

¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos?

Aureli Caamaño

Gran parte de la ineficacia de los trabajos prácticos se atribuye a su carácter cerrado, es decir, a su presentación como un conjunto de instrucciones que los estudiantes deben seguir, sin darles tiempo ni ocasión para que se den cuenta de cuál es el objetivo que persigue el trabajo propuesto y cómo puede ser resuelto. Frente a esta manera de presentar los trabajos prácticos, proponemos una forma abierta en la que se invita a los alumnos a pensar de qué manera pueden resolver el problema propuesto, es decir, a idear un procedimiento o método de resolución y a explicitarlo oralmente y por escrito antes de iniciar su realización.

Las propuestas que se realizan a continuación han sido ensayadas durante varios años en clases de ciencias con alumnos de la ESO, en clases de química de bachillerato y en cursos de formación sobre trabajos prácticos con profesores de secundaria y de universidad. Entre éstos últimos pueden citarse como los más recientes los cursos de trabajos prácticos de química realizados para el Departament d'Ensenyament de Catalunya (DE 2001) y los cursos de trabajos prácticos de química realizados en el Centro Nacional de Educación Química (Ciudad de México, 2000) y en la Facultad de Química de la UNAM (Ciudad de México, 2001).

Diversos autores (Gott, Welford, Foulds 1988, Jones y cols., 1992; Caamaño 1992; Qualter y cols. 1990; Watson, 1994; Carrascosa, 1995; Gil y Valdés, 1996; Oldsworthy, Watson y cols., 2001) han defendido el interés de la utilización de trabajos prácticos abiertos o investigativos en las clases de ciencias.

Trabajos prácticos abiertos en la ESO

Los trabajos prácticos abiertos que se exponen a continuación han estado inspirados en algunos de los propuestos como investigaciones en el proyecto APU (1984) y en el proyecto APWIS (Gott, Welford, Foulds 1988; Gott y Dugan 1995) y experimentados con grupos de estudiantes de la ESO. El proyecto APWIS presenta las investigaciones, conjuntamente con las observaciones-interpretaciones y las medidas, como actividades necesarias para adquirir una comprensión procedimental de la ciencia, que ha de transcurrir paralela a la comprensión conceptual. Esta comprensión procedimental supone poner a los alumnos en situación de comprender cuál es el problema por resolver y de decidir el procedimiento que seguir. Este tipo de investigaciones las hemos clasificado en un trabajo anterior (Caamaño 1992) como "investigaciones para resolver problemas prácticos", generalmente en el contexto de la vida cotidiana, para diferenciarlas de las "investigaciones para resolver problemas de tipo teórico", características del modelo de descubrimiento orientado que tuvo su apogeo en la década de 1980.

A continuación describimos las fases a través de las cuales se realizan los trabajos abiertos propuestos, su realización en el aula y el laboratorio, y los factores que inciden en la mayor o menor dificultad de las investigaciones propuestas.

Fases de las investigaciones

Una vez comprendido el problema que hay que resolver, la realización de la investigación transcurre en tres fases:

Planificación.

Realización y tratamiento de los datos.

Comunicación y evaluación del resultado.

La *fase de planificación* requiere por parte de los estudiantes decidir:

¿Cuál es la variable dependiente y cuál la variable independiente (la variable que se ha de variar y medir)?

¿Cómo puede medirse la variable dependiente?

¿Cómo puede variarse y medirse la variable independiente y cuántas medidas deben realizarse, en el caso de que sea una variable continua?

¿Cuáles son las variables que se deben controlar, es decir, mantener constantes?

¿Con qué precisión deben realizarse las medidas?

Y redactar un plan de trabajo que debe ser mostrado y discutido con el profesor o profesora antes de iniciar la investigación.

La *fase de realización* supone el montaje del dispositivo experimental y de los instrumentos de medida necesarios, la realización de la experiencia y de las medidas, y el tratamiento de los datos obtenidos (cálculos, gráficos, etc.).

La *fase de comunicación y evaluación* del resultado supone la escritura de un informe y la valoración o evaluación del resultado o resultados obtenidos. También la comunicación oral de la investigación realizada para los alumnos que se solicite.

Cuadro 1. Ejemplo de investigación en la ESO

¿Qué detergente elimina mejor las manchas?

Objetivo

Habrás visto anuncios en la televisión que presentan determinados detergentes como más eficaces que otros para eliminar las manchas de la ropa. El objetivo de esta investigación es comprobar si es verdad que uno de estos detergentes es más eficaz que otro. Dispondrás de dos muestras de detergente, etiquetados A y B. Además dispondrás de unos pedazos de ropa que puedes manchar antes de llevar a cabo la investigación.

