

Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias

Neus Sanmartí
Conxita Márquez
Pilar García Rovira

Tradicionalmente se ha considerado la realización de trabajos prácticos un indicador de calidad de la enseñanza de las ciencias. A pesar de ello, se duda de su efectividad en el aprendizaje y, junto con los problemas de organización que conllevan, se valora que su aplicación no es imprescindible. Aunque nadie duda de su función motivadora, ésta se puede conseguir a través de otros tipos de actividades mucho menos costosas.

La necesidad de manipular, de observar y de experimentar para aprender ciencias depende, en buena parte, de lo que se considere la finalidad de su aprendizaje. Si sólo se trata de nombrar y de repetir definiciones e ideas incluidas en los libros de texto, evidentemente no son necesarios los trabajos prácticos. Pero si la finalidad es que el alumnado llegue a ser capaz de explicar los fenómenos del mundo que les rodea utilizando modelos y teorías propias de la ciencia actual, es mucho más dudoso que se pueda llegar a construir dichos modelos sin revisar al mismo tiempo las formas de percibir los hechos. Aprender ciencias, como veremos, implica aprender a cambiar las formas de ver los fenómenos, de razonar, de hablar y de emocionarse en relación a ellos, todo de forma simultánea (Arca y cols., 1990).

Lo que hace interesante la ciencia se relaciona precisamente con el reto que representa llegar a estos modelos explicativos, y reconocer su belleza y su potencia para transformar la realidad. Cuando se llega a ser capaz de explicar algo científicamente, se toma conciencia de la poderosa capacidad de las personas para llegar a construir estos conocimientos y no hay duda de que ello es una fuente de placer.

Pero "capacidad explicativa", "belleza", "transformación de la realidad" y "placer" no son términos que se asocien al aprendizaje científico. Es algo que se debería revisar y cuya relación con la experimentación no es marginal.

El aprendizaje de las ciencias visto como un proceso de modelización de la realidad

¿En qué consiste enseñar ciencias? Podríamos responder a esta pregunta diciendo que es el conjunto de acciones que promueve el profesorado para favorecer el proceso de *modelización* que realizan alumnos y alumnas con la finalidad de "dar sentido" a los hechos de su entorno (Izquierdo y cols., 1999), un sentido que ha de tender a ser coherente con el conocimiento científico actual.

Desde este punto de vista, hacer ciencia (y, en la escuela, hacer ciencia escolar) es llevar adelante una actividad en la cual la experimentación, las representaciones imaginadas y la discusión sobre ellas se entrecruzan para la construcción de modelos explicativos, modelos que han de ser coherentes con los hechos. A partir del estudio de situaciones surgidas de la realidad y transformadas en problemas para los alumnos, éstos expresan sus ideas y el profesorado les ayuda a ponerlas en funcionamiento, promoviendo la discusión sobre aspectos que a su juicio son relevantes en relación al modelo o teoría científica de referencia.

Por ejemplo, los alumnos observan qué le sucede a un globo medio hinchado al hacer el vacío en el recipiente que lo contiene (fig. 1). La experiencia acostumbra sorprenderles y a partir de ello se transforma en un problema: ¿por qué sucede lo observado? Para llegar a poder responder a esta pregunta con sentido será necesario construir un modelo inicial de "gas" que puede incluir una visión discontinua de la materia. Este modelo se puede ir ampliando en función de los alumnos con otras ideas o características como "ver-imaginar" la idea de presión. La experiencia será el punto de partida alrededor del cual se puede generar el nuevo conocimiento.

<http://www.grao.com/imgart/images/AU/A113009U.gif> - Figura 1

En los modelos se relacionan experiencias, instrumentos, analogías, ideas, palabras..., por lo que todos estos aspectos forman parte de él. Aunque tendemos a pensar que una cosa es la experiencia-realidad y otra el modelo que la explica, si profundizamos en ello reconoceremos que la propia experiencia pasa a formar parte del modelo, tanto porque la miramos con sus ojos como porque las ideas se han generado en relación a ella. Por ejemplo, el modelo "gas" que se pueda construir estará relacionado con las posibilidades de cambio de volumen, con la "fluidez", con la "presión" que ejerce..., y no con el color u otras propiedades que podríamos observar.

