

## Los procedimientos en las ciencias naturales

**Carmen Albaladejo**  
**Ramón Grau**

### Componentes de la educación en ciencias

¿Cuáles son los contenidos que deben desarrollarse a través de la educación en Ciencias? Se trata de una cuestión, de un problema, que la mayoría de profesores se han planteado a lo largo de su actividad profesional. En una primera aproximación, podemos aceptar que debemos pretender el aprendizaje de una gran variedad de conocimientos (su comprensión y aplicación), capacidades de investigación y habilidades técnicas, y movilizar un conjunto de actitudes, valores y normas en relación a la conducta, opiniones y forma de pensar de nuestros alumnos.

En un esfuerzo por clarificar cuál ha de ser el trabajo, podemos destacar tres aspectos o componentes principales de la educación en Ciencias (Hodson, 1992):

- *Aprender ciencia*: adquirir conocimientos científicos y familiaridad con alguna de las principales teorías científicas.
- *Aprender sobre la ciencia*: comprender la naturaleza de la ciencia y la práctica científica, apreciar las relaciones complejas entre ciencia, tecnología y sociedad.
- *Hacer ciencia*: adquirir los conocimientos y capacidades de investigación necesarias para investigar (libremente o de forma guiada).

¿Cómo integrar, en este marco, el trabajo de los procedimientos? Empecemos por aclarar qué entendemos por procedimiento. Nuestra visión, que parte desde la perspectiva de las Ciencias, es que los procedimientos son capacidades intelectuales o habilidades de tipo psicomotor que intervienen a lo largo de las investigaciones científicas. Sin duda los procedimientos permiten *hacer ciencia*, pero es innegable su utilidad en las situaciones diseñadas para *aprender ciencia*. Es más, el análisis de las investigaciones, de su diseño, de su secuencia y estructura, de su función, permite aproximarnos a la comprensión de la naturaleza de la ciencia y por tanto a *aprender sobre la ciencia*. Los procedimientos intervienen en el aprendizaje de cualquiera de las componentes de la educación en ciencia (y, en realidad, lo mismo podríamos decir sobre los conocimientos y actitudes). Actualmente se parte de una perspectiva integradora, en la que se entiende que hay dependencia entre todos los tipos de contenidos; los procedimientos tienen sentido en el contexto de un marco conceptual (Gilyotros, 1991); el aprendizaje en el ámbito conceptual, procedimental y de las actitudes es simultáneo y se potencia mutuamente (Sanmartí y otros, 1990). Debemos procurar que las actividades de aprendizaje, en la medida de lo posible, contemplen a la vez los tres tipos de contenidos que, lejos de oponerse, se vertebran y potencian su aprendizaje.

### Los procedimientos

Existen múltiples clasificaciones en relación a los procedimientos científicos. La mayoría se han realizado desde la óptica de la evaluación, en un intento de proporcionar instrumentos para el diagnóstico del nivel de desarrollo, de las diversas capacidades y habilidades, alcanzado por los alumnos. Los proyectos NAEP (NAEP, 1979), TAPS (Bryce y otros, 1983), APU (APU, 1985), OCEA (Locky Ferrison, 1987), GASP (Swain, 1989) constituyen algunos ejemplos.

Nosotros hemos optado por presentar la clasificación elaborada por Hodson y Brewster (1985) -Tabla 1- con la intención de guiar el diseño de las experiencias de aprendizaje y de construir un esquema efectivo para su evaluación. Sin lugar a dudas, los procedimientos aparecen ligados a las investigaciones científicas y al trabajo experimental. Los trabajos prácticos constituyen uno de los instrumentos más adecuados de los que dispone el profesor para la enseñanza de las Ciencias. Las actividades de laboratorio se ajustan a los diversos aspectos de que consta la enseñanza de las Ciencias.