Planificación

¿Cómo podemos medir la eficacia limpiadora de cada detergente?

Piensa qué variables necesitas medir y en los instrumentos que precisas. Puedes usar cualquier tipo de material e instrumentos de los que hay en el laboratorio.

¿Cuáles crees que son las variables que pueden afectar a la eficacia del detergente y que, por tanto, deben ser controladas o mantenidas constantes en las dos pruebas?

Haz un informe en tu libreta de cómo llevarás a cabo la investigación y muéstralo a tu profesor o profesora.

Realización

Realiza la investigación .

Recoge las medidas con el máximo de exactitud y precisión que puedas.

Toma nota en tu libreta de todas las medidas realizadas.

Comunicación de resultados

Escribe un informe sobre tu investigación, indicando claramente el resultado que has obtenido.

Comentario para el profesorado

En esta investigación, la variable dependiente es la eficacia del detergente, y la variable independiente, el tipo de detergente. La primera es una variable continua que puede medirse a partir del mayor o menor grado de eliminación de la mancha que hemos hecho en un trozo de ropa. La segunda es una variable categórica o discreta (el detergente A o el detergente B). Las variables que hay que controlar son muchas: el tipo de suciedad de la mancha, la intensidad de la mancha, el tipo de tejido que se mancha, la concentración de la solución del detergente (cantidad de detergente en relación a la cantidad de agua), la temperatura a la cuál se efectúa el lavado, el grado de agitación (que puede ser simplemente nulo en ambos casos) y el tiempo de lavado.

Implementación en el aula

Las fases descritas comportan la programación de un mínimo de dos, tres o cuatro sesiones de trabajo, según la complejidad de la investigación propuesta y la decisión de realizar o no una prueba escrita de evaluación final.

Una *primera sesión* o media sesión en el aula, según la complejidad de la investigación propuesta, para presentar el objetivo de la investigación y dejar que los alumnos por parejas o en grupos de a tres decidan cuál es el procedimiento que van a seguir y cuál es el material que precisan, lo escriban en su cuaderno y lo discutan con el profesor o la profesora. En general, es conveniente realizar una breve puesta en común con todo el grupo-clase antes de iniciar la investigación.

Una *segunda sesión*, en el laboratorio, para la realización de la experiencia, la toma de medidas y el inicio del tratamiento de los datos (cálculos, gráficos, etc.). Esta sesión, es conveniente poderla realizar con la mitad del grupo en el caso que éste exceda de los 20 alumnos.

Una *tercera sesión*, de nuevo en el aula, para la finalización de cálculos y gráficas, la comparación de resultados entre grupos, en el caso que sea preciso, y la evaluación de los resultados. También para la redacción de un informe escrito, con la ayuda del profesor/a y la comunicación oral de la investigación realizada por parte de uno de los grupos (el grupo al que se solicita varía de una investigación a otra).

La evaluación de la investigación realizada por cada grupo y estudiante es realizada a través de la observación de su trabajo durante las fases de planificación y realización, del informe escrito personal (en el cuaderno de trabajo) y de la comunicación oral (en las ocasiones que sea requerida).

Para ilustrar el proceso descrito se presentan dos ejemplos de investigaciones que se pueden llevar a cabo en secundaria (cuadro 1 y 2).

Cuadro 2. Ejemplo de investigación en la ESO

¿Cómo varía la "botabilidad" de una pelota de squash?

Objetivo

Si has jugado alguna vez a *squash*, habrás observado que la pelota bota mejor después de haber jugado durante un rato. ¿A qué crees que puede ser debido este hecho? Es posible que se deba al calentamiento o aumento de la temperatura de la pelota. Se trata de realizar una investigación para comprobar esta hipótesis y, en caso afirmativo, saber cómo varía la "botabilidad" con la temperatura.

Planificación

¿Cómo podemos medir la "botabilidad" de la pelota?

¿Cómo podemos variar y medir la temperatura de la pelota antes de realizar cada medida de botabilidad?

¿En qué intervalo de temperaturas vamos a realizar las medidas de botabilidad? ¿Qué número de medidas es el más adecuado? ¿Cuál es el incremento de temperatura más adecuado entre medida y medida?

Haz un informe en tu libreta de cómo llevarás a cabo la investigación y muéstralo a tu profesor o profesora.

