

# Enseñar ciencias

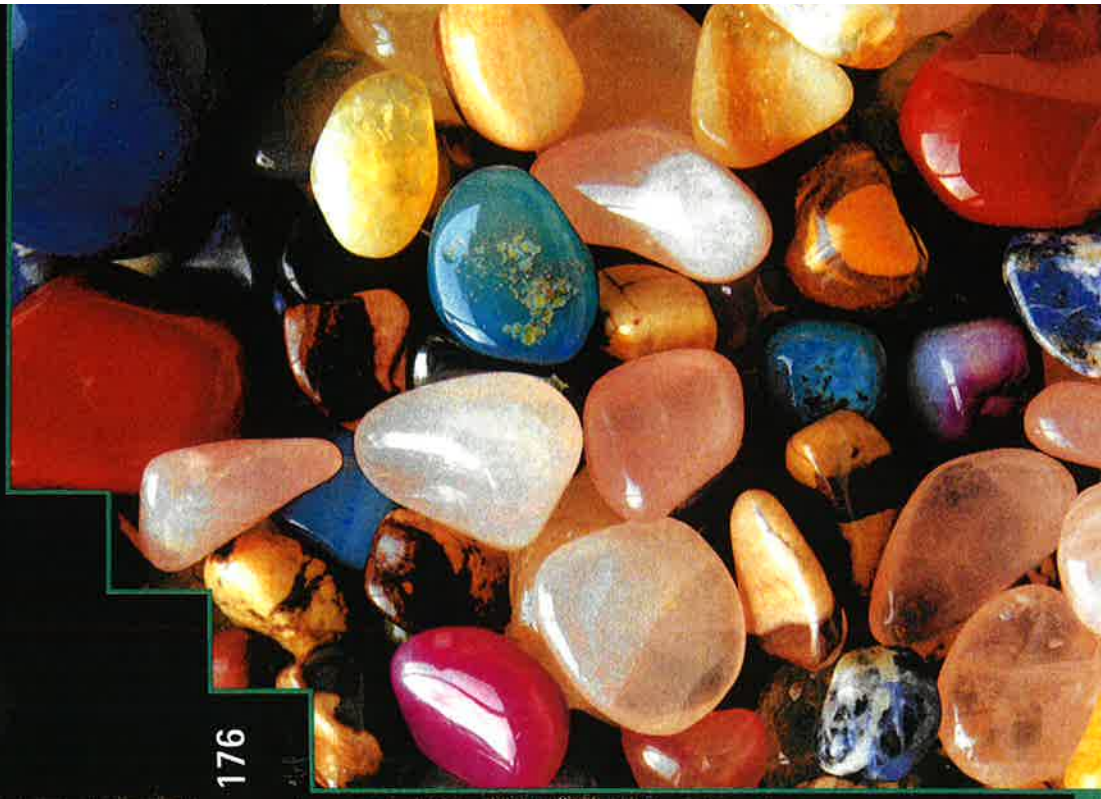
María Pilar Jiménez Aleixandre (coord.), Aureli Caamaño  
Ana Oñorbe, Emilio Pedrinaci, Antonio de Pro

Este libro pretende proporcionar una herramienta de trabajo al profesorado de ciencias de secundaria (sea en formación o en ejercicio) que se enfrenta cada día a retos como enseñar ciencias a toda la población, enseñar unas ciencias cambiantes, lograr que mejore la imagen de las ciencias, conseguir que los estudiantes aprendan a pensar científicamente.

En la primera parte, se abordan cinco cuestiones comunes a las cuatro disciplinas: el trabajo con problemas auténticos en el marco del aprendizaje situado, la construcción del conocimiento y los contenidos de ciencias, la comunicación y el lenguaje en las clases de ciencias, la resolución de problemas y los trabajos prácticos. Los cuatro capítulos de la segunda parte están dedicados a tratar respectivamente la enseñanza y el aprendizaje de la biología, la geología, la física y la química, partiendo de las preguntas clave de cada disciplina y los conocimientos construidos en respuesta a ellas, abordando algunos problemas de aprendizaje detectados por la investigación didáctica y ofreciendo ejemplos de cómo llevar a cabo estas propuestas en las clases de secundaria obligatoria y bachillerato.

El libro combina datos proporcionados por la investigación didáctica con una especial atención a los estudios y propuestas realizados en España, partiendo de la experiencia, tanto de las autoras y autores, como de otros profesores y profesoras en sus clases de ciencias. Aunque la didáctica de las ciencias es un campo reciente en el que el consenso sobre cómo resolver los problemas alcanza aún a pocas cuestiones, se deben aprovechar las ideas y experiencias acumuladas en los últimos años, ponerlas en común, compartir propuestas y soluciones que se han mostrado útiles. Se pretende así proporcionar herramientas que ayuden al profesorado a llevar a cabo la tarea, no por difícil menos apasionante, de enseñar a pensar científicamente, de enseñar ciencias.

176



ISBN: 978-84-7827-285-3



9 788478 272853

# Índice

Introducción: aprender a pensar científicamente, María Pilar Jiménez Aleixandre | 7

## Parte I

1. **El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas, María Pilar Jiménez Aleixandre** | 13  
El conocimiento situado en su contexto: actividades y problemas auténticos | 14  
Comunidades de aprendizaje en la clase de ciencias | 18  
Pensar con conceptos científicos, negociar significados | 22  
El desarrollo de los procedimientos y el trabajo científico | 27  
El desarrollo de actitudes y valores | 30  
Bibliografía comentada | 32
2. **La construcción del conocimiento científico y los contenidos de ciencias, Antonio de Pro Bueno** | 33  
El problema de contenidos en la enseñanza de las ciencias | 34  
¿Qué no son las ciencias? | 35
  - ¿Creemos que la ciencia es empirista? | 36
  - ¿Creemos que la ciencia es sólo racionalista? | 36
  - ¿Creemos que la ciencia es positivista? | 37¿Qué son las ciencias? | 38  
¿Qué conocimientos aportan las ciencias y cuáles de ellos podemos usar en su enseñanza? | 40  
¿Cómo se han construido los conocimientos científicos? | 44  
¿Qué consecuencias podemos extraer para la enseñanza de las ciencias? | 51  
Bibliografía comentada | 53
3. **Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias, María Pilar Jiménez Aleixandre** | 55  
La comunicación en las clases de ciencias: construcción de significados | 56  
Explicaciones en las clases de ciencias | 60  
Comunicación y transformación del discurso | 63
  - Léxico, vocabulario: mecanismos de reformulación | 63
  - Lenguaje figurado: metáforas y analogías | 65
  - El papel de las imágenes en el discurso científico | 66Razonamiento y argumentación: justificar conclusiones con datos | 67  
Comunidades de pensamiento: hablar ciencias y hacer ciencias | 70  
Bibliografía comentada | 71
4. **Resolución de problemas, Ana Oñorbe** | 73  
¿Qué es un problema? Objetivos de la resolución de problemas en ciencias | 73
  - Condiciones de existencia de un problema | 76
  - Tipos de problemas | 77
  - Proceso de resolución | 78La enseñanza tradicional de la resolución de problemas | 79

Serie Didáctica de las ciencias experimentales

© María Pilar Jiménez Aleixandre, Aureli Caamaño, Ana Oñorbe, Emilio Pedrinaci,  
Antonio de Pro

© de esta edición: Editorial GRAÓ, de IRIF, S.L.  
C/ Hurtado, 29. 08022 Barcelona  
[www.grao.com](http://www.grao.com)

1.ª edición: enero 2003

3.ª reimpresión: enero 2009

ISBN: 978-84-7827-285-3

D.L.: B-3275-2009

Diseño de cubierta: Xavier Aguiló

Impresión: Publidisa

Impreso en España

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de ésta por cualquier medio, tanto si es eléctrico como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*. Si necesita fotocopiar o escanear fragmentos de esta obra, diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)).

