

Aureli Caamaño. (2004). Alambique. [Versión electrónica]. Revista Alambique 39

Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos?

Aureli Caamaño

El presente artículo presenta una clasificación de los trabajos prácticos experimentales basada en cuatro tipos: experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones, que se considera dan cuenta de la diversidad de trabajos prácticos que se utilizan en las clases de ciencias. Se destaca la importancia de las experiencias, para conocer perceptivamente los fenómenos; de los experimentos ilustrativos, para interpretar los fenómenos; de los ejercicios prácticos, para aprender determinadas habilidades prácticas básicas, y de las investigaciones, para conseguir una comprensión conceptual y procedimental de la ciencia desde una perspectiva holística.

Palabras clave: ciencia, experimentos, enseñanza, educación, aprendizaje, investigación

Experiences: illustrative experiments. Practical exercises and research: is this a useful classification for practical work?

The present article offers a classification of experimental practical work based on four types: experiences, illustrative experiments, practical exercises and research, that cover the diversity of practical work that is done in the science classroom. We underline the importance of the experiences so as to know perceptively the phenomena: from the practical to learn determined practical basic skills and the research to gain a conceptual and procedural understanding of the science from a holistic perspective.

Se han propuesto diversas clasificaciones para los trabajos prácticos experimentales en función de sus objetivos. Así, por ejemplo, Woolnough y Allsop (1985) proponen diferenciar entre experiencias, ejercicios prácticos e investigaciones. Según estos autores, las experiencias son actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos; los ejercicios prácticos son actividades diseñadas para aprender habilidades prácticas y técnicas (tienen un carácter especialmente orientado, de ahí el nombre de "ejercicios"), y las investigaciones son actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como los científicos o los tecnólogos en la resolución de problemas.

Gott, Welford y Foulds (1988) proponen en el proyecto APWIS (Assessment of Practical Work in Science) una clasificación basada en cinco tipos de trabajos prácticos: experimentos ilustrativos, experimentos informativos, actividades de observación (que incluyen la interpretación), uso de habilidades básicas (uso de instrumentos, medidas, etc.) e investigaciones que, a su vez, se subclasifican en función del tipo y número de variables que intervienen (Gott y Dugan, 1995).

Albaladejo y Caamaño (1992) y Caamaño (1992), en un intento de dar cuenta de la pluralidad de trabajos prácticos presentes en las clases de ciencias, han propuesto una clasificación que implica una adaptación de las dos propuestas anteriores y que se basa en cinco tipos de trabajos prácticos: experiencias, experimentos ilustrativos (actividades para ejemplificar principios, ilustrar la relación entre variables o mejorar la

comprensión de determinados conceptos), ejercicios prácticos (que se subclasifican en ejercicios prácticos procedimentales y ejercicios prácticos corroborativos de la teoría), experimentos para contrastar hipótesis e investigaciones. En estas últimas se distingue entre investigaciones para resolver problemas teóricos e investigaciones para resolver problemas prácticos. En una clasificación más reciente (Caamaño, 2003) se proponen únicamente cuatro tipos de trabajos prácticos: experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones. Las experiencias son utilizadas para obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos; los experimentos ilustrativos, para ilustrar principios y leyes, e interpretar fenómenos desde una perspectiva constructivista, en una línea similar a la propuesta por Sanmartí, Márquez y García (2002). Los ejercicios prácticos constituyen actividades para el aprendizaje de métodos y técnicas y determinación de propiedades. Y por último, las investigaciones son actividades que se utilizan para construir conocimiento, comprender los procesos de la ciencia y aprender a investigar. A continuación, describimos con mayor detalle cada uno de estos tipos de trabajos prácticos, que aparecen resumidos en el cuadro 1.

Cuadro 1. 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.
- 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 o geológico, imprescindible para plantear una comprensión teórica.

- La adquisición de un potencial de conocimiento tácito que pueda ser utilizado en la resolución de problemas. El papel del 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 diversos autores.

Son ejemplo de experiencias: sentir la fuerza de una goma elástica al estirla, observar las imágenes que forman diferentes lentes, oler un gas, observar los cambios perceptibles en las reacciones químicas (cambio de color, desprendimientos de un gas, formación de un precipitado, etc.).