*Tabla 1. Clasificación de los procedimientos científicos para facilitar el diseño de actividades de aprendizaje así como su evaluación (Hodson y Brewster, 1985)*

#### 1. Planificación de investigaciones

P1 Identificación y clarificación de problemas (plantear las preguntas adecuadas)

P2 Formulación de hipótesis

P3 Selección de las pruebas experimentales apropiadas para contrastar las hipótesis

P4 Diseño de experimentos

a. Análisis de las fases

b. Identificación y control de variables

c. Selección de métodos y aparatos apropiados d. Identificación de las medidas de seguridad

## **2. Realización de investigación**

P5 Observación precisa de objetos y fenómenos

P6 Selección de los instrumentos de medida apropiados

P7 Medición con exactitud

P8 Descripción y presentación de informes sobre las observaciones en lenguaje apropiado (cualitativo y cuantitativo)

P9 Seguridad en el uso de material de laboratorio

P10 Ejecución de operaciones de laboratorio rutinarias

P11 Ejecución de técnicas específicas

P12 Seguimiento de métodos habituales y no habituales según instrucciones escritas y verbales

P13 Trabajo metódico y eficiente

## **3. Interpretación y aprendizaje a partir de las investigaciones**

P14 Proceso, manipulación y organización de datos experimentales

P15 Presentación de los datos en la forma adecuada

P16 Análisis e interpretación de los datos (reconocimiento de tendencias, secuencias y patrones)

P17 Extrapolación de datos y generalización

P18 Relación entre los datos con referencia a las teorías relevantes P19 Extracción de conclusiones

P20 Sugerencias para modificar y mejorar los próximos trabajos

## **4. Comunicación**

P21 Preparación y comunicación oral y escrita de explicaciones e informes de forma adecuada, considerando el contenido y el receptor

Tradicionalmente se ha pensado que los procedimientos debían ir ligados a los trabajos prácticos y, por tanto, al trabajo experimental en el laboratorio. Hodson (1988) cree que hay un cierto grado de confusión inherente a la asunción que todo trabajo práctico requiere trabajo de laboratorio. Entendemos que las experimentaciones tienen tres componentes principales: el *propósito/ problema*, el *procedimiento/ técnica*, los *resultados que interpretar/ respuesta*.

Es posible considerar cada uno de estos aspectos separadamente como fases *preexperimentales*, *experimentales* y *postexperimentales*, y diseñar y seleccionar actividades que se dirijan específicamente a algunos de estos estadios. Es evidente que la fase experimental de cualquier trabajo práctico requiere el uso del laboratorio, pero pueden plantearse tareas en las que el énfasis se centre en un contenido de una fase distinta.

La fase de planificación (preexperimental), en la que se debe identificar un problema investigable, la formulación de hipótesis que avancen una posible respuesta al problema, la identificación de variables de un experimento, el diseño del control..., incluye la aplicación de algunas capacidades que dependen tanto de los conocimientos conceptuales de que se dispone en aquel tema, como de los procedimientos relacionados con la investigación. Se trata de tareas que favorecen el pensamiento creativo de los alumnos y que tienen valor por sí mismas. A pesar de estar directamente relacionadas con los

procedimientos, no requieren del trabajo en el laboratorio.

Análogamente, la fase de interpretación de resultados y aplicación de los conocimientos, propia del trabajo posexperimental, depende más bien de la teoría que cada persona ha construido que del propio trabajo experimental. Así, la elaboración de gráficos para destacar la relación entre variables, la interpretación de unos resultados experimentales que se presentan, la aplicación de esos mismos resultados a nuevos contextos, son ejemplos de trabajos posexperimentales en los que tampoco se usa el laboratorio.

El análisis de un experimento, para determinar qué problema se investiga, para determinar la hipótesis que se está contrastando, para decidir sobre la validez del experimento, para proponer mejoras a su diseño, para estudiar la interpretación que se ha hecho de los resultados, constituye otro ejemplo que no requiere trabajo en el laboratorio y donde, sin duda, se está incidiendo en el desarrollo de los procedimientos.

Incluso no siempre hay que relacionar fase experimental y laboratorio. Pueden plantearse investigaciones que, por el instrumental que necesitan, por el tipo de trabajo que requieren y por su propia naturaleza, se ejecuten en el aula.

## Actividades de aprendizaje

Para ilustrar esta situación presentamos dos actividades de aprendizaje que inciden en el trabajo conjunto de conceptos y procedimientos. Son actividades que creemos adecuadas para el segundo ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. En "La germinación de la soja verde" podemos observar una situación problema; no se trata de un trabajo experimental, ni se utiliza el laboratorio (aunque podría finalizarse la actividad llevando a cabo el experimento que se planifica). "Investigando con una regla" es propiamente un trabajo práctico. En él se proporciona un procedimiento de investigación y se pide al alumno que determine un problema investigable con este procedimiento, que formule una hipótesis y que planifique finalmente el experimento. No necesita tampoco el laboratorio; se puede realizar en el aula.

