la interacción entre los distintos equipos, replanteando preguntas, sintetizando las aportaciones, etc. Es de destacar, no obstante, que la tarea se cumplía en su casi totalidad y que la discusión de los problemas pendientes generaba un gran interés, incluso cuando el docente debía aportar información complementaria. En los caso en que, luego de haber discutido ampliamente la cuestión, los estudiantes lograban completar ese diseño, se podía observar en ellos una clara satisfacción.

Una vez completado el diseño del experimento conviene, con objeto de ratificar o mejorar algunos aspectos, cotejar el mismo con otros diseños, como los recogidos en las guías habituales.

A.10. Cotejar los procedimientos diseñados con los descritos en la literatura. (Ver, por ejemplo, las guías de las prácticas número 4 y número 8, del Laboratorio de Física General de la Facultad de Física, que llevan por título "Medida de densidades con el picnómetro" y "Medida de densidades con la balanza hidrostática").

Comentarios sobre la A.10. Esta actividad está destinada a resaltar la validez de los diseños producidos -que muy a menudo incluyen variantes de lo que en las guías habituales se presenta como simples rece-

tas a seguir- y, eventualmente, a enriquecerlos con algún aporte puntual de dichas guías. Por razones de falta de tiempo no se le prestó a la misma toda la atención que merecía. Este es un aspecto que conviene tener en cuenta para otros ensayos, puesto que esta comparación juega el papel de una contrastación de la validez de las propuestas elaboradas por los alumnos y contribuye a comunicarle confianza en su capacidad para realizar tareas complejas, "sin limitarse -como ellos señalan explícitamente- a aplicar lo que dicen los textos."

El paso final de esta parte del trabajo será naturalmente la realización de las mediciones y el análisis de los resultados.

A.11. Proceder a determinar la densidad de las muestras que se proporcionen. Comparar los resultados obtenidos (y su imprecisión) con los que se obtienen al medir el volumen utilizando calibres y palmer o mediante recipientes calibrados. Cotejar estos valores con los que se obtienen en tablas para objetos similares. Recomendación: antes de realizar cualquier medición proceder a estimar aproximadamente la precisión de las mismas.

Comentarios sobre la A.11. Al concebir los trabajos prácticos como una pequeña investigación dirigida, se pretende evitar, entre otras cosas, que la actividad de medir se realice como la recogida de unos datos cuyo significado e interés no están suficientemente claros. En ese sentido, la tarea fue realizada de una manera satisfactoria: las mediciones fueron llevadas a cabo con relativa seguridad y rapidez y los resultados obtenidos fueron mayoritariamente correctos. Hubo coherencia entre los distintos valores de la densidad obtenidos por los distintos procedimientos y los comentarios de los estudiantes fueron favorables. Ello no obstante, hubo algunos errores, en relación al tratamiento de los resultados y al análisis de los errores experimentales. Se

trata de carencias en aspectos que sí suelen ser considerados en los trabajos prácticos que se realizan habitualmente y que, evidentemente no han sido superadas. Esto pone en evidencia la complejidad del tema de los métodos de análisis de datos y la necesidad de elaborar actividades específicas para enfrentarlas. Nuestro ensayo no estuvo centrado en estos aspectos y sólo se realizó un primer tratamiento de los mismos. En todo caso, se está en mejores condiciones de abordarla desde este tipo de prácticas que responden a un problema que desde unas tareas que son una simple rutina de trabajo.

A partir de aquí se iniciará un conjunto de actividades, que se resumen como perspectivas y cuya realización, total o parcial, quedará supeditada al tiempo de que se disponga. En caso de que estas actividades no se realicen, quedarán como aspectos a considerar para una reflexión sobre las perspectivas del trabajo. En cualquier caso sí debe realizarse la actividad (A.18).

El uso de la Balanza hidrostática no es el único procedimiento basado en el principio de Arquímedes que puede utilizarse para determinar densidades. La Balanza de Mohr, por ejemplo, supone un perfeccionamiento que agiliza la medida de densidades de líquidos:

A.12. Observar una balanza de Mohr e intentar comprender su funcionamiento, haciendo los ensayos necesarios con líquidos cuya densidad se haya determinado ya con la balanza hidrostática. Escribir -una vez comprendido el funcionamiento- un *modus operandi* que explique significativamente el procedimiento a seguir.