## Los trabajos prácticos en ciencias

**Aureli Caamaño**

IES Barcelona–Congrés

S.G. Formación Permanente. Departamento de Educación. Generalitat de Catalunya

Los trabajos prácticos constituyen una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias por permitir una multiplicidad de objetivos: la familiarización, observación e interpretación de los fenómenos que son objeto de estudio en las clases de ciencias, el contraste de hipótesis en los procesos de modelización de la ciencia escolar, el aprendizaje del manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio y de campo, la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos y, en definitiva, la comprensión procedimental de la ciencia. A lo largo de este capítulo abordaremos las siguientes cuestiones:

- *¿Cuáles son los diferentes tipos de trabajos prácticos?*  
Se presenta una clasificación de los trabajos prácticos en función de sus objetivos: experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones.
- *¿Cómo se aprenden los procedimientos en la realización de los trabajos prácticos?*  
Se plantea una diferenciación entre destrezas intelectuales, prácticas o experimentales y de comunicación, y se proponen dos aproximaciones posibles para su aprendizaje: la atomística y la holística.
- *¿Cuáles son los objetivos de las experiencias y los experimentos ilustrativos?*  
Se presentan las razones por las que son útiles las experiencias y los experimentos ilustrativos y la importancia del marco conceptual en la interpretación de las observaciones.
- *¿Cuáles son los objetivos y los tipos de ejercicios prácticos?*  
Se diferencia entre ejercicios prácticos para el aprendizaje de procedimientos y los ejercicios prácticos para la determinación de propiedades y comprobación de leyes.
- *¿Qué son las investigaciones, cuál es la mejor forma de aplicarlas en el aula y cuáles son los factores de los que depende su nivel de dificultad?*  
Se abordan las etapas a través de las que se puede realizar una investigación, las fases a través de las cuales se puede aplicar en el aula, el tipo de guiones que sirven para ser presentados a los estudiantes, los factores que condicionan su grado de apertura y las variables que determinan su nivel de dificultad.

## ¿Por qué realizar trabajos prácticos?

Los trabajos prácticos experimentales son considerados una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias por diferentes razones:

- Motivan al alumnado.
- Permiten un conocimiento vivencial de muchos fenómenos.
- Permiten ilustrar la relación entre variables significativas en la interpretación de un fenómeno.
- Pueden ayudar a la comprensión de conceptos.
- Permiten realizar experimentos para contrastar hipótesis emitidas en la elaboración de un modelo.
- Proporcionan experiencia en el manejo de instrumentos de medida y en el uso de técnicas de laboratorio y de campo.
- Permiten acercarse a la metodología y los procedimientos propios de la indagación científica.
- Constituyen una oportunidad para el trabajo en equipo y el desarrollo de actitudes y la aplicación de normas propias del trabajo experimental: planificación, orden, limpieza, seguridad, etc.

A pesar de su valor formativo, algunas son actividades costosas, porque es preciso disponer de materiales, instrumentos de medida y productos adecuados; exigen tiempo para su preparación y requieren cierto conocimiento y experiencia por parte del profesorado para su realización. Por todo ello, no siempre son utilizadas con la frecuencia que sería deseable.

Por otro lado, la experiencia y los resultados de diversas investigaciones muestran que no siempre son efectivas, es decir, que no siempre se consiguen los resultados esperados. Gran parte de sus insuficiencias se atribuyen al carácter cerrado con que se plantean, es decir, a su presentación como un conjunto de instrucciones que los estudiantes deben seguir, sin darles tiempo ni ocasión para que aprecien cuál es el objetivo que persigue la tarea propuesta y cómo puede ser resuelta.

Frente a la manera cerrada de presentar los trabajos prácticos, en este capítulo propondremos una forma abierta en la cual se invita al alumnado a pensar en cómo resolver un determinado problema, es decir, a idear un procedimiento o método de resolución, y a hacerlo explícito oralmente y por escrito antes de iniciar su realización.

## Tipos de trabajos prácticos

No todos los trabajos prácticos cubren los mismos objetivos. Es evidente si revisamos la lista de motivos por los que es importante realizarlos y la comparamos con los objetivos que se pretende alcanzar en muchos de los trabajos realizados en el laboratorio o el campo. Lo primero que se deduce de este análisis es que en la realización de un trabajo práctico están involucradas generalmente varias de las razones citadas. Pero, si profundizamos en los objetivos perseguidos en primer lugar, podremos identificar el trabajo como uno de los cuatro tipos siguientes:

1. **Experiencias:** destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos. Por ejemplo, observar diferentes tipos de hojas, comprobar el tacto de unas rocas, observar lombrices u hormigas en un terrario, sentir la fuerza de una goma elástica al estirarla, ver el cambio de color en una reacción química, oler un gas, observar las imágenes que forman diferentes tipos de lentes, observar el golpeo del oleaje contra un acantilado, observar estratos y pliegues en el campo, etc.
2. **Experimentos ilustrativos:** destinados a ilustrar un principio o una relación entre variables. Suponen normalmente una aproximación cualitativa o semicuantitativa al fenómeno. Por ejemplo, observar la relación entre el aumento de la presión y la disminución del volumen de un gas (ley de Boyle), comprobar cómo aumenta la capacidad erosiva de una corriente de agua al incrementarse la pendiente, observar la relación de proporcionalidad directa entre el voltaje y la intensidad de corriente en determinados materiales (ley de Ohm), observar el efecto de la luz en el crecimiento de las plantas, etc. Muchos de ellos son utilizados por el profesorado como experiencias demostrativas o ilustrativas.
3. **Ejercicios prácticos:** diseñados para aprender determinados procedimientos o destrezas o para realizar experimentos que ilustren o corroboren la teoría. Tienen un carácter especialmente orientado (ejercicio). Según donde se ponga el énfasis en estas actividades, se puede distinguir entre ejercicios prácticos:
  - **Para el aprendizaje de procedimientos o destrezas:** énfasis en el aprendizaje de destrezas:
    - **Prácticas:** realización de medidas, tratamiento de datos, técnicas de laboratorio. Así, determinar el punto de fusión, realizar una preparación para ver al microscopio, medir direcciones y buzamientos con una brújula, etc.
    - **Intelectuales:** observación e interpretación, clasificación, emisión de hipótesis, diseño de experimentos, control de variables. Así como la interpretación de mapas geológicos, la clasificación de conchas en grupos, etc.
    - **De comunicación:** planteamiento de un experimento por escrito, realización de un informe de una salida al campo.
  - **Para ilustrar la teoría:** se pone énfasis en la determinación experimental de propiedades y en la comprobación de leyes o relaciones entre variables, con objetivo ilustrativo o corroborativo de la teoría y con enfoque dirigido. Por ejemplo, determinar experimentalmente la relación volumen-temperatura de un gas, establecer la zonación de organismos en la zona intermareal.
4. **Investigaciones:** diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos en la resolución de problemas, familiarizarse con el trabajo científico y aprender en el curso de estas investigaciones, las destrezas y procedimientos propios de la indagación. Según el tipo de problemas que resolver, las investigaciones pueden ser:



- Para resolver problemas teóricos, es decir, de interés en el marco de una teoría (así, *¿qué relación existe entre la presión y el volumen de un gas?, ¿cómo podemos determinar la carga eléctrica de un ión?, ¿los sedimentos se depositan siempre en capas horizontales?, ¿se transmite ligado al sexo un gen de la mosca Drosophila?*).

El problema puede proceder de una hipótesis o predicción realizada en el desarrollo de un modelo teórico con el que se pretende interpretar un fenómeno (por ejemplo, el modelo cinético-corpúscular de los gases, o el de la transmisión hereditaria de caracteres).

- Para resolver problemas prácticos, generalmente en el contexto de la vida cotidiana. El énfasis se pone en la comprensión procedimental de la ciencia, es decir, en la planificación y realización de investigaciones, no dirigidas especialmente a la obtención de conocimiento teórico. Ello no significa que su percepción y planificación no conlleve una determinada «carga» conceptual.  
Por ejemplo, *¿qué material de un grupo compuesto por varios abriga más?, ¿qué detergente de un grupo compuesto por varios es el más eficaz?, ¿cómo pueden detectarse adulteraciones en los alimentos?* Este tipo de investigaciones pueden conectarse más fácilmente con aspectos CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) del currículo.

Esta clasificación de trabajos prácticos (cuadro 1 se basa en las propuestas de Woolnough y Allsop (1985), y Gott, Welford y Foulds (1988), modificadas en lo relativo a la diferenciación establecida entre los dos tipos de ejercicios prácticos y los dos tipos de investigaciones (Albaladejo y Caamaño, 1992 y Caamaño, 1992).

Conviene notar que, en muchos casos, una actividad centrada en un mismo fenómeno o proceso puede constituir una experiencia, un experimento ilustrativo, un ejercicio práctico dirigido o una investigación, según cuál sea el objetivo principal que se pretenda y el método seguido. Por ejemplo, la separación de la sal de una solución de sal en agua puede constituir un ejemplo de una experiencia, si lo que interesa es percibir que los sistemas homogéneos pueden contener más de un com-

ponente; de un ejercicio práctico, si lo que interesa es aprender la técnica de separación en sí; y de una investigación, si la separación constituye el método para resolver el problema: *¿es pura el agua del grifo?, para el que no se da ninguna pauta procedimental.*

### El aprendizaje de procedimientos y destrezas con relación a los trabajos prácticos

El aprendizaje de los procedimientos científicos y la comprensión procedimental de la ciencia son objetivos que ocupan un lugar muy destacado en las finalidades de los trabajos prácticos en ciencias. Por ello puede ser de interés diferenciar entre los procedimientos prácticos o experimentales, intelectuales y de comunicación, como muestra el cuadro 2.