Realización

Realiza la investigación.

Recoge las medidas con el máximo de exactitud y precisión que puedas.

Toma nota en tu libreta de todas las medidas realizadas.

Representa gráficamente la medida de la "botabilidad" en función de la temperatura.

Comunicación de resultados

Escribe un informe sobre tu investigación, indicando claramente el resultado que has obtenido.

Comentario para el profesorado

En esta investigación, la variable dependiente es la botabilidad de la pelota de *squash*. Ésta puede medirse midiendo la altura del rebote de la pelota una vez que se ha dejado caer desde cierta altura. También podría estimarse la botabilidad contando el número de rebotes. La temperatura de la pelota puede variarse sumergiéndola en un vaso con agua y calentando el agua con un mechero. Su temperatura puede medirse indirectamente midiendo la temperatura del agua del baño mediante un termómetro. Si medimos la botabilidad mediante la altura del rebote, las variables que hay que controlar

o mantener constantes de una experiencia a otra son las siguientes: la altura desde donde se deja caer la bola, la forma como se deja caer la pelota (no darle ningún impulso), el tipo de superficie donde se deja caer. Por último, si se quiere que la medida de la botabilidad no venga afectada de un gran error, dada la pequeña botabilidad inicial de la pelota, es necesario dejarla caer desde una altura de 1 metro como mínimo.

Si se desea comparar los resultados alcanzados con diferentes tipos de pelotas (las hay de más rápidas y de más lentas), es preciso fijar la misma altura de caída para todos los grupos, o bien utilizar como variable el porcentaje de recuperación después del bote.

Grado de apertura y factores que inciden en la dificultad de una investigación

El grado de apertura de una investigación (Lock, 1990; Caamaño, 1992; Watson, 1994) depende de la forma como se presenta el enunciado, de la diversidad de estrategias que pueden seguirse para resolver el problema planteado, de las posibles soluciones y del grado de dirección o nivel de ayuda dado por el profesor o profesora.

La dificultad de las investigaciones planteadas depende de una serie de factores (Qualter y cols., 1990; Jones y cols., 1992; Grau, 1994), entre los que se cuenta:

La manera como se presenta la investigación o se enuncia el problema que hay que resolver. Por ejemplo, según el lenguaje utilizado (científico o cotidiano), según se hagan más o menos explícitas las variables que han de ser medidas, o según se indique o no el material que se precisa.

El número y tipo de variables que intervienen, entendiéndose que la dificultad es mayor en el caso de variables continuas que en el de variables categóricas.

El número de variables por controlar.

La carga conceptual necesaria para comprender y resolver el problema.

La complejidad de las medidas y de los instrumentos de medida.

El contexto en el que se plantea la investigación.

Obviamente, la dificultad de cualquier investigación puede ser graduada mediante la ayuda prestada en cada momento por el profesor o profesora, bien sea oralmente o por medio de hojas de ayuda, que den pistas o sugerencias sobre el procedimiento que hay que seguir.

Trabajos prácticos abiertos en el bachillerato

El carácter abierto de las investigaciones propuestas para cursos de la ESO, cabría pensar que no pueden ser de aplicación para los trabajos prácticos en el bachillerato, con objetivos más ligados a los aspectos teóricos del curso y, como consecuencia, con una carga conceptual más elevada. Nada más lejos de la realidad. De hecho, los ejemplos que a continuación proponemos son resultado de la experiencia de transformar los tradicionales trabajos prácticos cerrados que se acostumbra realizar en los cursos de química del bachillerato en trabajos abiertos, donde son los estudiantes los que piensan cómo resolver el problema planteado y planifican el procedimiento que hay que seguir. Por razones de espacio, no podemos reproducir en su totalidad la hoja-guía del ejemplo que se aporta, sino tan sólo el objetivo, la primera fase de planificación y los comentarios para el profesorado. La dificultad conceptual de éste y del resto de ejemplos que se proponen es mucho mayor que la de los ejemplos de investigaciones para la ESO, lo que hace imprescindible una mayor interacción profesor-alumnos en la fase de planificación y realización de las investigaciones.

Mostramos un ejemplo de investigación que se puede efectuar en la clase de química del bachillerato (cuadro 3).

Algunas propuestas más

Otros trabajos prácticos abiertos experimentados han sido:

¿Cómo se puede determinar el grosor de las moléculas de un líquido que es inmiscible en agua?

¿Cómo se puede determinar la constante de Avogadro mediante la medida del grosor de la capa de un líquido monomolecular inmiscible en agua?

