

A\*

## ¿Cómo introducir la indagación en el aula?

### Los trabajos prácticos investigativos

Aureli Caamaño

Centro de Documentación  
y Experimentación en Ciencias. Barcelona.

Este artículo describe las características de los trabajos prácticos investigativos y el modo de llevarlos a cabo en el aula a través de las etapas de planteamiento del problema, planificación del método de resolución, realización experimental, evaluación del resultado y comunicación. Se distinguen dos tipos de investigación, uno para resolver un problema práctico y otro para resolver un problema teórico. Ambos tipos conducen a una comprensión procedimental de la ciencia, pero el segundo es esencial en la elaboración de modelos científicos escolares.

#### **How to bring enquiry into class: practical research work**

This article describes the features of practical experimental work and how to carry it out in class through stages of problem planning, resolution-method planning, experimental work, assessing results and communicating. Two kinds of research are distinguished: one to solve a practical problem, and the other to solve a theoretical problem. Both kinds lead to a procedural understanding of science, but the second one is key in preparing school science models.

Palabras clave: indagación, investigación, trabajos prácticos investigativos, procedimientos, aprendizaje holístico.

Keywords: enquiry, research, practical research work, procedures, holistic learning.

El enfoque indagativo en la enseñanza de las ciencias tiene una larga tradición (Carrascosa, 1995; Gil y Valdés, 1996; Martins 2002; Garritz e Irazoque, 2004). Recientemente ha aumentado el interés por esta estrategia didáctica. Así, la indagación en la enseñanza de las ciencias ha estado en el centro de los debates llevados a cabo en diversos seminarios internacionales, como el seminario *Inquiry in Science Education: International Perspectives* (Abd-El-Khalick y otros, 2004) y el seminario que tuvo lugar el 2005 en Leeds (Grandy y Duschl, 2007). En 2007 la Comisión Europea publicó el documento *Science Education now. A renewed pedagogy*

*for the future of Europe* (Rocard, 2007), en el que se propone enseñar ciencias mediante la indagación, con la finalidad de combatir la desmotivación actual de los estudiantes en relación con la ciencia. Ese mismo año la revista *ALAMBIQUE* dedicó un monográfico al tema de enseñar y aprender investigando (Cañal, 2007) y más recientemente, en el 2011, en el monográfico «Enseñar química hoy», ha abordado el enfoque indagativo en dos artículos sobre la enseñanza de la química (Caamaño, 2011; Mas, 2011).

Existen distintos modos de introducir la indagación o investigación en el aula. Un primer



El aprendizaje de los procedimientos de la ciencia en la escuela es uno de los objetivos presentes en cualquier currículo

modo es la realización de una serie de trabajos prácticos investigativos a lo largo del desarrollo de la asignatura. Otra forma, más ambiciosa, es la elaboración y uso de secuencias didácticas con enfoque indagativo. Por último, si la estructura curricular lo permite, pueden realizarse trabajos de investigación individuales o en grupo al final de una etapa educativa, como la ESO o el bachillerato. Por otro lado, la resolución del problema planteado puede precisar buscar información en diferentes fuentes, no necesariamente experimentales, o bien basarse nada más en los resultados de la experimentación realizada en el laboratorio o en el campo. En este artículo nos referiremos únicamente a trabajos prácticos investigativos de carácter experimental realizados en el laboratorio.

### ■ Las actividades de investigación suponen un aprendizaje holístico de los procedimientos

Los trabajos prácticos investigativos o investigaciones son actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar de un modo que tiene similitudes con el utilizado por los científicos en la resolución de problemas, de familiarizarse con el trabajo científico y de adquirir una comprensión procedimental de la ciencia, al utilizar las destrezas y procedimientos propios de la indagación científica en un marco escolar.

En efecto, para investigar es preciso hacer uso de una serie de procedimientos científicos. El aprendizaje de estos procedimientos de la ciencia

en la escuela es uno de los objetivos presentes en cualquier currículo. Ahora bien, este aprendizaje ha venido realizándose mediante dos concepciones diferentes:

- Una *concepción atomística o analítica*, que defiende la necesidad de realizar ejercicios prácticos diseñados específicamente para el aprendizaje de cada uno de los procedimientos de la ciencia (observación, clasificación, emisión de hipótesis, experimentación, interpretación de datos, etc.), antes de abordar la realización de investigaciones.
- Una *concepción holística o integrada*, que considera que el alumnado debe realizar desde el principio investigaciones, en el transcurso de las cuales aprenderá los procedimientos básicos de la actividad científica.