Los modelos se pueden expresar a través de una variedad de lenguajes: dibujos, gráficos o diagramas, maquetas, expresiones verbales... y cada uno facilita el acceso a un determinado aspecto del fenómeno. Una fórmula matemática puede representar un modelo, de la misma forma que una palabra. Por ejemplo, para una persona experta, el decir que

algo se ha *disuelto* tiene una gran carga explicativa porque empaqueta de forma interrelacionada una gran cantidad de hechos y sus interpretaciones. Aprender ciencias es, pues, llegar a que estos dibujos-palabras-fórmulas tan útiles para la ciencia, tengan significado y también sean útiles para el alumnado.

¿Por qué es importante partir de la experiencia?

Las prácticas tienen una primera finalidad de compartir objetivos, de ponernos todos de acuerdo -alumnos y profesorado- sobre qué queremos aprender a explicar. El objetivo de aprendizaje no es "saber qué es un gas" o "saber la teoría cinetico-molecular de la materia", sino saber explicar fenómenos del entorno con dichos modelos. La actividad científica está guiada por la finalidad de explicar, de entender cómo y por qué sucede algo (muchas veces, para poder luego utilizar este conocimiento en la transformación de dicha realidad). De la misma forma, la actividad científica escolar sólo puede estar guiada por este tipo de objetivos.

La vivencia inicial, la observación y la manipulación, posibilitan el concretar qué es lo que se quiere llegar a saber y, por tanto, que se sepa por qué se realizarán las distintas actividades: discusiones, nuevas observaciones, escritos, lecturas... Evidentemente, será sólo una representación inicial de los objetivos, ya que cada nueva observación y cada intercambio de puntos de vista conllevará cambios en su planteamiento, pero habrá un referente inicial común. Por ejemplo, quemar azúcar, hacer "desaparecer" una aspirina efervescente en agua, obtener sustancias de colores a partir de otras incoloras..., son observaciones que pueden llevar a plantearnos qué tienen en común y cómo se explican, y ser el punto de partida de la construcción de un modelo de cambio químico.

Sin la referencia concreta a hechos compartidos, es muy difícil reconocer que es lo que estamos aprendiendo e incluso de qué se está hablando. Muchas de las dificultades de los alumnos y alumnas se explican por esta dificultad en conectar aquello de lo que se habla en clase con su experiencia.

A los profesores nos cuesta reconocer esta importancia porque para nosotros son muy evidentes las relaciones entre la "teoría" y lo que explica. Pero deberíamos preguntarnos si estas relaciones son tan evidentes para los alumnos. Por ejemplo, ¿qué hechos explican los modelos de orbitales híbridos?, ¿son relevantes estos hechos para los alumnos de una determinada edad o intereses?, ¿tiene sentido enseñar estos modelos si no les explican nada?

Los hechos se han de transformar en hechos científicos escolares

Los hechos objeto de estudio de la ciencia no son tanto lo que sucede como una reelaboración vista desde la finalidad que se quiere conocer. Mediante la actividad científica escolar, los fenómenos de la vida cotidiana se transforman en *hechos científicos escolares* (Izquierdo y cols., 1999). Por ejemplo, todos los alumnos y alumnas saben que tienen cierto parecido con alguno de sus parientes, pero sólo cuando este hecho conocido es analizado más sistemáticamente -diferenciando caracteres, analizando cuáles se repiten y cuáles no, en qué proporción, etc.- se transforma en un hecho científico escolar.

