

# ¿CÓMO PLANTEAR LOS TRABAJOS PRÁCTICOS PARA CONTRIBUIR REALMENTE A DESARROLLAR LA COMPETENCIA CIENTÍFICA?

Juan José Ruíz  
Manuel Alonso  
Jaime Carrascosa

25 de enero de 2019

## INTRODUCCIÓN

Al igual que la introducción de los conceptos teóricos o la resolución de problemas de lápiz y papel, las actividades prácticas constituyen un aspecto clave para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias al que, tanto el profesorado como el alumnado, conceden una importancia fundamental. Este hecho se debe en gran parte a las virtualidades que ambos colectivos atribuyen, de entrada, a la realización de este tipo de actividades. De hecho, las experiencias de laboratorio son vistas, en general, por el profesorado de ciencias experimentales como las actividades con las que mejor se puede contribuir a impulsar y desarrollar la **competencia científica** a la vez que poseen un gran potencial motivador hacia el aprendizaje de las ciencias.

El desarrollo de la competencia científica es un objetivo básico que se contempla de forma explícita en los currículos de ciencias actuales y que goza de un amplio consenso entre los investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales, para los cuales, un aprendizaje realmente significativo de los contenidos científicos va ligado a dicho objetivo y, por tanto, a las estrategias de enseñanza específicamente diseñadas para conseguirlo. Por otra parte, sabemos que la motivación y el interés que puedan tener los alumnos hacia las materias científicas, constituye un factor esencial para un mejor aprendizaje de sus contenidos. Todo ello, justifica plantearse la siguiente cuestión:

*¿Cómo orientar las actividades experimentales en general, para conseguir que puedan contribuir de una forma más eficaz a desarrollar la competencia científica y a generar actitudes más positivas hacia la ciencia y su aprendizaje en el alumnado?*

Para ello es necesario abandonar, en su caso, aquella metodología de enseñanza en la que los trabajos prácticos se tratan como simples recetas ya elaboradas en las que el alumno se limita a seguir una serie de instrucciones detalladas en un orden determinado y cambiarla por otra más coherente con la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico. Ello supone esencialmente, prestar una atención particular a una serie de aspectos como los siguientes:

### 1. El planteamiento del problema

Los trabajos prácticos no deben plantearse ni como punto de partida inductivista de donde derivar conocimientos, ni como simple ilustración de la "teoría" vista anteriormente. Por el contrario, habrán de responder a situaciones problemáticas de interés que surgen durante el desarrollo de un tema y plantearse en el momento en que ello se produzca, teniendo en cuenta todo aquello que el alumno ya sabe respecto al problema planteado.

Además, es preciso tener en cuenta que no basta con enunciar un problema. Es necesario que dicho problema se formule de manera precisa, delimitando las condiciones concretas en que se aborda. Esta delimitación es consecuencia de la necesidad que tenemos de descomponer un fenómeno complejo en partes más fácilmente abordables, procediendo así a una labor de análisis. Todo ello, requiere la recopilación y estudio de la información que se considere más relevante en torno al problema en estudio.

Consecuencia de la necesidad de descomponer el problema en partes fácilmente abordables (análisis) es el control de las variables que intervienen y la limitación del campo de validez de los resultados obtenidos. El profesor, ha de hacer ver esto a sus alumnos, evitando las posibles (y frecuentes) generalizaciones acríticas, la tendencia a fijarse tan solo en una variable, la aplicación de expresiones fuera de su campo de validez, etc.

También es importante reflexionar sobre cuál puede ser el interés de la situación problemática planteada, lo que permite una aproximación de manera natural a las estrechas relaciones existentes entre ciencia-tecnología, sociedad y medio ambiente, al mismo tiempo que favorece una actitud más positiva y un mayor interés hacia la asignatura.

## **2. La formulación de hipótesis**

La elaboración de hipótesis (a modo de conjeturas explicativas) con vistas a su contrastación experimental, es una de las actividades más importantes a realizar en la investigación científica y constituye en la enseñanza de las ciencias y especialmente en los trabajos prácticos, una excelente ocasión para cuestionar posibles ideas alternativas.