La *visión atomística* supone que podemos crear el todo por combinación de una serie de componentes. En cambio, la *visión holística* integra el aprendizaje de los procedimientos en actividades globales de resolución de problemas. En nuestra opinión, la perspectiva atomística en el aprendizaje de los procedimientos puede ser útil en un primer estadio (por ejemplo, para el aprendizaje del manejo de instrumentos y de técnicas), pero la comprensión procedimental de la ciencia se capta mejor desde una perspectiva holística, por otro lado más motivadora (Caamaño, 2012). Y esta perspectiva holística solo se consigue realizando investigaciones.

La *visión holística* integra el aprendizaje de los procedimientos en actividades globales de resolución de problemas



## ■ Etapas de una investigación

Una investigación transcurre a través de una serie de etapas o fases, que se muestran en el cuadro 1.

Las investigaciones pueden realizarse con la ayuda de un guión abierto que guíe la realización de cada una de las etapas de la actividad. Estos guiones pueden venir acompañados de hojas de ayuda para los estudiantes y de unas orientacio-

nes didácticas para el profesorado. Su mayor utilidad reside en sugerir las cuestiones que el docente puede plantear a sus alumnos para planificar la investigación de forma dialogada (Caamaño y Corominas, 2004; Caamaño, 2005).

Es evidente que cabe una variedad de grados de apertura y de formas de utilización de estos guiones, según el tipo y complejidad de las investigaciones propuestas y el grado de conocimiento conceptual y procedimental

### Etapas de una investigación

#### Planteamiento del problema

En la fase de planteamiento del problema el profesor plantea y contextualiza el problema que se debe resolver.

#### Planificación inicial

En la fase de planificación inicial se requiere que los estudiantes conceptualicen el problema y lo reformulen, modelicen la situación, emitan hipótesis, piensen en el método general de resolución del problema planteado y decidan cuáles son las variables significativas que deberán ser medidas. Según la dificultad del problema planteado pueden recibir más o menos ayudas.

#### Planificación del método de resolución

En esta fase se debe diseñar el procedimiento de contrastación de hipótesis. En el caso de tratarse de una investigación que implique hallar una relación entre variables, los estudiantes, con la ayuda del docente, deben decidir:

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

#### Realización

La fase de realización implica el montaje experimental, las medidas y el tratamiento numérico, gráfico o informático de los datos obtenidos. En el caso de una investigación no experimental, implica llevar a cabo el proceso de contrastación de hipótesis por observación, elaboración de encuestas, etc.

#### Evaluación del resultado

La fase de evaluación consiste en la valoración del resultado o resultados obtenidos y el análisis de su plausibilidad, comparando los resultados obtenidos por los diferentes grupos y con valores de la bibliografía.

#### Comunicación

La fase de comunicación implica la redacción de un informe sobre la investigación realizada y, siempre que sea posible, su comunicación oral.

Cuadro 1. Etapas de una investigación



de los estudiantes. El grado de apertura de una investigación influye en la dificultad para llevar a cabo la investigación. Saber cuáles son los factores que hacen más difícil una investigación es una cuestión importante, ya que tener una respuesta a esta cuestión significa poder graduar la dificultad de las investigaciones que proponemos a nuestros alumnos y, por tanto, introducir una cierta progresión en estas actividades (Qualter y otros, 1990; Grau, 1994; Gott y Duggan, 1995).

### ■ Investigaciones para resolver problemas teóricos y para resolver problemas prácticos

Las investigaciones siempre contribuyen al aprendizaje de los procedimientos de la ciencia, pero pueden también ser usadas para obtener conocimiento conceptual en la elaboración de un modelo científico escolar. Esta diferencia de finalidad puede ser apreciada más fácilmente si clasificamos estas actividades en función de la naturaleza del problema, práctico o teórico, que se quiere resolver (Caamaño, 2003, 2004).