Entre paréntesis se indica el procedimiento sobre el que se pretende incidir, en relación con los presentados en la Tabla 1.

### La germinación de la soja verde

#### INGREDIENTES VALOR ENERGÉTICO

100% soja verde 310 Kcal/100 g

*PREPARACIÓN.* Para germinar la soja se debe poner ésta en agua al menos durante 12 horas. Una vez escurrida, tenerla en un ambiente húmedo, unas 36 horas, a una temperatura no inferior a 20° C.

Esta es la etiqueta que dio lugar a un problema. En las instrucciones se pueden leer las condiciones que provocan la germinación, pero... ¿hay que ponerlas a la luz o en la oscuridad?; ¿la germinación de la soja es independiente de la luz?

Quisimos determinar la influencia de la luz en la germinación de la soja. Por ello, seguimos las instrucciones de la etiqueta y pusimos en agua 40 semillas durante 12 horas. Después colocamos en dos bandejas un papel secante impregnado en agua, y en cada una de ellas depositamos 20 semillas. Mientras que una bandeja se situó en una zona bien iluminada del laboratorio, la otra la guardamos en un armario, en un ambiente totalmente oscuro.

Después de dos días contamos las semillas germinadas y observamos los siguientes resultados:

- Bandeja que no recibía luz: 18 semillas germinadas.

- Bandeja expuesta a la luz: 14 semillas germinadas.

Algunos alumnos elaboraron la siguiente conclusión: la oscuridad favorece la germinación.

1. Para analizarla investigación es conveniente responder las siguientes cuestiones:

- ¿Cuál fue la variable independiente de este experimento? ¿Y la variable dependiente? (P4) ¿Estás de acuerdo con las conclusiones que se formularon? ¿Por qué? (P19) ¿Puedes proponer alguna mejora sobre el experimento que se realizó? (P20)

2. Un grupo de alumnos cuestionó el experimento. Éste fue su razonamiento:

"La bandeja que recibía luz estaba en un ambiente donde, por influencia de la radiación solar, reinaba una temperatura superior. Aunque creemos que la temperatura no influye en la germinación, sí afecta a la evaporación del agua, y por tanto, la evaporación era mayor en la bandeja que recibía luz. Se acepta que la humedad es un factor decisivo en la germinación. Como la humedad era menor, esto provocó que germinaran menos semillas que en la bandeja que estaba a

oscuras."

- ¿En qué parte de la experimentación se centra la crítica de los compañeros? ¿Te parece razonable? (P20)

3. Un segundo grupo expuso lo siguiente:

"Al observar la soja germinada, hemos visto que ha crecido una pequeña raíz. Nos parece que la influencia de la luz/oscuridad debería estudiarse a partir de la longitud de estas raíces en ambas condiciones."

- ¿En qué parte de la experimentación se centra la crítica de los compañeros? ¿Te parecen razonables? (P20)

4. ¿Puedes proponer alguna crítica al experimento explicado? En caso afirmativo, ¿en qué parte de la experimentación se centra la crítica? (P20)

5. ¿Cómo diseñarías un experimento que tuviera en cuenta las críticas de estos compañeros? Puede ser conveniente responder las siguientes cuestiones:

- ¿Cuál es el problema que se investiga? (P1) ¿Qué hipótesis se pone a prueba? (P2) ¿Cuál será la variable independiente de este experimento? ¿Y la variable dependiente? (P4) Recuerda identificar todas las variables que crees que pueden modificar los resultados y determinar cómo actuarás (P4).

- ¿Cómo presentarás los resultados? (P14) ¿Y las conclusiones? (P21)

### Investigando con una regla

Observa el dibujo. Imagina que un compañero sujeta la regla por la parte superior. Te hace poner la mano, con los dedos índice y pulgar separados igual que en el dibujo, en la parte inferior. Suelta la regla y... ¡Debes cogerla con los dedos lo más rápidamente posible!