Los *experimentos ilustrativos* están destinados a interpretar un fenómeno, ilustrar un principio o mostrar una relación entre variables (Corominas y Lozano, 1994; Cortel, 2002). Pueden constituir una aproximación cualitativa o cuantitativa al fenómeno. En el caso de ser realizadas únicamente por el profesor o profesora se acostumbra a denominar *demonstraciones*. Son ejemplos de experimentos ilustrativos, la observación de la combustión de una vela en el interior de un vaso, la migración de los iones coloreados de una solución en una electroforesis, la difusión del cloruro de hidrógeno en relación con la del amoníaco, la diferente viscosidad de los alcoholes en relación con la intensidad de las fuerzas intermoleculares, la visualización cuantitativa de la relación entre el aumento de la presión y la disminución del volumen de un gas (ley de Boyle), o la visualización de la relación de

proporcionalidad directa entre el voltaje y la intensidad de corriente que se da en determinados materiales (ley de Ohm). En este sentido el uso de sensores y equipos informáticos de captación de datos nos permite actualmente una observación más inmediata de estas relaciones, al poder visualizarlas en un gráfico en la pantalla de un ordenador en el mismo momento en que se están realizando las medidas (Pintó, 2002). La descripción de los fenómenos observados implica siempre una interpretación de ellos, en mayor o menor grado. Al utilizar las experiencias y los experimentos ilustrativos como actividades prácticas interpretativas debemos tener presente que los hechos observados pueden tener diferentes interpretaciones, según el marco teórico desde el que se describen. Algunos autores han llamado la atención sobre la interpretación simplista de muchos experimentos realizados en el ámbito escolar, por la ausencia de consideración de interpretaciones alternativas (García-Rodeja y Lucas, 1990). Una experiencia ilustrativa realizada comúnmente en la ESO y descrita en muchos libros de texto que permite ejemplificar el peligro apuntado es la combustión de una vela en un recipiente cerrado (Caamaño, 2003), cuyo planteamiento e interpretación se presenta en el cuadro 2.

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

Los *ejercicios prácticos* son actividades diseñadas para aprender determinados procedimientos o destrezas, o para realizar experimentos cuantitativos que ilustren o corroboren la teoría. Tienen un carácter especialmente orientado. Según donde se ponga el énfasis en estas actividades, se puede distinguir entre ejercicios prácticos:

- *Para el aprendizaje de procedimientos o destrezas, ya sean, prácticas (de laboratorio), intelectuales o de comunicación.* Por ejemplo, la determinación de la temperatura de fusión; la clasificación de sustancias según sus propiedades; o la determinación del porcentaje de ácido acético en una muestra de vinagre mediante una volumetría.

- *Para ilustrar o corroborar la teoría.* Son actividades centradas en la determinación de propiedades o relaciones entre variables, diseñadas para corroborar o ilustrar aspectos teóricos presentados previamente, en cuya realización se aprenden también destrezas prácticas, intelectuales y de comunicación. Por ejemplo, determinar la relación volumen-temperatura de un gas o la relación entre el voltaje y la intensidad en un conductor metálico, en ambos casos siguiendo un guión pautado.

Esta categoría de trabajo práctico es quizás una de las más utilizadas en las clases de ciencias. Los ejercicios prácticos son fácilmente susceptibles de ser convertidos en investigaciones, modificando la manera en que son presentados y realizados, dando al alumnado la oportunidad de plantearse y planificar por ellos mismos el procedimiento a seguir para resolver el problema que se les propone (Caamaño, 2002).

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

Una *investigación* es una actividad encaminada a resolver un problema teórico o práctico mediante el diseño y la realización de un experimento y la evaluación del resultado. Con respecto a la naturaleza del problema propuesto, se puede diferenciar entre:

- *Investigaciones para resolver problemas teóricos,* que tienen como objetivo principal el contrastar hipótesis o determinar determinadas propiedades o relaciones entre variables en el marco de teorías (objetivo que comparten parcialmente con los ejercicios prácticos ilustrativos o

corroborativos). El problema teórico puede consistir en encontrar respuesta a una pregunta, o corroborar una hipótesis o predicción realizada en el desarrollo de un modelo teórico. Por ejemplo: ¿cómo varía el volumen de un gas con la temperatura?, ¿qué evidencias experimentales podemos aportar sobre la independencia de los iones en solución acuosa?, ¿cómo podemos determinar la carga eléctrica de un ión? o ¿cuál es el valor de la constante de Avogadro?