En consecuencia, los trabajos prácticos han de plantearse de manera que los alumnos tengan la ocasión de proponer hipótesis fundadas sobre el problema planteado previamente (lo que permite conectar con sus conocimientos e ideas previas) y, en caso necesario (cuando no se pueda hacer directamente), derivar consecuencias que permitan la contrastación de dichas hipótesis. También hay que analizar previamente todas las variables que influyen y cómo se pueden controlar. Así mismo, cuando sea posible, conviene plantear situaciones límite que puedan darse en el problema estudiado y que puedan afectar de manera clara a las hipótesis consideradas; cuestiones como, por ejemplo: ¿qué pasaría si tal o cual variable se anulase?, pueden servir para que los alumnos manejen esas situaciones límite, cuyas previsiones, como es lógico, habrán de analizarse finalmente al interpretar los resultados obtenidos.

## **3. El diseño de experimentos y su realización**

Antes de proceder a la experimentación propiamente dicha, es necesario que los alumnos participen en el diseño de los experimentos. En efecto, la propuesta de posibles diseños experimentales con los que poder contrastar unas determinadas hipótesis, la discusión acerca de los detalles a tener en cuenta, de su viabilidad, etc., son actividades que contribuyen notablemente al desarrollo de la imaginación y creatividad entre los alumnos (lo mismo que la superación de las dificultades tecnológicas o imprevistos varios que puedan surgir al tratar de llevar a la práctica dichos diseños).

Por otra parte, conviene tener en cuenta que el trabajo científico en general y la experimentación en particular, tienen un carácter social y colectivo, el cual se manifiesta, entre otras cosas, en la reproducibilidad de los experimentos realizados (de forma que en las mismas condiciones han de volverse a obtener los mismos resultados). De hecho la réplica reitera-

da por otros investigadores (o mejor equipos de investigadores) de un experimento determinado, obteniendo resultados coincidentes, se considera una condición necesaria para que dichos resultados puedan ser aceptados por el resto de la comunidad científica. Ese carácter social y colectivo del trabajo científico, queda patente también en el hecho de que la investigación científica se realiza, cada vez más, por distintos equipos de trabajo conectados unos con otros, careciendo de sentido la idea de investigaciones autónomas e individuales (si bien es cierto que en cada grupo siempre existen personas más experimentadas que impulsan la investigación, ponen al corriente a los nuevos, dirigen el trabajo a realizar, etc.); en todo este proceso desempeña un papel fundamental el cuerpo teórico de conocimientos vigente, fruto de generaciones de investigadores precedentes.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, el profesor de ciencias experimentales, en los trabajos prácticos (y también en otras actividades calves para el aprendizaje de las ciencias), puede representar el papel de "investigador experimentado", de portavoz de los conocimientos científicos aceptados en la actualidad, orientando el trabajo de los diferentes grupos de alumnos, suministrando información cuando sea necesario, etc. En algunas experiencias se puede recurrir a presentar tablas de resultados obtenidos por científicos en condiciones rigurosas, con aparatos precisos, etc., como una forma de contrastar hipótesis que ha llevado a resultados concordantes con los obtenidos en clase. Es posible, incluso, plantear alguna vez problemas tales que no se disponga de los medios necesarios para su estudio y pedir a los alumnos que emitan hipótesis, elaboren posibles diseños para contrastarlas, etc., dándoles, después, las tablas de datos obtenidos en un laboratorio para que los analicen, etc., sin que tengan ellos que realizar la parte experimental. Análogamente, conviene que los alumnos realicen los trabajos prácticos en pequeños grupos, de forma que estos respondan así a una labor colectiva, se pueda analizar la coherencia de los resultados obtenidos por unos grupos y otros, etc. También se puede plantear alguna experiencia en la que se lleven a cabo diferentes diseños, pero con el fin todos ellos de contrastar una misma hipótesis y comparar los resultados obtenidos mediante cada uno, analizando la coherencia de los mismos. En otros casos, un mismo experimento puede prestarse a que distintos grupos de alumnos se encarguen de distintas partes del mismo, comunicándose después los resultados parciales, para su tratamiento y obtención de conclusiones finales.