Los procedimientos prácticos o experimentales implican el manejo de instrumentos, la realización de medidas y el uso de técnicas de laboratorio o de campo. Los procedimientos intelectuales pueden ser procesos cognitivos o técnicas de investigación. Los procesos cognitivos son procesos generales implicados en la construcción del conocimiento (observar, clasificar, interpretar, hacer hipótesis, contrastar las hipótesis, extraer conclusiones, etc.). Las técnicas o estrategias de investigación son procedimientos que se aplican en el diseño y la realización de una investigación experimental (idear métodos de medida de las variables, decidir la variación de la variable independiente, controlar variables, repetir medidas, recoger y representar los datos gráficamente, realizar cálculos, etc.). Los procedimientos de comunicación implican destrezas de comunicación oral y escrita, tales como interpretar instrucciones, planificar investigaciones por escrito, realizar informes, etc.

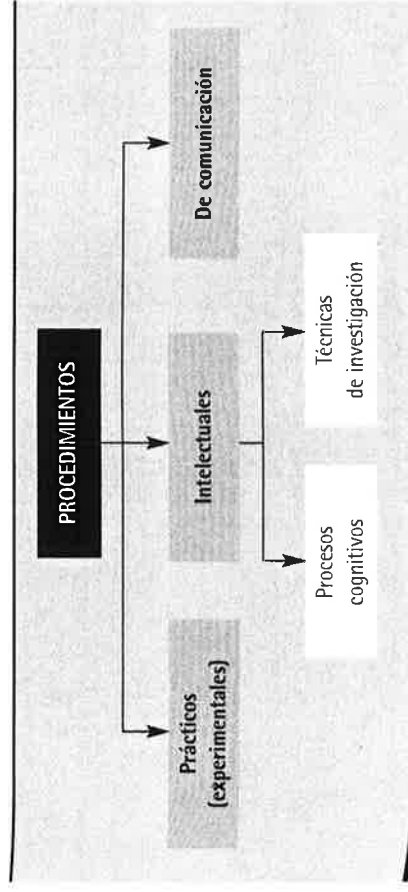
¿Son estos procedimientos susceptibles de ser enseñados y aprendidos de la misma manera? Hay autores (Driver, Millar) que cuestionan que los procedimientos de tipo cognitivo puedan ser susceptibles de aprendizaje escolar, y por tanto de progreso, separados de los conceptos. Según ellos, es posible, por ejemplo, mejorar la

Cuadro 1. Diferentes tipos de trabajos prácticos

#### TIPOS DE TRABAJOS PRÁCTICOS

- Experiencias.
- Experimentos ilustrativos.
- Ejercicios prácticos:
  - Para aprender destrezas.
  - Para ilustrar la teoría.
- Investigaciones:
  - Para resolver problemas teóricos.
  - Para resolver problemas prácticos.

Cuadro 2. Clasificación de los procedimientos



capacidad de observación de un fenómeno determinado, en tanto que mejoramos nuestra comprensión conceptual de él, pero no podemos hacerlo de forma genérica aplicable a cualquier contexto. Por el contrario, procedimientos como las técnicas de investigación son susceptibles de ser enseñadas y aprendidas y se puede, por tanto, evaluar su progreso.

La adquisición de estos tres tipos de destrezas constituye el objetivo principal de las actividades prácticas que hemos denominado *ejercicios prácticos para el aprendizaje de procedimientos*. Por otro lado, el objetivo principal de las *investigaciones* es ayudar a la comprensión procedimental de la ciencia, aprendiendo los procedimientos de la ciencia en el transcurso de la resolución de problemas abiertos teóricos o prácticos. Así pues, tanto los ejercicios prácticos para el aprendizaje de procedimientos como las investigaciones, especialmente las encaminadas a resolver problemas prácticos, comparten el objetivo de comprensión procedimental de la ciencia, si bien desde perspectivas diferentes.

La cuestión que se plantea al comparar estos dos tipos de trabajos prácticos es si es preciso el aprendizaje previo de los procedimientos más simples para poder abordar con éxito la realización de investigaciones. La respuesta a esta pregunta permite diferenciar dos concepciones de los trabajos prácticos en relación con el aprendizaje de los procedimientos:

- La *concepción atomística o analítica*. Defiende la necesidad de realizar trabajos prácticos (ejercicios orientados) diseñados para el aprendizaje de los procedimientos básicos, antes de abordar el aprendizaje de los procedimientos más complejos implicados en las investigaciones.
- La *concepción holística o integrada*. Considera que los alumnos deben realizar desde el principio investigaciones, en el transcurso de las cuales aprenderán los procedimientos y las técnicas de investigación.

La visión atomística supone que podemos crear el todo por combinación de una serie de componentes. En cambio, la visión holística ve el aprendizaje de los procedimientos integrada en actividades globales de resolución de problemas. En nuestra opinión en el aprendizaje de los procedimientos puede ser útil la perspectiva atomística o analítica en un primer estadio (aprendizaje de manejo de instrumentos y técnicas), pero la comprensión procedimental de la ciencia se capta mejor desde una perspectiva holística, por otro lado más motivadora. Como señala Woolnough (1991), al desarrollar en el alumnado las destrezas que les permitan resolver problemas, hay que recordar el principio según el cual *el todo es más que la suma de las partes*.

## Experiencias y experimentos ilustrativos

Las *experiencias* son actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos. Sus objetivos son:

- La adquisición de experiencia de «primera mano» sobre fenómenos del mundo físico, químico, biológico y geológico, imprescindible para plantear una comprensión teórica de ellos.

- La adquisición de un potencial de conocimiento tácito que pueda ser utilizado para resolver problemas. El papel de este conocimiento tácito o implícito, no articulado conscientemente en el marco de teorías formalizadas, sino adquirido directamente de la experiencia en la resolución de problemas, ha sido resaltado por varios autores.

Son ejemplos de experiencias:

- Explorar los sentidos del gusto, el oído, la visión, etc.
- Observar organismos vivos en el laboratorio o en el campo.
- Hacer crecer plantas.
- Comparar la dureza de distintos minerales.
- Observar cambios perceptibles en las reacciones químicas (cambios de color, desprendimiento de un gas, formación de un precipitado, etc.).
- Comparar la elasticidad de diferentes materiales.
- Observar las propiedades de las ondas en una cubeta de agua.

Las experiencias y los *experimentos ilustrativos* pueden ser utilizados desde una perspectiva constructivista del aprendizaje para:

- Explorar las ideas de los alumnos, al pedirles que interpreten lo que observan.
- Crear conflictos conceptuales cuando la experiencia no responde a las expectativas de los alumnos.
- Consolidar nuevas ideas en contextos experimentales diferentes.
- Evaluar el proceso de cambio conceptual con relación a la interpretación de determinados fenómenos.

La descripción de los fenómenos observados implica siempre una interpretación, en mayor o menor grado. Al aplicar las experiencias como actividades prácticas con fines de interpretación debemos tener presente que los hechos observados pueden tener diferentes interpretaciones según el marco teórico desde el que se perciben. En la visión actual sobre la naturaleza de la ciencia se acepta que la observación depende de la teoría, que ésta guía la observación y la experimentación, lo que es evidente analizando las diferentes interpretaciones que históricamente se han dado a muchos experimentos (Chalmers, 1999) o atendiendo a las diferentes interpretaciones que de ellos dan los alumnos (Driver y otros, 1994). Así pues, debemos animar a los alumnos a dar sus propias interpretaciones sobre las experiencias y todas deberían ser aceptadas en un primer momento. García-Rodeja y Lucas (1990) han llamado la atención sobre la interpretación simplista de muchos experimentos realizados en el ámbito escolar por la ausencia de consideración de interpretaciones alternativas. La elección entre hipótesis alternativas debería realizarse mediante la planificación y la realización de nuevas experiencias y mediante razonamientos que muestren la incompatibilidad de algunas hipótesis con ideas y conceptos ya establecidos y aceptados.

Sin embargo, la utilización de las experiencias o experimentos ilustrativos como «experimentos cruciales» que permiten decidir entre hipótesis o teorías alternativas no debe ser sobrevalorada. La dependencia de la observación respecto de la teoría significa que la observación depende de las teorías del observador; y toda teoría que

entre en conflicto con una experiencia puede mantenerse mediante la introducción de una serie de hipótesis *ad hoc*. Estas consideraciones relativizan el papel de los experimentos en la contrastación de las teorías. Por tanto, la elección de una hipótesis o teoría frente a otras no es una mera cuestión de contrastación experimental, sino también de consenso entre alumnos y profesor después de una amplia discusión, lo que es una manifestación de que la construcción de los conocimientos científicos es una actividad social.