A.13. Una de las aplicaciones de la medida de densidades, a la que se hizo referencia en la primera actividad, es la de permitir una rápida determinación de la concentración de una disolución, la composición de una cierta aleación, etc. Diseñar con deta-

lle el procedimiento para obtener la concentración de una disolución (de, p.e., sal común en agua) por simple lectura de la densidad en la balanza de Mohr.

A.14. Determinar la concentración de la disolución problema proporcionada siguiendo el diseño elaborado en (A.13).

A.15. Concebir un procedimiento para determinar la composición de una aleación de dos metales conocidos recurriendo únicamente a pesadas.

A.16. Determinar la composición de la aleación problema proporcionada siguiendo el diseño elaborado en (A.15).

A.17. Concebir un procedimiento de determinación de densidades de líquidos y concentración de disoluciones, que resulte muy rápida aunque sea menos precisa que la balanza de Mohr.

Comentarios sobre las A.12 a la A.17. Estas actividades son muy importantes puesto que permiten insertar el trabajo en una problemática más amplia. Desgraciadamente, las mismas no pudieron ser mínimamente tratadas por falta de tiempo y fueron dejadas como simples perspectivas para posibles profundizaciones. Sería muy conveniente intentar incorporar efectivamente alguna al trabajo en el contexto de un ensayo más amplio. El problema de la falta de tiempo merece una discusión en particular puesto que ha sido motivo de alguna crítica de los estudiantes. En el apartado 3 presentamos un cuestionario (cuadro II) destinado, en parte, a la evaluación de este aspecto.

A.18. Realizar un informe completo la tarea realizada. Expresar los resultados con la indicación de las correspondientes imprecisiones. Incluir las conclusiones y comentarios que se consideren oportunos.

Comentarios sobre la A.18. En esta concepción de los trabajos prácticos el informe pasa a ocupar el lugar que corresponde a la comunicación en una tarea de investigación y debe contemplar todos los aspectos de la misma. Ello está reflejado en los informes presentados, donde se pone en evidencia la preocupación de los estudiantes por tener en cuenta todos estos aspectos y no limitarse simplemente a transcribir unas tablas de valores. Allí están expuestos el tratamiento que han dado al problema, la emisión de hipótesis, el diseño del experimento y el análisis de los resultados.

Debe señalarse también que hubo algunas falencias e interpretaciones simplistas de la tarea. Del mismo modo que en el comentario sobre el análisis de los datos (A.11), cabe reflexionar aquí que se trata de un aprendizaje lento, que requiere ciertamente algo más que unas pocas prácticas para producir un cambio global en las concepciones del trabajo científico. Esto muestra también la necesidad de una retroalimentación cuidadosa acerca de los informes, que deben ser objeto de sucesivas interacciones entre el docente y los estudiantes, dando pie incluso a discusiones globales y a puestas en común de los resultados. Esta etapa no fue realizada en la experiencia pero fue discutida con los estudiantes y quedó en evidencia su necesidad.

3. Resultados del ensayo piloto

En los comentarios a las distintas actividades incluidos en el apartado anterior se recoge parte de los resultados del ensayo piloto, obtenidos por observación directa durante la realización de la tarea y de los informes que presentaron los estudiantes. Debemos considerar además los resultados de las encuestas y de las entrevistas orales junto a algunos comentarios adicionales, realizados por los estudiantes, que fueron extraídos de los mismos informes.

3.1 Encuestas y entrevistas

En el contexto de nuestro ensayo piloto se pasaron dos encuestas individuales a una parte de los estudiantes que realizaron la experiencia. Dichas encuestas fueron tomadas en dos oportunidades: primero, a un grupo de estudiantes de Biología (N=6) y luego a otro de Física (N=11). Los Cuadros I y II reproducen ambas encuestas.