Los experimentos científicos o más precisamente, la utilización que se haga de sus resultados, pueden tener importantes repercusiones en la sociedad y en el medio ambiente. A su vez, la tecnología, la economía y la política, influyen en la experimentación científica, por ejemplo, dando prioridad (u obstaculizando) determinadas investigaciones. Este aspecto, siempre que sea posible, debería estar presente en los trabajos prácticos y hacer referencia a su importancia, comentando posibles aplicaciones, ventajas, inconvenientes, etc., algo fundamental si queremos contribuir realmente a una ciencia más conectada a la realidad.

Otros aspectos a tener en cuenta en el diseño y realización de experimentos son:

- ✓ Analizar las posibles formas de medir las variables que intervienen y decidir los instrumentos más adecuados (lo que implica a su vez conocer sus características más importantes como, intervalo que pueden medir, sensibilidad, manejo, etc.).
- ✓ Controlar las variables que influyen en el problema a estudiar.
- ✓ Planificar detalladamente todos los pasos a seguir antes de la realización propiamente dicha del experimento, preparar las tablas para la recogida de datos, cómo se van a interpretar los resultados, etc.
- ✓ Tener en cuenta todas las precauciones posibles, tanto respecto al propio proceso de medida, como en lo que se refiere a los peligros físicos (quemaduras, salpicaduras,

- heridas...) y al posible impacto medioambiental (generación y gestión de posibles residuos, consumo de energía y productos...), que pudieran tener lugar.
- ✓ Cuando se vaya al laboratorio, conviene que ya se tenga todo pensado y sólo haya que efectuar el montaje experimental y efectuar las medidas pertinentes (aunque sobre la marcha siempre surge algún imprevisto al que hay que dar solución).
  - ✓ El profesor deberá estar atento y evitar posibles situaciones discriminatorias como la que se produce cuando los chicos pretenden manipular todos los aparatos y utilizar a sus compañeras como simples “secretarias” que han de limitarse a tomar notas... y finalmente ordenar y limpiar todo.

#### **4. Análisis de resultados y conclusiones finales**

Se trata de analizar en qué medida los resultados obtenidos apoyan la validez de las hipótesis elaboradas o, por el contrario, las contradicen. Éste análisis puede obligar, en su caso, a realizar determinados replanteamientos (revisar diseños, hipótesis iniciales, o, incluso, el mismo planteamiento del problema). Hay que prestar una atención particular a la interpretación física de los resultados, su campo de validez, su fiabilidad, su coherencia con los obtenidos por otros equipos, etc.

En definitiva, se trata de que los propios alumnos:

- ✓ Analicen críticamente los resultados obtenidos. Este análisis, además de centrarse en comprobar en qué medida se cumplen las hipótesis de partida, tendría que incluir alguna reflexión sobre el campo de validez, verificar las situaciones límite que puedan haber sido establecidas, valorar el margen de precisión obtenido, etc.
- ✓ Tengan presente al carácter social del experimento científico, analizando la coherencia con otros resultados. Se trata de que los alumnos comparen los resultados obtenidos por los diferentes grupos y también (en su caso) los obtenidos mediante distintos diseños, que analicen tablas de resultados obtenidos mediante experimentos realizados en condiciones mucho más rigurosas (que les puede suministrar el profesor), etc. De esta forma se resalta el hecho de que no bastan los resultados de un único experimento (y mucho menos de un experimento escolar), para dar por confirmada una hipótesis.

La consideración y análisis de los nuevos conocimientos producidos mediante la experimentación científica permite a menudo que se planteen nuevos problemas a investigar (problemas difíciles de imaginar antes de disponer de esos nuevos conocimientos). Este aspecto contribuye a dar una imagen de la ciencia como algo vivo y en continua evolución, como un conjunto de conocimientos cada vez mayor, pero también cada vez con un mayor número de problemas sin resolver. Unos trabajos prácticos coherentes con dicho aspecto serían, por ejemplo, aquellos en los que una vez obtenidos los resultados se planteasen a raíz de los mismos nuevos problemas de interés (que pueden tratarse posteriormente o bien en cursos superiores).