- *Investigaciones para resolver problemas prácticos*, que tienen como objetivo principal la comprensión procedimental de la ciencia (objetivo que comparten con los ejercicios prácticos para el aprendizaje de procedimientos) a través de la planificación y realización de investigaciones para resolver problemas, generalmente planteados en el contexto de la vida cotidiana. Por ejemplo: ¿qué tejido de entre varios abriga más?, ¿qué detergente es el más eficaz?, ¿qué cantidad de hierro (II) contiene una pastilla de Fero-gradumet? Según la complejidad conceptual del problema planteado se requerirá un mayor o menor conocimiento conceptual para su resolución.

La concepción atomista y holística del aprendizaje de los procedimientos

El aprendizaje de determinados procedimientos y técnicas de laboratorio 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 para resolver problemas prácticos es ayudar a la comprensión procedimental de la ciencia, aprendiendo los procedimientos de la ciencia en el transcurso de la resolución de problemas. Así pues, tanto los ejercicios prácticos para el aprendizaje de los procedimientos, como las investigaciones -especialmente las encaminadas a resolver problemas prácticos- comparten el objetivo de la comprensión procedimental de la ciencia, si bien desde perspectivas diferentes. El [cuadro 3](#) muestra la relación entre los dos tipos de ejercicios prácticos y de investigaciones que hemos definido, de acuerdo con dos ejes: cerrado-abierto y conceptos-procedimientos. 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 prácticos 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 el alumnado debe 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 integrado en actividades globales de resolución de problemas. En nuestra opinión en el aprendizaje de los procedimientos puede ser útil la perspectiva atomística en un primer estadio (aprendizaje del manejo de instrumentos y de técnicas), pero la comprensión procedimental de la ciencia se capta mejor desde su perspectiva holística, por otro lado más motivadora.

Un modelo de ciencia basado en la resolución de problemas

Las investigaciones constituyen la actividad central de muchas visiones actuales de la enseñanza de las ciencias. Son defendidas por los partidarios de la visión atomística como actividades que deben ser realizadas después de haber utilizado actividades que impliquen 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 (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 4](#) resume este modelo de ciencia escolar.

En este modelo, dos cuestiones relativas a las investigaciones son de especial interés, los factores que definen el grado de apertura de una investigación y los factores de los que depende la dificultad de una investigación, que abordaremos brevemente a continuación.

El grado de apertura de una investigación

La apertura de una investigación puede definirse en relación con:

1. La forma en que se plantea el problema.
2. La diversidad de estrategias posibles para su solución.
3. El nivel de ayuda dada por el profesor o profesora en la planificación y realización.
4. La diversidad de las soluciones (una única solución, varias, desconocida).

Estas cuatro variables son presentadas en el [cuadro 5](#) como cuatro continua de apertura, siguiendo el análisis del proyecto OPENS (Watson, 1994).

Factores de los que depende la dificultad de las investigaciones

Conocer cuáles son los factores que hacen más difícil una investigación 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 (Assessment Performance Unit) consideró que el nivel de dificultad de una investigación guardaba 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 y la edad del alumnado. AA.VV. (1990) y Grau (1994) han descrito los elementos que permiten establecer una progresión en la dificultad de las investigaciones. Una adaptación de estos elementos se recoge en el [cuadro 6](#).

La implementación de las investigaciones en el aula

La implementación en el aula de los trabajos prácticos investigativos puede realizarse a través de las siguientes fases:

1. Planteamiento del problema
2. Planificación
3. Realización experimental
4. Tratamiento de los datos
5. Evaluación del resultado
6. Comunicación de la investigación

La forma de plantear estas investigaciones y de ayudar al alumnado en su planificación y realización ha sido abordada en diferentes trabajos (Caamaño, 2002; Caamaño y Corominas, 2004).