Los resultados de la primera encuesta fueron ampliamente favorables a la hipótesis sustentada. A pesar de lo reducido de las muestras, las medias de las puntuaciones de las prácticas por investigación fueron significativamente superiores a la de las prácticas "por instrucciones" en todos los casos. El análisis se realizó aplicando una T de student, con un nivel de significación de 0.05.

CUADRO I

EVALUACION DE LA ORIENTACION DE LOS TRABAJOS PRACTICOS. (I)

Calificar de 0 a 10 los modelos de trabajos prácticos que se han utilizado de acuerdo con los siguientes criterios:

	Prácticas por investigación	Prácticas por instrucciones
A. En qué medida posibilitan la familiarización con:		
1. La contextualización del estudio atendiendo a su posible interés, aplicaciones, etc.(1).	_____	_____
2. El planteamiento preciso de problemas científicos.	_____	_____
3. La emisión de hipótesis.	_____	_____
4. El diseño de montajes experimentales	_____	_____
5. La realización de experimentos sabiendo lo que se pretende.	_____	_____
6. El análisis y la interpretación de los resultados.	_____	_____
7. Consideración de nuevas perspectivas(1)	_____	_____
B. En qué medida favorecen		
8. La exposición de tus propias ideas iniciales.	_____	_____
9. La revisión y profundización de los conceptos de la materia.	_____	_____
10. Un aumento del interés por la ciencia.	_____	_____
11. El desarrollo de la creatividad.	_____	_____

(1) Estos items no fueron incluídas en el ensayo piloto.

CUADRO II

EVALUACION DE LA ORIENTACION DE LOS TRABAJOS PRACTICOS. (II)

A continuación se presentan una serie de proposiciones en torno a los trabajos prácticos. Conviene leerlas todas previamente (pues están relacionadas entre si) y valorar después cada una de ellas entre cero y diez según el grado de acuerdo con la misma.

1. Una práctica concebida como una investigación relativamente abierta exige demasiado tiempo e impide la realización de un número suficiente de prácticas.
2. El mayor tiempo exigido por una práctica orientada como una investigación abierta no debe considerarse un inconveniente sino un requisito indispensable para que pueda realizarse un trabajo con una cierta profundidad, riqueza e interés.
3. Una práctica como investigación obliga a una mayor presencia y participación del profesor que en las prácticas siguiendo las instrucciones de una guía escrita. Ello perjudica, pues, la autonomía de los estudiantes.
4. La supuesta autonomía del trabajo siguiendo las guías escritas se reduce a la aplicación mecánica de consignas escasamente significativas, mientras que el papel del profesor en la práctica como investigación favorece la creatividad de los estudiantes.

Estos resultados son coherentes con nuestras observaciones en la realización de la práctica y con lo que dicen los informes presentados por los estudiantes. Particularmente interesa señalar aquí que dichos informes hacían referencia a las características del trabajo científico, asociándolas funcionalmente a la investigación realizada.

La segunda encuesta (cuadro II) presentaba para su valoración una serie de cuatro proposiciones "polémicas" sobre el modelo de trabajos prácticos que se desarrollaba en el ensayo piloto. Esas proposiciones introducían visiones opuestas, a favor y en contra del modelo, sobre dos aspectos que habían sido muy comentados en la realización de los trabajos: el tiempo que demandaba y la autonomía de que se disponía en su realización.

Si hacemos una comparación de medias, entre los resultados de la pregunta número uno con los de la dos y los de la pregunta número tres con los de la cuatro -del Cuadro II-, se encuentra que, en ambos casos, hay diferencias significativas a favor de las

segundas, tanto para los estudiantes de biología como para los de física. Ello significa que en la valoración crítica de las prácticas como investigación los estudiantes se inclinan por las interpretaciones favorables a las mismas.

Como puede apreciarse, los resultados de ambas encuestas van en el mismo sentido que nuestras interpretaciones sobre el ensayo piloto que hemos planteado en los comentarios de las actividades. Más aún, al finalizar la toma de las encuestas realizamos una entrevista oral colectiva con el grupo de estudiantes. Las opiniones recogidas en esa oportunidad fueron aún más contundentes en favor de la propuesta en los más diversos aspectos.