Cuando se está realizando un experimento científico, los datos, anotaciones, etc., se hacen de una forma personal, que puede ser incluso un tanto desordenada y poco convencional, pero cuando se quiere dar a conocer los resultados, el científico está obligado a hacerse entender, utilizar un lenguaje claro para todos sus colegas, con normas y símbolos aceptados internacionalmente, etc. Del mismo modo, los alumnos han de presentar las memorias de sus trabajos prácticos siguiendo unas pautas determinadas que conviene aclarar desde el principio. Concretamente, ha de quedar claro cuál ha sido el problema planteado, qué in-

terés tiene, las hipótesis emitidas, los diseños elaborados para su contrastación, etc. Incluyendo además los comentarios oportunos sobre la experimentación propiamente dicha, imprevistos a los que hubo que enfrentarse, errores cometidos y detectados a «posteriori», precauciones tomadas (personales, medioambientales...), etc. La presentación de este tipo de informes es una tarea fundamental que fuerza al estudiante a pensar sobre el trabajo realizado al mismo tiempo que a practicar sobre una dimensión esencial de la competencia científica.

Para terminar, es preciso resaltar la conveniencia de incorporar las nuevas tecnologías a los trabajos prácticos realizados en los centros escolares. Esto puede hacerse en distintos aspectos como, por ejemplo, las consultas bibliográficas a través de internet, applets y aplicaciones que permiten visualizar la influencia que tiene en un resultado el cambiar una u otra de las variables consideradas, simuladores de prácticas (que evitan, por ejemplo, utilizar productos tóxicos), sensores electrónicos, programas, teléfonos móviles, etc. También es posible (y deseable) contrastar una misma hipótesis mediante un diseño “tradicional” y mediante otro diseño más actual (que conlleve la utilización de nuevas tecnologías), comparando los resultados obtenidos. No obstante, si realmente queremos desarrollar la competencia científica en el alumnado, conviene estar muy atentos para que el uso de las nuevas tecnologías se realice también con las nuevas metodologías y no mediante la simple transmisión de conocimientos. Esto es lo que sucede, por ejemplo, cuando se utilizan ordenadores y sofisticados sensores para realizar una práctica de laboratorio, pero esta se sigue planteando como una mera receta de cocina, o cuando se usa una pizarra digital para enseñar a resolver problemas pero estos se siguen planteando como simples ejercicios de aplicación. No tiene, pues, ningún sentido reducir la necesaria renovación de la enseñanza a la utilización, sin más, de las nuevas tecnologías.

Naturalmente, todos los aspectos anteriores, no han de verse como una serie ordenada de etapas a seguir de forma mecánica, contemplando todas ellas en cada trabajo práctico, ya que no se pretende que constituyan ningún algoritmo sino tan solo un recordatorio de la riqueza del trabajo científico, riqueza que, insistimos, no afecta únicamente a las prácticas de laboratorio, sino también a otros aspectos claves para el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (como la resolución de problemas de lápiz y papel o la introducción y manejo de conceptos científicos) con los que se trabaja a lo largo de cada curso escolar.

Por nuestra parte, nos centraremos en exponer una serie de ejemplos de trabajos prácticos (para enseñanza secundaria y bachillerato) en los que se han intentado plasmar la mayoría de las consideraciones anteriores, con la intención de que puedan ser de utilidad al profesorado de ciencias experimentales interesado, que puede adaptarlos, mejorarlos y cambiarlos a su conveniencia y, lo que es más importante, seguir este planteamiento en la elaboración de otros nuevos.

### **Referencias bibliográficas**

Carrascosa, J. (1995). Los trabajos prácticos de Física y Química como problemas. *Alambique*, 5, pp. 67-76.

Carrascosa, J., Gil Pérez, D., Vilches, A., y Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Física*, 23 (2).

Carrascosa, J., Martínez, S., y Alonso, M. (2003). *Física de 2º de Bachillerato*. Libro de texto. <http://didacticafisicaquimica.es/> (pp. 367-368).

Gil Pérez, D., y Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*. 14 (2), pp. 155-163.

Gil Pérez, D; Carrascosa, J; Furió, C; Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. pp. 161-166. Barcelona: Horsori

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 Didàctica de les Ciències Experimentals, Universitat de València.

.