Una experiencia realizada comúnmente en la ESO y descrita en muchos libros de texto que permite ejemplificar estos aspectos es la interpretación de la combustión de una vela, cuyo planteamiento e interpretación se discute en el ejemplo siguiente.

#### Ejemplo de un experimento ilustrativo: La combustión de una vela

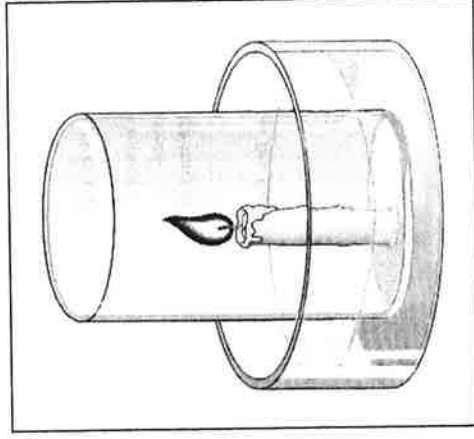
Se coloca una vela encendida en un recipiente con agua y se tapa con un vaso. Poco después de haberla tapado, la vela se apaga y el nivel de agua sube. Se pide entonces que se interprete esta experiencia:

- ¿Por qué se apaga la vela?
- ¿Por qué sube el agua?
- ¿Qué información sobre la composición del aire podemos deducir del ascenso relativo del nivel de agua?

Una primera hipótesis, sabiendo que la combustión implica una reacción de los vapores de la cera de la vela con el oxígeno del aire, supone que la vela se apaga cuando se ha consumido todo el oxígeno del aire que hay en el vaso, y que el agua sube como consecuencia de la disminución de la presión que ocasiona la desaparición del oxígeno. Esta hipótesis no tiene en cuenta que la reacción de oxidación produce dióxido de carbono (gas) y vapor de agua. Aunque el vapor de agua se condense, el dióxido de carbono producido puede compensar total o parcialmente la cantidad de oxígeno consumido.

A pesar de que esta hipótesis es incorrecta, esta experiencia ha sido utilizada en ocasiones en los libros de texto para deducir la proporción de oxígeno en el aire a partir del aumento relativo del nivel del agua en el vaso. Esta interpretación además de no tener en cuenta la producción de dióxido de carbono, implica suponer que la vela se apaga cuando todo el oxígeno se ha consumido. Otra hipótesis alternativa puede considerar que la vela se apaga cuando todavía queda una cierta cantidad de oxígeno: podría ser que se apagara cuando la concentración de oxígeno residual fuese insuficiente para mantener la combustión. Hay que tener en cuenta que la

Figura 1. Experiencia de la vela



velocidad de la reacción depende de la concentración y de la temperatura, y ésta a su vez de la velocidad de la reacción, puesto que es exotérmica. Se han realizado experimentos que corroboran que la combustión de sustancias en presencia de aire en recipientes cerrados finaliza antes de que se consuma todo el oxígeno.

Una observación más precisa del fenómeno, permite constatar que la subida del agua no es uniforme a lo largo del tiempo que dura la combustión, como sería de esperar si fuera debida al consumo del oxígeno, sino que tiene lugar bruscamente en el momento en que la vela se apaga. Ello es debido a que la razón principal de la subida del nivel del agua es la disminución de la presión del aire como consecuencia de la disminución brusca de la temperatura cuando la vela se apaga. Con esta explicación, nuestra mirada (e interpretación) sobre el fenómeno varía radicalmente desde una experiencia que podía ilustrar el papel del oxígeno en la combustión y permitir conocer la proporción del oxígeno en el aire, a otra que simplemente muestra la disminución de la presión del aire al disminuir la temperatura. Con todo, la experiencia, sin necesidad de incluir la cubeta con agua, puede plantearse como demostración de que es preciso la existencia de oxígeno (supuesto éste un componente del aire) para que tenga lugar una combustión y que ésta cesa cuando la concentración del oxígeno es muy baja. La repetición de la experiencia con vasos de mayor capacidad y la observación de que el tiempo que tarda en apagarse la vela es proporcionalmente mayor cuanto mayor es la capacidad del vaso permite corroborar esta hipótesis.

## Los ejercicios prácticos: aprendizaje de métodos y técnicas e ilustración de la teoría

Los ejercicios prácticos para el aprendizaje de procedimientos son actividades para desarrollar destrezas prácticas, intelectuales y de comunicación. Por ejemplo:

- Clasificar plantas, animales, rocas o fósiles.
- Elaborar y usar claves dicotómicas para identificar seres vivos, minerales o rocas.
- Realizar estimaciones de las dimensiones de objetos familiares y de la magnitud de determinadas unidades.
- Usar con corrección diferentes instrumentos: balanza, instrumentos volumétricos, multímetro, microscopio, brújula, etc.
- Montar un circuito eléctrico a partir de un diagrama.
- Levantar perfiles topográficos.
- Realizar pruebas de ensayo para la identificación de gases, ácidos, almidón, monosacáridos y disacáridos, proteínas, ciertos iones, etc.
- Aplicar diferentes métodos de separación de sustancias (filtración, decantación, cristalización, evaporación, destilación, cromatografía sobre papel, etc.).

Los ejercicios prácticos para la ilustración de la teoría son actividades centradas en la determinación de propiedades o relaciones entre variables, diseñadas para comprobar aspectos teóricos presentados previamente, en cuya realización se aprenden también destrezas prácticas, intelectuales y de comunicación. Por ejemplo:

- Clasificación de diferentes sólidos según su estructura a través de la determinación de diferentes propiedades (temperatura de fusión, dureza, conductividad eléctrica, solubilidad en agua, etc.).
- Observación y dibujo de tejidos animales y vegetales al microscopio y constatación de su organización celular.
- Comprobación de la ley de Hooke en materiales elásticos.
- Comprobación de la acción de una enzima sobre un tejido.
- Comprobación de las diferencias en la capacidad de abrasión del hielo según contenga o no grava y arena.
- Determinación de la relación entre el voltaje y la intensidad de corriente en los metales.
- Comprobación de la conservación de la masa en reacciones químicas.
- Comprobación de la capacidad selectiva del viento como agente de transporte.
- Determinación del calor de combustión de un alcohol.
- Comprobación, en el campo, de la posición de los diferentes horizontes en un suelo o de los pisos de vegetación en una montaña.

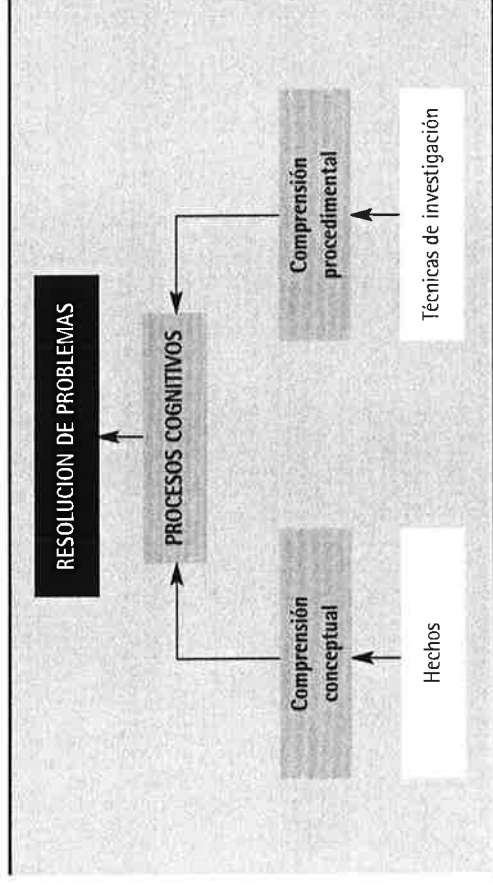
Esta categoría de trabajo práctico es quizás una de las más utilizadas en las ciencias de ciencias. Como veremos en el apartado siguiente los ejercicios prácticos son fácilmente susceptibles de ser convertidos en investigaciones, modificando la manera en que son presentados y realizados, dando a los alumnos la oportunidad de planearse y planificar ellos mismos el procedimiento a seguir para resolver el problema que se les propone (Reigosa y Jiménez, 2000; Caamaño, 2002).

## Las investigaciones: construir conocimiento, comprender los procesos de la ciencia y aprender a investigar

Una *investigación* es una actividad encaminada a contestar una pregunta teórica o a resolver un problema práctico mediante el diseño y la realización de un experimento y la evaluación del resultado.