Incluso pudieron aclararse algunas dudas que tenían los estudiantes en cuanto a la cantidad de recursos -docentes, materiales y de tiempo- que demandaría la implementación, en los cursos normales, de unos trabajos prácticos como los del ensayo piloto. Al finalizar esa entrevista, la opinión de los estudiantes era, si cabe, aún más favorable

a este tipo de prácticas.

3.2. Comentarios de los estudiantes

En este punto se expondrán algunos resultados adicionales que surgen de extraer los distintos comentarios realizados por los estudiantes en los informes que presentaron. Estos comentarios son convergentes con los resultados anteriores en su valoración favorables de los trabajos prácticos realizados en el ensayo piloto. Se han recogido expresiones como: "muy positivo", "interesantísimo", "mucho mejor". No se han detectado expresiones que sostengan la inconveniencia de este tipo de propuesta.

Los estudiantes toman nota de que en estos trabajos se tienen en cuenta sus preconcepciones, lo que "permite aflorar ideas y ocurrencias", trabajar "utilizando nuestros conocimientos" y "razonar sobre los conceptos básicos adquiridos en otros cursos". La importancia que le asignan a estos aspectos está determinada por varias razones: porque "permite ampliar nuestros conocimientos al relacionar conceptos que ya teníamos", porque de otro modo sus ideas "no llegan a ser discutidas, como por ejemplo en las clases teóricas, y quedan flotando en el aire, dando la impresión de que lo que uno mismo piensa es falso hasta que no se demuestre lo contrario".

Aparecen críticas explícitas a los trabajos prácticos habituales: "las prácticas a las que estamos habituados pecan de ser una automatización del alumno, son labores mecánicas de medición". Se relaciona esa crítica con una diferenciación entre el nuevo planteamiento y el de las propuestas habituales de ilustración: "no es lo típico de ir al laboratorio, tomar las medidas que te dicen y realizar los cálculos en casa", "no es como en la otra forma de hacer las prácticas en las que se toman unos datos en el laboratorio, se aplican unas fórmulas que vienen en el libro de prácticas y se obtienen los resultados".

Más en profundidad, los comentarios muestran que los estudiantes advierten que la propuesta introducida comporta unas prácticas alternativas "muy diferentes a las que hemos realizado hasta ahora". Relacionan esas diferencias con un acercamiento a los métodos de la ciencia, donde el trabajo se realiza "partiendo de una situación problemática", donde se hallan presentes "aspectos necesarios en cualquier trabajo científico, como son precisar el problema, emitir hipótesis dando argumentos sobre esas hipótesis, realizar el experimento, analizar los resultados". Entienden que este planteo les "introdujo en el trabajo científico de laboratorio" donde han "tenido oportunidad de analizar el proceso" y que ello les "enseña a plantear problemas prácticos para la corroboración de fundamentos teóricos".

También queda claro en estos comentarios de los estudiantes una relación entre la metodología utilizada y el proceso de aprendizaje, ya que, con el nuevo abordaje "se retiene mucho más en la memoria el tema tratado". En otra parte nos dicen que esta forma de trabajar les "ha aportado conocimientos que consideramos no se adquieren en las prácticas que realizamos normalmente" y donde "queda todo más claro cara a un posterior estudio". Hasta llegan a considerar la posible influencia posterior de esta manera de trabajar, ya que así podrán "reflexionar teóricamente sobre lo que será el experimento".

Se pone en evidencia la importancia que tiene para ellos el haber realizado el trabajo en grupos reducidos que interaccionaran posteriormente entre sí y con el profesor. Esto parece relacionarse con la facilitación de un mayor protagonismo, puesto que este método "da mayor participación al alumno", y también con aspectos didácticos al reconocer la importancia de "la aportación del grupo". Al respecto se afirma que "el hecho de comentar lo obtenido con el resto de los compañeros nos parece una forma muy buena de aprender". Estos comentarios fueron complementados, en la entre-

vista colectiva, con un reconocimiento de las aportaciones que surgieron de la interacción entre los grupos.