¿Cómo podemos comparar fácilmente la viscosidad de varios líquidos e investigar si existe alguna relación con la intensidad de las fuerzas intermoleculares?

¿Cómo podemos comparar experimentalmente la entalpía de combustión de varios alcoholes?

¿Cómo podemos determinar el porcentaje de ácido acético que contiene un vinagre?

¿Cómo podemos determinar la masa de Fe^{2+} que contiene una pastilla de ferrogradumet (que contiene sulfato de hierro (II))?

Obviamente, muchos de los métodos necesarios para resolver las cuestiones que se plantean en las investigaciones propuestas presentan aspectos complejos que deberán ser facilitados por el profesor, pero el interés del planteamiento abierto de estos trabajos no está en su resolución total por parte del alumnado, sino en permitirle pensar sobre una serie de cuestiones (métodos, dispositivos, sustancias, concentración de las disoluciones, número de medidas por realizar, etc.) que es preciso decidir para llevar a cabo la investigación, antes de que el profesor pueda aportar una posible solución.

Para asegurarse de la comprensión del procedimiento y de los cálculos realizados por cada uno de los alumnos, y motivar una implicación individual del estudiante en la comprensión de la investigación realizada en parejas, pueden utilizarse, como estrategia de evaluación adicional, las citadas anteriormente, una pequeña prueba escrita que suponga resolver por escrito el tratamiento de datos de una investigación análoga a la realizada, pero con datos simulados, en la que se puede pedir también la explicación del procedimiento experimental que se ha de seguir para obtener los datos proporcionados.

Cuadro 3. Ejemplo de investigación en el bachillerato

¿Cómo se puede determinar la masa molecular relativa de un líquido volátil?

Objetivo

La determinación de la fórmula molecular de una sustancia molecular, una vez conocida su fórmula empírica, requiere la determinación de su masa molecular relativa. Se trata de idear un método para determinar la masa molecular de una sustancia volátil, como por ejemplo, el alcohol etílico. Estas sustancias pueden ser vaporizadas fácilmente, con lo que el problema planteado pasa a ser la determinación de la masa molecular de un vapor.

Comentario para el profesorado sobre el procedimiento que se puede utilizar

Un líquido volátil puede ser vaporizado totalmente si lo calentamos por encima de su temperatura de ebullición (temperatura de ebullición del alcohol = 78,5 °C).

Método A

De acuerdo con el modelo de un gas ideal, volúmenes iguales de dos gases diferentes contienen el mismo número de moléculas (hipótesis de Avogadro). Por tanto, la relación entre las masas de estos volúmenes iguales es la misma que la relación entre las masas de las moléculas de cada gas. Para realizar la comparación, se puede utilizar un mismo erlenmeyer, que se pesa previamente, y en el cual se coloca una pequeña cantidad de alcohol etílico. Luego se sumerge en un vaso con agua hirviendo y se espera a que todo el líquido se haya evaporado. La boca del *erlenmeyer* puede taparse con papel de aluminio y realizar un pequeño orificio con una aguja, que permita la salida del vapor hasta que todo el volumen del erlenmeyer quede ocupado por vapor del alcohol a la presión atmosférica. Entonces, se retira el *erlenmeyer* del baño de agua y se deja enfriar. El vapor condensará. Se vuelve a pesar el *erlenmeyer*, y la diferencia respecto de su masa cuando estaba vacío nos dará la masa del vapor condensado. A continuación se repite la experiencia con otro líquido volátil, como la acetona, de masa molecular conocida.

Método B

Se trata de realizar la misma experiencia, pero sólo con el alcohol etílico. En este caso es preciso medir el volumen interior del *erlenmeyer*, la temperatura del vapor (100 °C) y la presión atmosférica, y utilizar la ecuación de estado de los gases ideales para calcular la masa molar, M , del vapor ($pV = nRT$, $n = m/M$). La masa molar del vapor coincide numéricamente con su masa molecular relativa.

Planificación

¿Qué propiedad característica de un gas está relacionada con la masa de sus moléculas? Si volúmenes iguales de dos gases ideales contienen el mismo número de moléculas a igual presión y temperatura (hipótesis de Avogadro), ¿qué relación debe haber entre la masa de estos volúmenes iguales de estos dos gases y las masas de sus moléculas? Para ayudarte a responder puedes visualizar la situación haciendo un dibujo de dos gases diferentes encerrados en dos recipientes de igual volumen, en el que se represente un mismo número de moléculas de cada uno de ellos.