#### ■ Investigaciones para resolver problemas prácticos

Son investigaciones que plantean problemas de interés generalmente en el contexto de la vida cotidiana. Estas investigaciones no van dirigidas especialmente a la obtención de conocimiento teórico y se relacionan más fácilmente con aspectos CTS (ciencia-tecnología-sociedad) del currículo. Por ejemplo, «¿Qué tejido de entre varios abriga más?» o «¿Qué detergente de entre varios es el más eficaz?» son cuestiones que darían lugar a investigaciones de este tipo. En ellas el énfasis se pone más en la compren-

Saber cuáles son los factores que hacen más difícil una investigación es una cuestión importante, significa poder graduar la dificultad de las investigaciones que proponemos a nuestros alumnos y, por tanto, introducir una cierta progresión en estas actividades

sión procedimental de la ciencia, es decir, en la planificación y realización de investigaciones, que en la obtención de conocimiento conceptual. Sin embargo, ello no significa que la percepción del problema y la planificación de su resolución no conlleve una determinada visión conceptual.

#### ■ Investigaciones para resolver problemas teóricos

Son investigaciones que plantean problemas de interés en el marco de una teoría. El problema para resolver puede provenir de una hipótesis o de una predicción realizada en el desarrollo de un modelo científico escolar o bien de la necesidad de conocer determinadas propiedades de las entidades del modelo. Las preguntas «¿Cómo varía la presión al reducir el volumen de un gas?», «¿Cuál es la masa atómica relativa de un elemento?» y «¿Cuál es la carga eléctrica de un determinado ión?» serían ejemplos de este tipo de investigaciones en el marco de la construcción del modelo cinético-corpúscular de los gases, del modelo atómico-molecular de la materia y del modelo iónico de las soluciones de los electrolitos, respectivamente.

A continuación ilustraremos mediante ejemplos estos dos tipos de investigaciones.



## Una investigación para resolver un problema práctico: ¿qué tejido abriga más?

En el cuadro 2 se muestra una secuencia de cuestiones que puede utilizarse para guiar la investigación «¿Qué tejido abriga más?», apropiada para 3.º o 4.º de ESO. En ella pueden observarse las diferentes fases a través de las cuales se desarrolla la investigación. La secuencia de cuestiones de las fases de planificación es muy útil para guiar el diálogo profesor-alumnado que debe conducir a la elaboración conjunta del procedimiento de resolución.

### ¿Qué tejido abriga más?

#### Planteamiento del problema

Disponemos de tres muestras de tejidos (pueden ser de algodón, de lana, acrílico, etc.) de diferente grosor y querríamos saber cuál de ellos es más adecuado para confeccionar un abrigo. Se trata de aplicar un método experimental para averiguar qué muestra de tejido es la más adecuada.

#### Planificación inicial: modelización

Piensa y discute con tus compañeros de clase cómo puedes modelizar la situación y qué tipos de pruebas y medidas debes llevar a cabo para decidir cuál es el mejor tejido para abrigarse en un día frío.

Puedes utilizar el siguiente material: una lata vacía abierta por arriba, agua, un termómetro, las muestras de tejidos, unas tijeras, gomas elásticas, etc.

Para modelizar la situación se puede llenar la lata con agua y utilizar las muestras de tejido para envolver la lata.



#### Planificación: diseño del método experimental

¿Qué método experimental seguirás para averiguar qué tejido tiene más capacidad de aislamiento térmico? Ayúdate con dibujos para explicarlo.

- Para que el método que elijas te permita diferenciar correctamente la capacidad de aislamiento térmico de cada muestra de tejido, conviene que te plantees y respondas las siguientes preguntas:
- ¿Hay que utilizar el mismo volumen de agua en cada prueba?
- ¿Hay que calentar el agua a la misma temperatura?
- ¿Es necesario que la temperatura exterior sea la misma?
- La superficie del tejido que sirve de abrigo a la lata, ¿debe ser la misma?
- Redacta el método experimental definitivo que piensas seguir, indicando cada una de las acciones que llevarás a cabo; ayúdate con dibujos.

#### Realización

- Realiza las medidas para cada muestra de tejido. Si dispones de tres latas y de tres termómetros, puedes hacerlo de forma simultánea para los tres tejidos.
- Mide con la máxima exactitud y precisión que puedas.
- Toma nota en tu libreta de todas las medidas realizadas y lleva a cabo el tratamiento de los datos que sea preciso.



**Evaluación del resultado**

- ¿Cuál es la conclusión? ¿Cuál es la muestra de tejido más aislante térmicamente?
- Compara tu resultado con el obtenido por otros grupos.
- ¿Es plausible el resultado que has obtenido dada la naturaleza del tejido y su grosor?