Las investigaciones constituyen la actividad central de muchas visiones actuales sobre la enseñanza de las ciencias. Son defendidas por los partidarios de la *visión atomística* como actividades que deben ser realizadas después de haber practicado procedimientos y destrezas más simples. Y también por los partidarios de la *perspectiva holística*, en la que constituyen la actividad principal. Por ejemplo, el proyecto APWIS (Assesment of Practical Work in Science; Gott, Welford y Foulds, 1988) basa el aprendizaje de la ciencia en el planteamiento de problemas en cuya resolución intervienen la comprensión conceptual de los fenómenos y la comprensión procedimental de las técnicas de investigación, que confluyen en los procesos cognitivos. El cuadro 3 resume este modelo de ciencia escolar.

Cuadro 3. El modelo de ciencia del proyecto APWIS

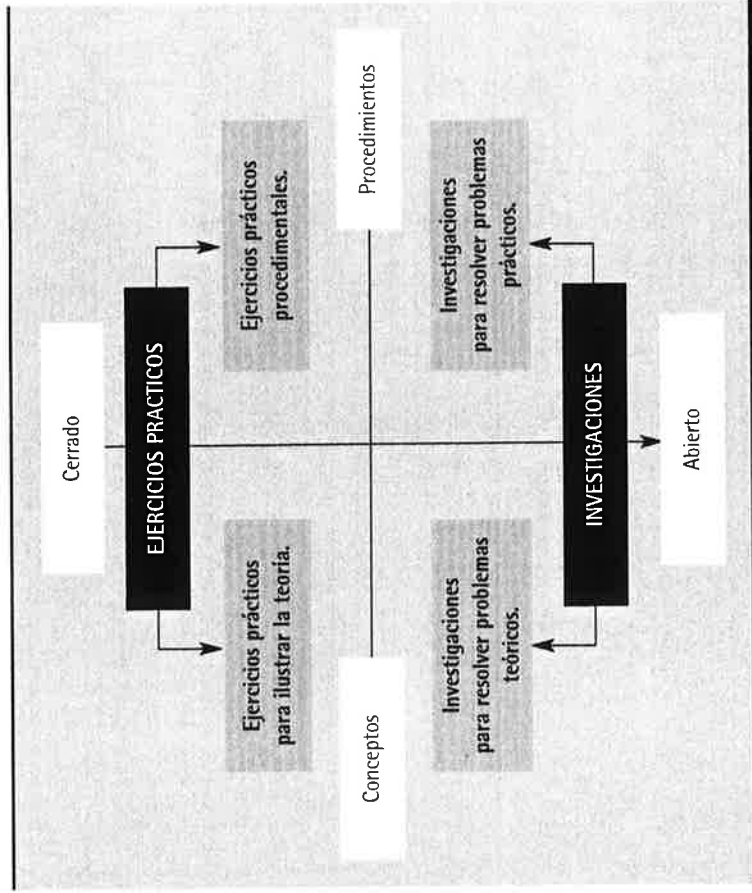


Con respecto a la naturaleza del problema propuesto, se puede diferenciar entre las investigaciones que tienen como objetivo principal profundizar en la comprensión de las teorías y determinar propiedades o relaciones entre variables en el marco de estas teorías (objetivo que comparten con los ejercicios prácticos ilustrativos), y las que tienen como objetivo principal desarrollar destrezas para resolver problemas prácticos (objetivo que comparten con los ejercicios prácticos para el aprendizaje de procedimientos), lo que no implica que no se requiera utilizar conocimientos teóricos para su resolución en mayor o menor grado. El cuadro 4 de la página siguiente muestra la relación entre estos cuatro tipos de trabajos prácticos.

El uso de las investigaciones como medio para llegar a los conocimientos teóricos estuvo en la base del modelo de descubrimiento dirigido y está presente en el modelo de investigaciones orientadas, desde una perspectiva constructivista, cuando se abordan problemas teóricos. Ha sido cuestionado por Hodson (1994), que duda de que este tipo de investigaciones sean la forma más adecuada de aprender aspectos teóricos. Por otro lado, Woolnough (1991) ha propuesto que las investigaciones deberían plantearse no sólo con relación a los contenidos conceptuales y procedimentales, sino con la finalidad básica de dar la oportunidad a los alumnos de resolver problemas prácticos y adquirir confianza en su propia capacidad para resolverlos, de forma semejante a la propuesta de organizar la enseñanza de las ciencias en torno a la resolución de problemas auténticos discutida en el capítulo «El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas». En nuestra opinión, ambos tipos de investigaciones tienen un papel importante que jugar en el diseño de actividades prácticas de resolución de problemas.



Cuadro 4. Relación entre investigaciones y ejercicios prácticos



## La implementación de las investigaciones en el aula

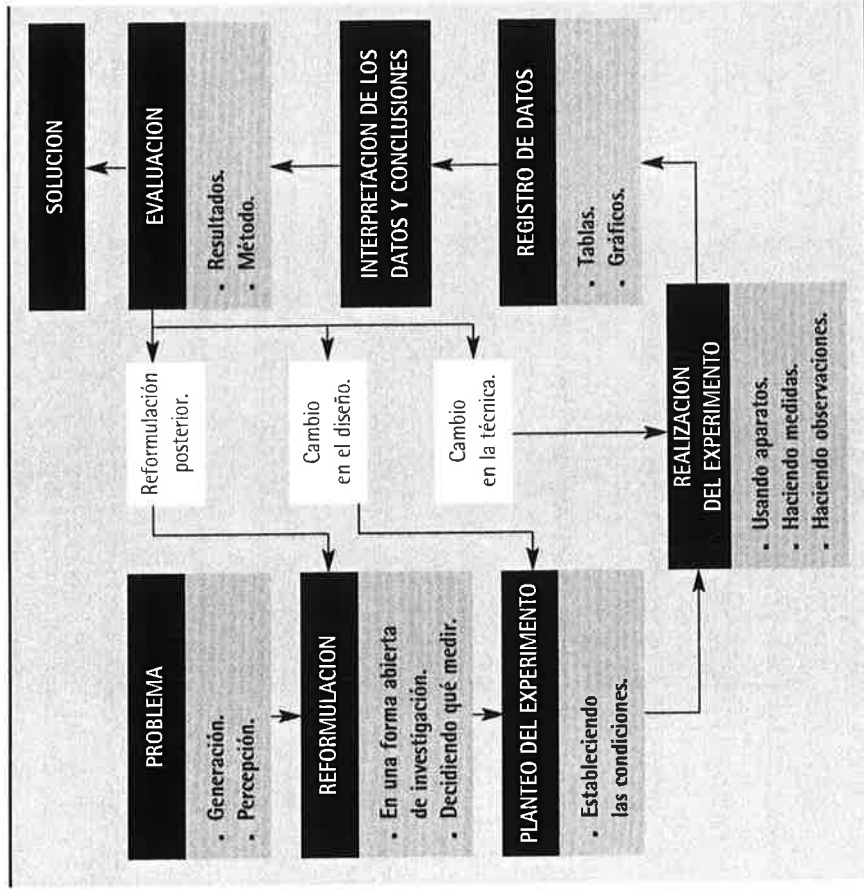
Para llevar las investigaciones a la práctica en el aula es importante plantear una serie de cuestiones que se abordan a continuación:

- ¿Pueden establecerse unas fases para llevarlas a cabo en el contexto escolar?, ¿cuáles son?
- ¿Cómo pueden ser los guiones que sustituyan a las instrucciones típicas de prácticas cerradas?
- ¿Cuántas sesiones son precisas para realizar una investigación?
- ¿Cómo podemos regular el grado de apertura de las investigaciones que planteamos?
- ¿De qué factores depende su grado de dificultad?

### ¿A través de qué fases transcurre una investigación?

Las etapas que caracterizan una investigación han sido descritas mediante diferentes esquemas. Se reproduce en el cuadro 5 la propuesta por el proyecto APU (Assessment of Performance Unit, 1984).

Cuadro 5. Etapas de una investigación según el proyecto APU



La fase de planificación y realización de las investigaciones ha sido especialmente estudiada en el proyecto APWIS en relación con los procedimientos que se considera que están en la base de la comprensión procedimental de la ciencia (véase el cuadro 3 en la página 105).