A modo de conclusión

En este mismo monográfico, Leite y Figueiroa (2004) nos presentan otro tipo de clasificación de los trabajos prácticos cuyo objetivo es diferenciar entre trabajo práctico (realizada por el alumnado manipulando recursos y materiales diversos, no necesariamente experimental), trabajo laboratorial (trabajo práctico realizado en el laboratorio o con equipamientos específicos de laboratorio), y trabajo experimental (trabajo práctico que implica la manipulación de variables, sea en forma de una experiencia guiada o como investigación). Salinas (2004) reflexiona sobre el papel de los experimentos: controlar la validez de las hipótesis y suscitar conjeturas que orienten desarrollos posteriores. Gárritz e Irazoque (2004) nos proponen abordar los trabajos prácticos como actividades integradas con las de resolución de problemas y las de aprendizaje de conceptos. Es indudable, pues, que el esfuerzo de clasificación y diferenciación de los trabajos prácticos, así como la reflexión sobre sus objetivos, es una cuestión esencial en la enseñanza de las ciencias. La clasificación que hemos propuesto para los trabajos prácticos basada en experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones, creemos que permite caracterizar de forma bastante precisa las actividades prácticas que se realizan en las clases de ciencias. El conjunto de experiencias, experimentos ilustrativos e investigaciones de física y química que componen este monográfico son un ejemplo de la importancia que se concede a este tipo de actividades. Son ellas, en nuestra opinión, las que deberían constituir el entramado fundamental sobre el que basar el trabajo práctico de laboratorio de física y química.

Bibliografía

- AA.VV. (1990): *Exploration. A way of learning science*. Oxford. Blackwell Education.
- ALBALADEJO, C.; CAAMAÑO, A. (1992): "Los trabajos prácticos" en M.P. JIMÉNEZ; C. ALBALADEJO; A. CAAMAÑO: *Didáctica de las ciencias de la naturaleza. Curso de actualización científica y didáctica*. Madrid. MEC.
- CAAMAÑO, A. (1992): "Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación" en *Aula de Innovación Educativa*, n. 9, pp.61-68.
- CAAMAÑO, A. (2002): "¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos?" en *Aula de Innovación Educativa*, n. 113-114, pp. 21-26.
- CAAMAÑO, A. (2003): "Los trabajos prácticos en ciencias" en M.P. JIMÉNEZ (coord.) y otros: *Enseñar Ciencias*, pp.95-118. Barcelona. Graó.
- CAAMAÑO, A.; COROMINAS, J. (2004): "¿Cómo abordar con los estudiantes la planificación y realización de trabajos prácticos investigativos?" en *Alambique*, n. 39, pp. 52-63.
- COROMINAS, J.; LOZANO, M. T. (1994): "Trabajos prácticos para la construcción de conceptos: experiencias y experimentos ilustrativos" en *Alambique*, n. 2, pp. 21-26.
- CORTEL, A. (2002): "Segunda ley de Newton con un huevo que no se rompe" en *Aula de Innovación Educativa*, n. 113-114, pp. 30-32.
- GARCÍA-RODEJA, I.; LUCAS, A. (1990): "Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos" en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 8, n. 1, pp. 11.
- GÁRRITZ, A.; IRAZOQUE, G. (2004): "El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en la química de los polímeros" en *Alambique*, n. 39, pp. 40-51.

- GRAU, R. (1994): "¿Qué es lo que hace difícil una investigación?" en *Alambique*, n. 2, pp. 27-35.
- GOTT, R.; WELFORD, G.; FOULDS, K. (1988): *APWIS: Assessment of Practical Work in Science*. Oxford. Basil Blackwell.
- GOTT, R.; DUGAN, S. (1995): *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham. Open University.
- LEITE, L.; FIGUEIROA, A. (2004): "Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias" en *Alambique*, n. 39, pp. 20-30.
- PINTÓ, R. (2002): "El trabajo experimental con nuevas tecnologías" en *Aula de Innovación Educativa*, n. 113-114, pp. 33-38.
- SALINAS, J. (2004): "El papel de la experimentación en la enseñanza de la física" en *Alambique*, n. 39, pp. 31-39.
- SANMARTÍ, N.; MÁRQUEZ, C.; GARCÍA, P. (2002): "Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias" *Aula de Innovación Educativa*, n. 113-114, pp. 8-13.
- WATSON, R. (1994): "Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias" en *Alambique*, n. 2, pp. 57-65.
- WOOLNOUGH, B.; ALLSOP, T. (1985): *Practical work in science*. Cambridge. Cambridge Educational.

Dirección de contacto

Aureli Caamaño