**Comunicación de la investigación**

Escribe un informe de tu investigación en tu cuaderno siguiendo el siguiente esquema de apartados: objetivo de la investigación, fundamento del método, procedimiento experimental, resultados obtenidos, conclusión.

**Cuadro 2. Una investigación para resolver un problema práctico: ¿qué tejido abriga más?****Comentarios didácticos**

La cuestión «¿Qué tejido abriga más?», al ser planteada en un lenguaje coloquial, es muy útil para hacer aflorar una concepción alternativa frecuente que considera que un abrigo nos proporciona calor. Aquellos estudiantes que piensan de esta manera diseñan el método experimental de la siguiente forma: «Se coloca agua a temperatura ambiente en la lata, se reviste la lata con el tejido y se espera a que la temperatura del agua aumente». Conciben, pues, el tejido como un elemento que proporciona calor en lugar de como un material que aísla térmicamente.

En esta investigación la variable dependiente es la capacidad aislante térmica de la muestra de cada tejido y la variable independiente es la muestra de tejido. La primera es una variable continua, la segunda es una variable categórica o discreta. Para medir la primera, podemos optar por:

- Medir la disminución de temperatura del agua que se produce en un determinado intervalo de tiempo, el mismo para todas las latas.
- Medir el tiempo que tarda la temperatura en disminuir un determinado valor.
- Medir la temperatura del agua durante un intervalo amplio de tiempo y representar gráficamente la temperatura en función del tiempo.

Las variables que se deben controlar son: la masa de agua en la lata, la temperatura inicial del agua, la temperatura externa, la superficie de la tela que envuelve la lata. También se debe decidir si se aísla la lata por la base y por la parte superior, además de hacerlo lateralmente. Lo que se decida debe aplicarse por igual a las tres latas. Obsérvese que la investigación nos permite averiguar cuál es la muestra de tejido que abriga más, pero no cuál es el tipo de tejido que abriga más, para lo cual sería preciso controlar también el grosor de los tejidos.

**Para resolver un problema teórico: ¿cuál es el tamaño de una molécula de ácido oleico?**

En el cuadro 3 se muestra una secuencia de cuestiones que puede utilizarse para guiar la investigación «¿Cuál es el tamaño de una molécula de ácido oleico?», apropiada para el desarrollo del modelo atómico-molecular de la materia en un primer curso de bachillerato.



### ¿Cuál es el tamaño de una molécula de ácido oleico?

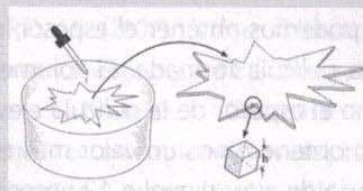
#### Planteamiento del problema

En grupos de dos o tres alumnos, pensad y discutid cuál podría ser el método que podría servir para estimar el tamaño de una molécula de ácido oleico. Tened en cuenta que el ácido oleico es una sustancia líquida que si se vierte sobre el agua puede formar una película monomolecular en su superficie.

- ¿Por qué el ácido oleico es un líquido adecuado para formar una película monomolecular sobre el agua?

#### Planificación inicial: modelización

Si conseguimos formar una película monomolecular sobre el agua, y medimos el volumen vertido,  $V$ , y la superficie de la película,  $S$ , podemos estimar el espesor de la película o altura de las moléculas,  $h$ , a través de la relación:  $h = V / S$ . Suponiendo que las moléculas son cúbicas, el volumen de una molécula sería igual a  $V_{\text{molécula}} = h^3$ .



#### Planificación: diseño del método experimental

El diseño experimental de esta investigación requiere hacerse una serie de preguntas. Plantéatelas e intenta encontrarles respuesta.

- ¿Cómo se puede verter una cantidad tan pequeña de ácido oleico que asegure que se forma una película monomolecular?
- ¿Cómo podemos estar seguros de que la capa es monomolecular?
- ¿Cómo podemos medir el volumen de la gota vertida?
- ¿Cómo podemos visualizar mejor la película formada?
- ¿Cómo podemos determinar con precisión la superficie de la película?

#### Realización

- Realiza la experiencia y mide el volumen de la gota vertida y la superficie de la película formada.

#### Resultado y cálculos

- Calcula a partir de las medidas tomadas el volumen de una molécula de ácido oleico.

#### Evaluación del resultado

- Compara tu resultado con las dimensiones de la molécula de ácido oleico que puedas encontrar en la bibliografía o en Internet.