De acuerdo con estos trabajos, se propone organizar las investigaciones en torno a las fases siguientes:

- La *fase de percepción e identificación* del problema, en la cual los estudiantes deben darse cuenta de cuál es el problema que hay que resolver, conceptualizarlo y reformularlo para emitir hipótesis y decidir cuáles son las variables significativas que deberán ser investigadas.
- La *fase de planificación*, en la que los estudiantes deben decidir:
  - ¿Cuál es la variable dependiente 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 debe controlar, es decir, mantener constantes?
  - ¿Con qué precisión deben realizarse las medidas?
- En esta fase los estudiantes han de redactar un plan de trabajo, que debe ser mostrado y discutido con el docente antes de iniciar la investigación.
- La *fase de realización*, que supone el montaje del dispositivo de contrastación y de los instrumentos de medida necesarios, la realización de la experiencia, la toma o la recogida de datos, y el tratamiento de los datos obtenidos (cálculos, gráficos, etc.).
  - La *fase de interpretación y evaluación*, que supone la interpretación de los datos y la valoración del resultado o los resultados obtenidos, atendiendo a su plausibilidad, comparando los resultados propios con los obtenidos por otros grupos y recabando información adicional de otras fuentes.
  - La *fase de comunicación*, que implica la redacción de un informe y, a veces, la comunicación oral de la investigación realizada.

### ¿Cómo debe ser el guión de una investigación?

En los guiones de las investigaciones hay que presentar el problema que se debe resolver y recordar las fases a través de las cuales debe procederse. En los casos de problemas totalmente abiertos no se dan pautas, mientras que en los orientados deben plantearse algunas preguntas para facilitar el proceso de resolución e incluso sugerir el material que puede ser utilizado.

A continuación mostramos dos ejemplos de guiones de investigaciones para la etapa de enseñanza secundaria obligatoria y otros dos para el bachillerato, tal como pueden ser presentados a los estudiantes. En Martins (2002) se pueden encontrar propuestas de investigaciones para la educación primaria.

#### Ejemplo 1. ¿Qué detergente elimina mejor las manchas?

(Adaptado por Caamaño, 1992, a partir de una actividad del proyecto APWIS)

##### Planteamiento del problema

Habéis visto anuncios en la televisión que afirman que determinados detergentes son más eficaces que otros para eliminar las manchas de la ropa. El objetivo de esta investigación es comprobar si es cierto que uno de los detergentes es más eficaz que otro. Disponeréis de dos muestras de detergente, etiquetadas A y B, y de unos trozos de ropa que podéis manchar antes de llevar a cabo la investigación.

##### Planificación

- ¿Cómo se puede medir la eficacia limpiadora de cada detergente?
- Pensad qué variables necesitáis medir y qué instrumentos precisáis. Podéis usar cualquier tipo de material e instrumentos de los que hay en el laboratorio.
- ¿Qué variables creéis que pueden afectar a la eficacia del detergente y, por tanto, deben ser controladas o mantenidas constantes en las dos pruebas?

- Haced un informe en vuestra libreta de cómo llevaréis a cabo la investigación y mostradlo a vuestro profesor o profesora.

##### Realización

- Realizad la investigación.
- Realizad las medidas con el máximo de exactitud y precisión que podáis.
- Tomad nota en vuestra libreta de todas las medidas realizadas.
- ¿Qué resultado habéis obtenido?

##### Evaluación y comunicación de resultados

- Comparad vuestro resultado con el obtenido por otros grupos.
- Escribid un informe sobre vuestra investigación.

##### Comentario para el profesorado

En esta investigación la variable dependiente es la eficacia del detergente, y la independiente es el tipo de detergente. La primera es una variable continua que podemos medir a partir del mayor o menor grado de eliminación de la mancha (en realidad, lo que se hace es ordenar los detergentes por su eficacia). La segunda es una variable discreta (el detergente A o el B). Las variables que hay que controlar son muchas: el tipo de suciedad, la intensidad de la mancha, el tipo de tejido, la concentración de la solución del detergente, la temperatura, el grado de agitación y el tiempo de lavado.

#### Ejemplo 2. ¿Qué ambiente prefieren las cochinillas de humedad?

(Elaborado por Díaz y Jiménez a partir de una experiencia sugerida en materiales sobre actividades con seres vivos –entre otros, González y Ausin, 1982–)

##### Planteamiento del problema

Las cochinillas de humedad son crustáceos que forman parte de la fauna del suelo. Probablemente habrás observado que viven con preferencia en unos lugares y no en otros. ¿Qué tipo de lugares prefieren? (Si no lo sabéis, consultad con el profesor o buscadlo en la biblioteca del laboratorio o en Internet). ¿Qué características tienen en común esos lugares? Proponed algunas hipótesis y diseñad una investigación para comprobarlas. Recordad que debéis tratarlas bien y que al terminar el estudio deben ser devueltas al lugar donde fueron recogidas.

##### Planificación

- ¿Dónde podemos capturar cochinillas? ¿Qué tipo de recipiente hay que tener preparado para mantenerlas en buenas condiciones y poder devolverlas a su medio al terminar?
- ¿Qué factores del ambiente vamos a estudiar? ¿Cómo esperamos comprobar lo que prefieren las cochinillas? ¿Qué aspectos pretendemos observar?
- ¿De qué tamaño será la muestra de cochinillas? ¿Qué material necesitáis?
- Diseñad en equipo la investigación, escribidlo en la libreta y mostrádsela al profesor o profesora.

#### Realización

- Capturar las cochinillas y realizar la investigación.
- Anotar las observaciones y los datos en vuestra libreta.

#### Comunicación de resultados y evaluación

Escribid un informe sobre vuestra investigación, indicando claramente vuestras conclusiones y los resultados en que os basáis. ¿Coinciden con los de los otros equipos de la clase? ¿Se os ocurre alguna explicación para estas preferencias?

#### Comentario para el profesorado

Las cochinillas se encuentran bajo piedras o en grietas, en lugares húmedos y oscuros, por lo que los estudiantes suelen elegir la humedad y la luz como factores que hay que estudiar (variables independientes), siendo la variable dependiente la preferencia por un ambiente u otro estimada a través del número de ejemplares que permanecen en cada ambiente. Para variar la humedad suelen utilizar cubetas de laboratorio de plástico con papel de filtro humedecido en la mitad del fondo (puede hacerse con serrín o con arena), y para variar la luz, las mismas cubetas con la mitad tapada o tubos de ensayo cubiertos hasta la mitad y una lámpara portátil (flexo). De este modo estas variables son consideradas dicotómicas. El número de ejemplares ha de ser como mínimo de ocho.

La dificultad conceptual de las investigaciones para el bachillerato que proponemos a continuación es mayor que la de los ejemplos de investigaciones para la ESO, lo que hace necesaria una mayor interacción profesor-alumnos en la fase de planificación y realización de las investigaciones. Por razones de espacio tan sólo se incluye el planteamiento del problema.

**Ejemplo 3. ¿Cómo se puede determinar la masa molecular relativa de un líquido volátil?**  
(Caamaño, 2002)

#### Planteamiento del problema

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 que se plantea es en realidad la determinación de la masa molecular del vapor.

**Ejemplo 4. Las huellas del ladrón: ¿De qué es la muestra que está en el microscopio?**  
(Díaz y Jiménez, 1998)

#### Planteamiento del problema

Han robado la cámara de vídeo del laboratorio del centro. Sin embargo, el ladrón se lastimó y dejó unos restos de su cuerpo en la puerta del armario. Con este pedazo se han hecho preparaciones que están en los microscopios. Debéis investigar a qué sospechoso pertenece, justificando vues-

tras conclusiones. Ésta es la lista de los sospechosos, que proceden de una colonia de seres extra-terrestres que vivían en un rincón del laboratorio:

- A1. *Clorofilo*: Las células de este individuo son como las de los vegetales terrestres. Posee clorofila (en los cloroplastos) y además puede presentar estomas.
- A2. *Tunelio*: Las células de este individuo son como las de los vegetales terrestres. Carece de clorofila, y los núcleos de sus células son bastante visibles. No presenta estomas.
- B1. *Gaifífilo*: Las células de este individuo son como las de los animales terrestres. Tiene sangre roja (con hemoglobina) en la que son visibles más de un tipo de células.
- B1. *Arañillo*: Las células de este individuo son como las de los animales terrestres. Respira a través de la piel y no tiene sangre. Sus células, de forma irregular, se encuentran distribuidas en capas y son todas del mismo tipo.

Otros trabajos prácticos abiertos que pueden realizarse en el bachillerato aparecen recogidos en el cuadro 6. La mayoría de ellos plantean la resolución de problemas teóricos.