Por otra parte se dice que hay una mejora en la relación docente-alumno y se aprecia que la existencia de un "mayor contacto entre profesores y alumnos, permite también discusiones y contraste de posturas para llegar a una conclusión válida".

Una de las críticas que realizaron a nuestra propuesta en sus comentarios se refiere a cierta falta de tiempo para realizar las tareas, sobre todo para las actividades finales y la consideración de las perspectivas. "Se incrementa al doble el tiempo necesario para realizar la práctica". Esto luego está matizado explicando "que las actividades no eran una mecánica sino un desarrollo del intelecto".

En cualquier caso está claro que esta orientación demanda bastante tiempo antes de comenzar la experimentación, precisamente porque se realizan tareas como la definición del problema, la construcción de hipótesis, etc., que están ausentes en las prácticas tradicionales. Pero esta "demora" favorece la comprensión posterior de la tarea a realizar, orienta mejor para la toma de los datos y disminuye enormemente el tiempo que debe dedicarse luego a la realización de los informes. Este aspecto fue retomado -como ya fue mencionado- en las entrevistas orales. Allí, los estudiantes expresaron con toda claridad que la tarea que más tiempo -y angustias- les demandaba era la redacción de los informes y que, en ese sentido, las actividades realizadas en el ensayo piloto les había facilitado esa tarea. Desde ese punto de vista, se trataría más de una reordenación que de un incremento del tiempo que se utiliza.

De todos modos, aún considerando que efectivamente la realización de estas prácticas demandan globalmente más tiempo que las tradicionales, no debe tomarse ese aspecto como negativo. Justamente una de las potencialidades de encarar los trabajos prác-

ticos de este modo reside en que permite profundizar las tareas y da ocasión a que los estudiantes puedan participar en las mismas de una manera creativa. Como se ha señalado en las investigaciones sobre eficacia escolar la cantidad e intensidad en que el alumno se mantiene implicado en la realización de apropiadas tareas instructivas es decisiva en el rendimiento (Rivas 1986). El problema se conecta, más en general, con la necesidad de ajustar los contenidos a las posibilidades reales de un tratamiento en profundidad.

Ya se ha mencionado el interés que se despertó entre los estudiantes por la realización de este tipo de actividades. Ello se vio reflejado en los informes, cuando dicen que les "surgió una gran motivación por la realización de esta práctica". Dicen también los estudiantes que esta propuesta les obliga a "meterse de lleno" en el trabajo y que les crea "menor tensión que las otras prácticas, ya que en estas estábamos supeditados al poco tiempo que contamos para realizar los cálculos, gráficos errores, etc". Por otro lado aparece claro su deseo de repetir la experiencia e incluso comparan esta nueva manera de trabajar con "la forma anterior que, afirman, puede llegar a ser aburrida y a hacer perder el interés por la práctica". Este deseo se vio claramente expresado por un grupo de estudiantes que concurren voluntariamente a las prácticas del ensayo piloto, incluso cuando ya no constituían un requisito de la materia que estaban cursando.

Otros aspectos que aparecen como favorecidos con esta propuesta, según estos comentarios, son los referidos a la creatividad, y a una mayor comprensión de la naturaleza del trabajo científico.

4. Conclusiones y perspectivas

Encontramos una fuerte coherencia entre los resultados obtenidos por los distintos medios utilizados -observación directa, in-

formes, encuestas, entrevistas colectivas- para analizar la experiencia. Ello permite la valoración de estos resultados, extraídos de una pequeña muestra, como representativos de una tendencia.

En definitiva, la experiencia realizada en este ensayo piloto aporta múltiples elementos confirmatorios de nuestra hipótesis de trabajo: unos trabajos prácticos que parten de una situación problemática y que facilitan la participación sistemática de los estudiantes en el tratamiento de la misma, parecen propiciar un acercamiento al trabajo de la ciencia.