<http://www.grao.com/imgart/images/AU/A003026U.gif> - Figura 1

1. Formula un problema (relacionado con toda la clase, no sólo con un individuo) que pueda investigarse con este procedimiento y el gráfico adjunto. (P1)

2. ¿Tienes una posible respuesta o hipótesis al problema planteado? (P2)

3. Planifica una investigación para contrastar tu hipótesis. Puede ser conveniente responder las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo ajustarás la investigación a la hipótesis que evaluarás? (P3) ¿Qué pasos seguirás en la investigación? (P4) Piensa en todos los factores que puede modificar los resultados, ¿cómo los controlarás? (P4)

- ¿Cómo presentarás los resultados? (P14) ¿Cómo los relacionarás con las conclusiones? (P21)

### Evaluación de los procedimientos

Como hemos citado anteriormente, se han desarrollado distintos proyectos para el diagnóstico y evaluación del aprendizaje en el campo de los procedimientos. Puede resultar interesante, para el uso de los profesores, el marco de evaluación, diseñado por Tamir, Nussinovitz y Friedler (1982), denominado PTAI (Practical Test Assessment Inventory). Consta de 21 categorías que representan las distintas capacidades de investigación, comenzando por la formulación de problemas y acabando por la aplicación del conocimiento descubierto -consultar la Tabla 2-. Cada categoría contiene tipos posibles de respuestas valoradas de acuerdo con su nivel de aceptación o corrección. Así, el profesor puede identificar y valorar la respuesta dada por el alumno, con alguna de las respuestas, formuladas a nivel general, que ofrece cada categoría. La <http://www.grao.com/imgart/images/AU/A003027U.gif> - Tabla 3 muestra la clave para la puntuación de las cuestiones etiquetadas como P1 y P2 (formulación de problemas y formulación de hipótesis) en las actividades utilizadas como ejemplos.

Tabla 2. Categorías que se evalúan a través de PTAI

1 Formulación de problemas

2 Formulación de hipótesis

2 Identificación de la variable independiente

- 4 Identificación de la variable dependiente
- 5 Diseño del control
- 6 Adaptación del diseño al problema estudiado
- 7 Planificación experimental completa
- 8 Comprensión de la función de control en el experimento
- 9 Obtención y presentación de medidas
- 10 Determinación y preparación de disoluciones adecuadas
- 11 Observación con el microscopio
- 12 Descripción de observaciones
- 13 Construcción de gráficos
- 14 Construcción de tablas
- 15 Interpretación de datos observados
- 16 Elaboración de conclusiones
- 17 Explicación de los resultados de una investigación
- 18 Examen crítico de los resultados
- 19 Aplicación de conocimiento previo
- 20 Comprensión e interpretación de los datos de un gráfico
- 21 Sugerencias para continuar la investigación

Con el uso de este tipo de diagnóstico se consigue estandarizar y dar una mayor objetividad a los resultados de la evaluación. Además permite y favorece el diseño de actividades de evaluación dirigidas a determinar las capacidades de investigación que muestran los alumnos (Tamir, 1988).

**Hemos hablado de:**

Educación  
Didáctica de los procedimientos  
Ciencias naturales  
Educación en ciencias

**Bibliografía**

Apu (1985): Science at age 13 and 15. Sample questions. London. Department of Education and Science.

Bryce, T.G.K.; Maccall, J.; Mcgregor, J.; Robertson, I J.; Weston, R.A.J. (1983) Teachers guide in TAPS Assessment Pack. London. Heinemann.

Gil, D.; Carrascosaj, Furió, C.; Martínez Torregrosa, J. (1991): La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona. Horsori.

Hodson, D. (1988): "Toward a philosophically more valid science curriculum." Science Education, 72,19-40.

Hodson, D. (1992): "Redefining and reorienting practical work in School Science." School Science Review, 70, 33-40.

Hodson, D.; Brewster, J. (1985): "Toward Science profiles". *School Science Review*, 67, 231-240.

Lock, R.; Ferriman, B. (1987): Ocea. "The development of graded assessment scheme in science (1982-4)". *School Science Review*, 68,570-575.

NAEP (1979). Three assessments of science, 1969-77. technical summary. Report No. 08-S-21. Washington. Education Commission of the States.

Sanmartí, N.; Mauri, T.; Izquierdo, M.; Gómez, I. (1990). "Los procedimientos". *Cuadernos de Pedagogía*, 180, 28-32.

Swain, J.R.L. (1989): "The development of a framework for the assessment of process skills in a Graded Assessment in Science Project." *International journal of Science Education*, 11, 251-259.

Tamir, P. (1989): "Training Teachers to teach effectively in the laboratory." *Sciena education*, 73,59-69.

Tamir, P.; Nussinovitz, R.; Friedler, Y (1982): "The design and use of Practical

## **Dirección de contacto**

Carmen Albaladejo

Ramón Grau