#### Comunicación de la investigación

- Escribe un informe de tu investigación siguiendo el siguiente esquema: objetivo de la investigación, fundamento del método, procedimiento experimental, resultados obtenidos, conclusión.

**Cuadro 3.** Una investigación para resolver un problema teórico: ¿cuál es el tamaño de una molécula de ácido oleico?



### Comentarios didácticos

Para estar seguros de que la película es monomolecular, ésta no debe tocar los bordes del recipiente que contiene el agua. Para que esto ocurra así necesitaríamos dejar caer una gota mil veces más pequeña que la que proporciona un cuentagotas. Para solucionar este problema puede utilizarse una solución de ácido oleico en etanol de concentración en masa 1 g/L aproximadamente. El etanol es soluble en el agua y se evapora fácilmente, por lo que no formará parte de la película. A partir del volumen de la gota de solución vertida y de su concentración, se puede calcular el volumen de ácido oleico puro que formará la película.

Si consideramos que la película de ácido oleico formada tiene forma de cilindro o prisma aplanado, podemos obtener el espesor, dividiendo el volumen del ácido oleico vertido por la superficie de la película formada. El volumen de una molécula de ácido oleico puede entonces estimarse como el espesor de la película elevado al cubo, si consideramos que estas moléculas son cúbicas, pero obtendremos un valor más exacto si suponemos que la molécula se asemeja a un paralelepípedo de altura igual a 12 veces la longitud de la base.

### ■ A modo de conclusión

La realización de actividades investigativas y su planificación de forma dialogada entre el profesor y el alumnado es una actividad altamente recomendable en la enseñanza de las ciencias. Su utilización contribuye a la comprensión procedimental de la ciencia y constituye, además, un elemento fundamental en la elaboración de modelos científicos escolares. Su efectividad es mayor si se integran en unidades didácticas con un enfoque indagativo.

### Referencias bibliográficas

- ABD-EL-KHALICK, F. y otros (2004): «Inquiry in Science Education: International Perspectives». *International Journal of Science Education*, vol. 38(3), pp. 397-419.
- CAAMAÑO, A. (2003): «Los trabajos prácticos en ciencias», en JIMÉNEZ, M.P. y otros: *Enseñar Ciencias*. Barcelona. Graó.
- (2004): «Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos?».

*Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 39, pp. 8-19.

- (2005): «Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes». *Educación Química*, vol. 16(1), pp. 10-19.
- (2011): «Enseñar química a través de la contextualización, la indagación y la modelización». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 69, pp. 21-34.
- (en prensa): «La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos», en PEDRINACI, E. (coord.): *11 Cuestiones clave sobre la adquisición de la competencia científica*, cap. 6. Barcelona. Graó.
- CAAMAÑO, A.; COROMINAS, J. (2004): «¿Cómo abordar con los estudiantes la planificación de los trabajos prácticos investigativos?». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 39, pp. 52-63.



A\*

NUEVA COLECCIÓN

CAÑAL, P. (2007): «La investigación escolar hoy». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 52, pp. 9-19.

CARRASCOSA, J. (1995): «Trabajos prácticos de física y química como problemas». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 5, pp. 67-76.

GARRITZ, A.; IRAZOQUE, G. (2004): «El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en la química de los polímeros». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 39, pp. 40-51.

GIL, D.; VALDÉS, P. (1996): «La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo». *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 14(2), pp. 155-163.

GOTT, R.; DUGGAN, S. (1995): *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham. Open University Press.

GRANDY, R.; DUSCHL, R.A. (2007): «Reconsidering the character and role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference». *Science & Education*, núm. 16, pp. 141-166.

GRAU, R. (1994): «¿Qué es lo que hace difícil una investigación?». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 2, pp. 27-35.

MARTINS, I. (2002): «Aprender a llevar a cabo

una investigación en los primeros años de escolaridad». *Aula de innovación educativa*, núm. 113-114, pp. 14-17.

MAS, V. (2011): «Enseñanza de la química en secundaria basada en una pedagogía de investigación». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 69, pp. 42-51.

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

ROCARD, M. (2007): *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* [en línea]. Bruselas. Comisión Europea. [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf) [Resumen en castellano en *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 55, pp. 104-120].

## Dirección de contacto

**Aureli Caamaño**

Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias. Barcelona

[aurelicaamano@gmail.com](mailto:aurelicaamano@gmail.com)

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en mayo de 2011 y aceptado en octubre de 2011 para su publicación.