Piensa cómo podemos calcular la masa molecular del alcohol etílico mediante la comparación de la masa de dos volúmenes iguales de vapor: uno, de alcohol etílico, y otro, de un líquido volátil (por ejemplo, acetona) de masa molecular conocida.

¿Qué método podemos utilizar para volatilizar un líquido volátil y disponer de un volumen determinado del vapor a presión atmosférica?

¿Qué recipiente podemos utilizar para volatilizar el líquido? ¿Cómo podemos hacer para que el vapor producido salga poco a poco del recipiente y, finalmente, quede todo el recipiente lleno de vapor a la presión atmosférica, sin que entre aire de nuevo?

Si a continuación repetimos la experiencia con acetona, ¿el volumen, la temperatura y la presión del vapor de la acetona será la misma?

Valoración de la propuesta de trabajos abiertos en los cursos de formación

La propuesta de utilización de trabajos abiertos con estudiantes de la ESO y del bachillerato ha recibido una acogida excelente en los cursos de formación realizados, una vez el profesorado asistente ha tenido la oportunidad de plantearse ellos mismos determinadas investigaciones y planificarlas y realizarlas en el modo que se pretende que las hagan los estudiantes en las clases prácticas.

Se ha observado que la parte que requiere mayor entrenamiento del profesorado es la redacción de las hojas-guía de las investigaciones, donde se plantea el problema por resolver, se sugieren posibles ayudas sobre las estrategias de resolución, se recuerdan las fases a través de las cuales debe procederse (planificación, realización y comunicación) y se plantean para cada una de ellas preguntas sobre las variables a medir, los cálculos a realizar y los resultados a obtener. Para una redacción adecuada de estas hojas-guía, es importante tener una visión clara de los objetivos que se pretende alcanzar, de las hipótesis y métodos que se pueden utilizar para resolver el problema, así como tener la habilidad necesaria para escribir de forma ágil y bien estructurada la secuencia de cuestiones que deben plantearse a los alumnos.

La redacción de estas hojas-guía por parte del profesorado debe siempre efectuarse después de la realización de la investigación. La mejora progresiva del redactado mediante la discusión y la ayuda de un profesor experto (formador) y la comparación final de las hojas elaboradas por cada uno de los profesores (mediante el uso del ordenador y el correo electrónico) han sido estrategias utilizadas con éxito en los cursos de formación realizados.

El otro aspecto básico de la formación, que es adquirir confianza en cómo presentar y llevar a cabo este tipo de trabajos prácticos con los estudiantes en el aula y el laboratorio, puede conseguirse mediante la vivencia propia de investigaciones planteadas y realizadas en los cursos de formación del mismo modo en que luego serán realizadas en el aula.

Hemos hablado de:

Educación
Trabajos prácticos
Investigación
ESO
Bachillerato
Ciencias experimentales
Didáctica

Bibliografía

APU (Assessment Performance Unit) (1984): Science report for teachers, 2. London. ASE.

CAAMAÑO, A. (1992): "Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación" en Aula de innovación educativa, n. 9, p. 61.

CARRASCOSA, J. (1995): "Trabajos prácticos de física y química como problemas" en Alambique, n. 5, p. 67.

DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT (2001): Material de suport: Curs de Treballs pràctics de química al Batxillerat. Cursos 2000-2001 y 2001-2002 (versión revisada en fase de publicación).

GIL, D.; VALDÉS, P. (1996): "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo" en Enseñanza de las Ciencias, 17, n. 2, pp. 311-320.

GOTT, R.; WELFORD, G.; FOULDS, K. (1988): The Assessment of Practical Work in Science (APWIS). Oxford. Blackwell.

GRAU, R. (1994): "¿Qué es lo que hace difícil una investigación?" en Alambique, n. 2, p. 27.

JONES, A.T., y cols. (1992): Open Work in Science: Development of investigations in Schools. OPENS Project. King's College, ASE. London.

LOCK, R. (1990): "Open-ended problem solving investigations" en School Science Review, n. 71, 256, p. 63.

OLDSWORTHY, R.; WATSON, R., y cols. (2001): AKSIS Project. Hatfield. ASE.

QUALTER, A., y cols. (1990): Exploration. A way of learning science. Oxford. Blackwell Education.

WATSON, R. (1994): "Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias" en Alambique, n. 2, p. 57.

Dirección de contacto

Aureli Caamaño
IES Barcelona-Congrés acaamano@pie.xtec.es