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,

Cuadro 6. Ejemplos de trabajos prácticos de investigación en el bachillerato

#### EJEMPLOS DE TRABAJOS PRACTICOS DE INVESTIGACION EN EL BACHILLERATO

- ¿Cómo se puede estimar el volumen de las moléculas de un líquido que es inmiscible en agua a partir de la superficie de una cantidad pequesísima de líquido extendida sobre el agua?
- ¿Cómo se puede estimar la constante de Avogadro mediante la determinación indirecta 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 ferrogadumet (que contiene sulfato de hierro (II))?
- ¿Cómo comparar la acción catalítica de distintos materiales biológicos (por ejemplo, patata, hígado)? ¿A qué puede deberse la diferencia?
- ¿Cómo podemos saber si la introducción de una especie foránea ha afectado a otros organismos? (simulación)
- ¿Cómo podemos determinar los diferentes pigmentos que contienen distintas plantas verdes?
- ¿Cómo saber qué material geológico –de entre varios suministrados– será más adecuado para el mesado de una cocina?

concentración de las disoluciones, número de medidas que hay que realizar, etc.) que es preciso decidir para llevar a cabo la investigación.

### ¿Cuántas sesiones son precisas?

Las fases del trabajo práctico de tipo investigativo comportan la programación de un mínimo de dos o tres sesiones de trabajo para su realización, según la complejidad de la investigación propuesta.

- Una *primera sesión* (o media sesión, según la complejidad de la investigación) en el aula para presentar el objetivo y dejar que los alumnos en equipos, decidan cuál es el procedimiento que van a seguir y qué material precisan, lo escriban en su cuaderno y lo discutan con el profesor o la profesora. Es conveniente realizar una breve puesta en común con todo el grupo-clase antes de iniciar la investigación.
- Una *segunda sesión*, en el *laboratorio*, en el *campo* o en *la ciudad* para la realización de la experiencia, la toma de datos y el inicio de su tratamiento (cálculos, gráficos, etc.).
- Una *tercera sesión*, de nuevo en el aula, para la finalización del tratamiento de los datos, la comparación de resultados entre grupos y la evaluación de los resultados. También para la redacción de un *informe escrito*, con la ayuda del docente y para la *comunicación oral* de la investigación realizada por parte de alguno de los grupos.

La *evaluación* de la investigación realizada por cada grupo y estudiante puede realizarse 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 su comunicación oral.

## El grado de apertura de una investigación

La apertura de las investigaciones puede definirse con relación a:

1. La diversidad de las soluciones (una única solución, varias, desconocida).
2. La diversidad de estrategias posibles para su solución.
3. El nivel de dirección del profesor y el grado de participación del alumno y los aspectos que se dejan bajo su control.

Respecto a este último punto existe una variedad de situaciones según quién (el profesor, el alumno o ambos) decide el área de interés en la que investigar, pone la cuestión que hay que resolver, realiza la planificación de la investigación, decide las etapas a seguir, lleva a cabo la investigación o evalúa los resultados. Los distintos *grados de apertura* de una investigación con relación al control ejercido por el profesor y el alumno en cada una de las etapas de la investigación se resumen en el cuadro 7.

La situación 1 caracteriza actividades prácticas del tipo de descubrimiento orientado. La 2 difiere de la 1 en que los alumnos participan en la planificación de

Cuadro 7. Grado de apertura de una investigación en función del control ejercido por el profesor (P) o el alumno (A) sobre cada una de las etapas de la investigación, según Lock (1990)

ETAPAS	GRADO DE APERTURA DE UNA INVESTIGACION					
	1	2	3	4	5	6
Área de interés	P	P	P	P	P	A
Establecimiento del problema	P	P	P	P	A	A
Planificación	P	A	A	A	A	A
Determinación de la estrategia	P	P	A	A	A	A
Realización	A	A	A	A	A	A
Interpretación de los resultados	P/A	P/A	P/A	A	A	A

la investigación; por ejemplo, proponiendo una posible estrategia a seguir después de una discusión en pequeño grupo, si bien la estrategia final resulta de una puesta en común moderada por el profesor. En la 3 los alumnos controlan la planificación, lo que permite que ésta pueda ser realizada en interacción con el material de laboratorio, efectuando, si lo desean, experimentos de prueba. En la 4 se da a los alumnos el control sobre la interpretación de los resultados, lo que implica que se da más importancia al proceso seguido que al resultado final. Las situaciones 5 y 6 corresponden más bien a la realización de proyectos por parte de los alumnos o a la realización de trabajos de investigación individuales en el bachillerato, aunque la intervención del profesor acostumbra a ir más allá de lo que puede deducirse del cuadro.

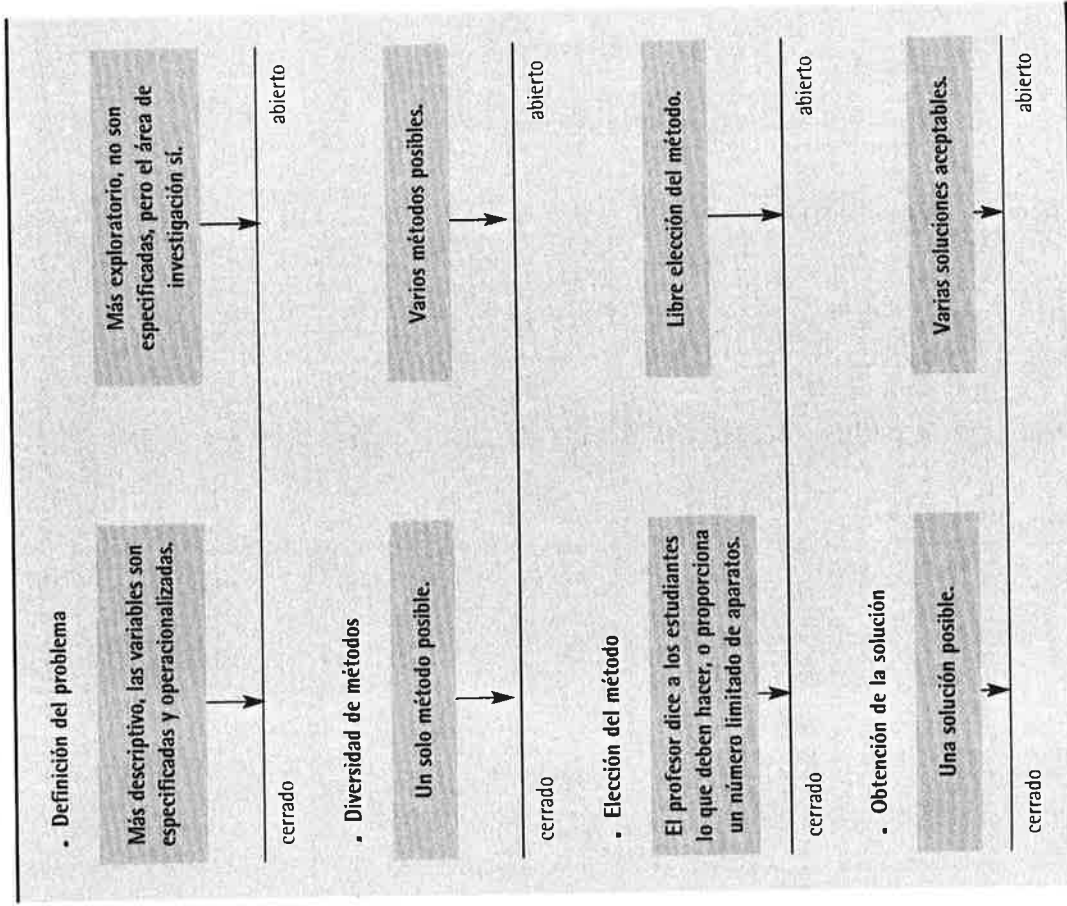
El grado de apertura de una investigación depende de:

- La forma en que se define el problema.
- La diversidad de métodos de resolución de problemas.
- El nivel de ayuda dada por el profesor o profesora en la elección del método.
- Las posibles soluciones.

Estas cuatro variables son presentadas como cuatro *continuo de apertura* en el cuadro 8 de la página siguiente.



Cuadro 8. Continuo de apertura de las investigaciones, adaptado del proyecto OPENS (Watson, 1994)



La apertura de la investigación es importante porque afecta a los conceptos, a las variables y a las habilidades y procesos involucrados en la investigación. Analizaremos a continuación estos aspectos en una investigación sobre los factores que afectan el crecimiento de plántulas de berros, propuesta en el proyecto OPENS (véase el ejemplo 5).

Ejemplo 5. El crecimiento de las plántulas de berros (Watson, 1994)

El grado de apertura de esta investigación respecto de los conceptos necesarios para abordar la investigación es diferente según la forma en que se presenta o se enuncia el problema que hay que resolver. Por ejemplo, nótese el diferente grado de apertura de los siguientes enunciados:

- ¿Qué factores afectan al crecimiento de los berros?
- ¿Qué factores afectan al proceso de fotosíntesis?
- ¿La luz y la temperatura afectan al crecimiento de los berros?