Por un lado favorecen un tratamiento en profundidad de los aspectos teóricos involucrados, revisando los conceptos a utilizar, realizando una discusión de las preconcepciones cuando corresponda y permitiendo un tratamiento más integrado de los aspectos teóricos y experimentales del conocimiento a adquirir. Por otro lado dan un primer paso para la identificación de los diferentes aspectos del trabajo científico, desarrollan interacciones positivas entre los estudiantes y de éstos con los docentes, incrementan notablemente el interés por el trabajo, impulsan la creatividad y una reflexión de los estudiantes y docentes sobre todo el proceso. Ello muestra la potencialidad de este tipo de prácticas para desarrollar un cambio de actitud en los estudiantes, algo que no es tan observable en trabajos tradicionales.

Finalmente queremos recalcar el hecho de que han aparecido abundantes comentarios y críticas didácticas -favorables a nuestra hipótesis- por parte de los estudiantes. De tal manera, la realización de esta experiencia, donde se desarrollaban actividades creativas y participativas, ha promovido también la reflexión didáctica y ha hecho aflorar la inquietud de los estudiantes por el tema. Se trata de una cuestión muy importante en la perspectiva de modificar la formación de los futuros profesores de física.

Existen indicios incluso de que este tipo

de experiencia influyó sobre otros docentes que, sin participar de la experiencia, han sido testigos de sus resultados, lo que ha facilitado una tendencia a la reflexión y al cambio didáctico.

El próximo paso de este estudio será repetir la experiencia con un diseño más elaborado, de tal manera que se incorporen formas específicas de contrastación de la mayor cantidad posible de consecuencias de nuestra hipótesis. Particularmente importantes serán las que se refieran a considerar la influencia que una experiencia de este tipo puede tener para modificar correctamente las concepciones de la ciencia de los estudiantes y las concepciones didácticas de los docentes.

Ello implicará trabajar con un conjunto más amplio de experimentos y de sujetos, lo que permitirá integrar mejor y dar mayor coherencia a los distintos aspectos del trabajo. Requerirá también la transformación de nuevas prácticas según la orientación descrita y eventualmente de nuevas modificaciones de las ya transformadas (recordemos que se trata de propuestas didácticas abiertas, donde siempre se pueden introducir nuevos ajustes).

Agradecimiento

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Prof. F. Tena por haber facilitado la realización de algunas de las experiencias consideradas en este trabajo.

Referencias Bibliográficas

- BACHELARD, G., 1979. *La formación del espíritu científico*. (siglo XXI: México).
- BRISCOE, C., 1991. *The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices, a case study of teacher change*. Science Education, 75(2), 185-199.
- FERNANDEZ FERNANDEZ, J.M., 1985. *Causas de las dificultades de aplicación del teo-*

- rema de Arquímedes por los alumnos de Enseñanza Media. Enseñanza de las Ciencias, 3(3), 185-187.
- GIL, D. et al, 1991. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. (Cuadernos de Educación, 5, HORSORI-ICE, Universitat de Barcelona: Barcelona).
 - 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.
 - GIL, D. y GONZÁLEZ, E., 1993. *Las prácticas de laboratorio de física en la formación del profesorado. (I) Un análisis crítico*. Revista de Enseñanza de la Física (pendiente de publicación).
 - GONZÁLEZ, E., 1991. *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de física*. (Tesis de maestrado: Universidad de Valencia)
 - HODSON, D., 1985. *Phylosophy of science, science and science education*. Studies in science education, 12, 15-27.
 - HODSON, D., 1992. *Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of science*. Science & Education, 1, 115-144.
 - PAYÁ, J., 1991. *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física y la Química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. (Tesis doctoral: Departament de Didáctica de les Ciències Experimental, Universitat de Valencia).
 - RIVAS NAVARRO, M., 1986. *Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica*. Bordón 264, Tomo XXXVIII, 693-707.
 - SALINAS, J. y COLOMBO, L., 1992. *Los laboratorios de física de ciclos básicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida*. Revista de Enseñanza de la Física, 5(2), 10-17.
 - WHEATLEY, G.H., 1991. *Constructivist perspectives on science and mathematical learning*. Science & Education, 75(1), 9-21.