En la primera formulación los estudiantes pueden implicarse en la investigación con su propio nivel de conocimientos. La segunda formulación requiere un cierto conocimiento del proceso de la fotosíntesis. La tercera fija las variables independientes y, por tanto, los conceptos involucrados que van a ser investigados en el crecimiento de las plantas.

El enunciado, las explicaciones del profesor y el material presentado también permiten indicar de forma más o menos explícita las variables que se deben medir. Así, en la primera formulación, los estudiantes pueden investigar el efecto de la cantidad de agua, la luz, la temperatura, el fertilizante, etc. La forma en que aborden el tratamiento de estas variables (como dicotómicas o continuas) depende de la presentación de la tarea. Si se les pide que investiguen la cantidad de agua, se les está llevando hacia una aproximación cuantitativa. Si se les pide que investiguen si el agua afecta a la velocidad de crecimiento, se favorece que puedan decidir tratar el agua como una variable dicotómica, por ejemplo, agua y no agua.

La variable dependiente, el crecimiento de las plantas, puede ser medida o estimada de diferentes formas. La mayoría de estudiantes escoge como medida del crecimiento la altura de las plántulas, aunque la masa de las plántulas y el color de las hojas pueden ser elecciones alternativas. Sin embargo un enunciado como el siguiente: «Investiga en qué medida afectan diferentes factores al crecimiento de las plántulas de berro» habría requerido necesariamente una respuesta cuantitativa (altura o masa). Las variables que son controladas dependen del conocimiento y de la comprensión del crecimiento de las plantas que tengan los estudiantes.

Por último, la forma en que la investigación se enuncia condiciona las habilidades y los procedimientos que los estudiantes utilizarán en las etapas de la investigación. Formular el problema de una forma más cerrada, especificando las variables que deben medirse, hace que la planificación de la investigación sea más fácil, pero también puede llevar a una planificación más cuantitativa, aumentando la dificultad de la investigación con relación a las habilidades de medida, el uso de aparatos y la interpretación posterior de los resultados.

## Factores que inciden en la dificultad de las investigaciones

El grado de apertura de una investigación incide en la facilidad o 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 al alumnado y, por tanto, introducir una cierta progresión en estas actividades.

El proyecto APU consideró que el nivel de dificultad de una investigación guarda relación con la complejidad de los conceptos, la complejidad procedimental (en términos de la estructura de las variables: discretas o continuas) y el contexto en que se sitúa la investigación. Posteriormente Gott y Foulds (1988) añadieron otros dos factores: la apertura del problema planteado y la edad de los alumnos. Estos autores estudiaron la complejidad procedimental de las investigaciones centrándose en el efecto del tipo de variables involucradas, y de este modo caracterizaron tres tipos de investigaciones de dificultad creciente:

- Investigaciones con una única variable independiente discreta o categórica (por ejemplo, ¿qué detergente es el mejor?, ¿cuál es la mejor taza para mantener el café caliente?).
- Investigaciones con una única variable independiente continua (por ejemplo, ¿cómo varía la botabilidad de una pelota de *squash* con la temperatura?, o ¿cómo depende la velocidad de enfriamiento de una taza de café de la cantidad de café?).
- Investigaciones con más de una variable independiente categórica (por ejemplo, ¿qué tiene más influencia en mantener el café caliente, el tipo de material de que está hecha la taza o el hecho de tapanla?).

Qualter y otros (1990) y Grau (1994) también han estudiado los elementos que permiten establecer una progresión en la dificultad de las investigaciones. Sus resultados se recogen en el cuadro 9.

En resumen podemos decir que la *dificultad de una investigación* depende de:

- La *manera en que se enuncia* el problema que hay que resolver, que condiciona el *grado de apertura*. Por ejemplo, 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.
- La *carga conceptual* necesaria para comprender y resolver el problema.
- El *contexto* en el que se plantea la investigación.
- La *naturaleza de la variable dependiente*.
- El *número y tipo de variables* independientes que intervienen, entendiendo que la dificultad es mayor en el caso de variables continuas que en el de variables categóricas.
- El *número* de variables que hay que controlar.
- La *complejidad* de las medidas y de los instrumentos de medida.

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, dando pistas o sugerencias sobre el procedimiento que conviene seguir.

## La investigación sobre los trabajos prácticos en la última década

A lo largo de esta última década en España y en otros países de nuestro entorno se han realizado esfuerzos para innovar en los trabajos prácticos de ciencias. Han sido varios los trabajos y artículos que han aportado nuevas perspectivas, reflexiones y propuestas sobre el trabajo práctico en ciencias (Miguéns y Garret, 1991; González, 1992; Albaladejo y Caamaño, 1992; Hodson, 1994; Perales, 1994).

En 1994 el número monográfico sobre trabajos prácticos (Caamaño, Carrasco-sa y Oñorbe [coord.], 1994) de la recién aparecida revista *Alambique* permitió ofrecer una amplia panorámica de las diferentes actividades experimentales, que incluyó una serie de artículos dedicados a reflexionar sobre los trabajos prácticos en la escuela primaria y secundaria y a presentar ejemplos de trabajos prácticos abiertos (Pujol, 1994; Corominas y Lozano, 1994; Niedo, 1994; Pedrinaci, Sequeiros, García de la Torre, 1994; Lillo, 1994; Grau, 1994; Watson, 1994).

Posteriormente, otros autores han realizado nuevas aportaciones (Gil y Valdés, 1996; Carrascosa, 1995; Barberá y Sanjosé, 1996; Calvet, 1997; Pro, 1998; Izquierdo,

Cuadro 9. Elementos de progresión del nivel de dificultad de las investigaciones, adaptado de Qualter y otros (1990)

ELEMENTOS DE PROGRESION	PROGRESIÓN EN EL NIVEL DE DIFICULTAD	
<b>Apertura</b> • Definición del problema	Cerrado →	Abierto
<b>Carga conceptual</b>	Baja →	Alta
<b>Variable dependiente</b> • Naturaleza	Puede ser juzgada sin medidas Ej. flota/se hunde	Medida cuantitativa Ej. longitud, temperatura
<b>Variable independiente</b> • Número • Tipo	Úna Categorica	Varias Continua
<b>Variables que hay que controlar</b>	Muchas	Pocas
<b>Aparatos</b>	Sencillos	Complejos
<b>Contexto</b>	Contexto familiar Ej. en la casa	Contexto no familiar Ej. en el laboratorio

Sanmartí y Espinet, 1999; García, 2000). En 1999 un nuevo monográfico de *Alambique* (Jiménez [coord.], 1999) abordó el tema los trabajos prácticos investigativos desde la perspectiva del trabajo científico en el aula (Díaz y Jiménez, 1999). Y en 2002 un monográfico de la revista *Aula de Innovación Educativa* ha permitido aportar nuevas perspectivas sobre el trabajo práctico en nuestro país (Caamaño, 2002; Martins, 2002; Sanmartí, Márquez y García, 2002; Pintó, 2002).

Es importante también resaltar la reciente creación de grupos de trabajos europeos financiados por la Comisión Europea como el *Labwork in Science Education* (Seré y otros, 2001). Por otro lado han sido muchas las comunicaciones presentadas sobre trabajos prácticos en congresos y encuentros de didáctica de las ciencias celebrados durante estos años.

## Bibliografía comentada

- ALBALADEJO, C.; CAAMANO, A. (1992): «Los trabajos prácticos», en JIMENEZ, M.P.; ALBALADEJO, C.; CAAMANO, A.: *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza. Curso de actualización científica y didáctica*. Madrid. MEC.
- Capítulo dedicado a los trabajos prácticos del libro de didáctica de las ciencias, publicado por el MEC para cursos de formación, que aborda los diferentes tipos de trabajos prácticos: experiencias, ejercicios prácticos e investigaciones, aportando diversos ejemplos del campo de la física y química y de la biología y geología.
- AA.VV. (1994): Monografía «Los trabajos prácticos». *Alambique*, n. 2, pp. 4-66
- Número monográfico de la revista *Alambique* dedicado a los trabajos prácticos experimentales que incluye artículos para la educación primaria y secundaria y trata de las experiencias y las investigaciones.
- AA.VV. (2002): Monografía «Los trabajos prácticos investigativos». *Aula de Innovación Educativa*, n. 113-114, pp. 7-38.
- Monográfico de la revista *Aula de Innovación Educativa* que da una perspectiva actual de los trabajos prácticos en primaria y secundaria, abordando temas como la integración del trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias, las investigaciones y el papel de las nuevas tecnologías.

## Parte II