De la misma forma, aunque todo el mundo sabe y dice que los objetos de hierro se oxidan, *ver* la oxidación del hierro como un cambio químico requiere, en primer lugar, *mirar* el fenómeno con otros ojos. ¿La herrumbre es atraída por un imán?, ¿pesa más o menos que el metal original?, ¿puede volver fácilmente al estado inicial?

Este cambio del punto de vista perceptivo no es algo banal. Implica orientar la mirada a través de preguntas que no son las habituales en el contexto cotidiano.

Para los que enseñamos, generalmente estas preguntas no representan ningún cambio de percepción, ya que *vemos* óxido de hierro, un compuesto con propiedades distintas a las de los elementos que lo forman y que pesa más que el hierro puro. Pero aunque *hablemos* de ello a nuestros alumnos, éstos continuarán "viendo" el óxido como un tipo de hierro, muy poco denso (dicen que pesa poco) porque el aire se ha "mezclado" con él. Es decir, los hechos de los que se habla en clase tienen poco que ver con los construidos cotidianamente y no se pueden establecer relaciones significativas a no ser que a través de las actividades de enseñanza se favorezca este cambio de percepción.

Es necesario, pues, distinguir entre la observación entendida como una captación de datos sensoriales y la que se entiende como la percepción de objetos, situaciones, relaciones, estado de las cosas, etc., relacionadas con un modelo. Por ejemplo, una cosa es identificar el color, la textura, o la forma de objetos que son rocas, y otra es percibir una roca.

De la misma forma tampoco se puede esperar del alumnado novel que observe una célula en el microscopio y reconozca sus partes, porque tan sólo verá manchas, formas geométricas, etc. Para ver el núcleo, las membranas, y distinguir entre células de vegetales y células de origen animal, es necesaria una representación del concepto de célula como un sistema en el que se interrelacionan partes distintas que tienen funciones específicas.

Los instrumentos también son necesarios para construir *hechos científicos*. Un osciloscopio permite *ver* ondas, la balanza posibilita conceptualizar a la masa como cantidad de materia y el dinamómetro al peso como una fuerza. Es más, su uso permite empezar a reconocer que masa y peso son magnitudes distintas sencillamente porque se necesitan instrumentos distintos para medirlas. El aprendizaje de una determinada técnica no tiene, por tanto, una finalidad en sí misma -saber pesar con una balanza, filtrar o manejar un osciloscopio-, sino la construcción de los modelos asociados. Por eso es tan difícil separar en ciencias el aprendizaje de procedimientos del de los conceptos.

Precisamente, uno de los factores que han dado lugar al avance de la ciencia es la invención y uso de nuevos instrumentos que han ampliado el campo de la percepción humana. Sin microscopio no existiría el concepto de célula tal como hoy se ha construido. En cambio, en la escuela, a veces se piensa que es posible aprender prescindiendo del conocimiento del instrumento que ha contribuido a la génesis de un modelo o teoría.

A veces es difícil observar la realidad directamente, pero se pueden utilizar maquetas o programas informáticos que posibiliten realizar simulaciones. En los dos casos, de nuevo no se trata de pensar que estos recursos muestran la realidad y sólo hay que percibirla, sino que son medios para reconstruirla. Por ejemplo, una maqueta del sistema solar es sólo un referente para empezar a hablar de fenómenos conocidos como son el día y la noche, estaciones, eclipses..., y para empezar a generar explicaciones. Se puede manipular, introducir cambios, probar... La maqueta, al igual que la experiencia, "responde" a los cambios y provoca la necesidad de ajustar observaciones y explicaciones.

Pero ello implica que no cualquier experiencia es buena para aprender, ni que lo sean las más espectaculares o las más complejas. Ni tampoco que se tengan que realizar muchas experiencias distintas. De la misma forma que, tal como decía B. Rusell, la ciencia ha avanzado a través de experiencias paradigmáticas, también en la escuela son necesarias *experiencias paradigmáticas* escolares que se caractericen por su poder para favorecer en los alumnos el proceso de construcción de modelos significativos desde la ciencia. Por ejemplo, manipular un recipiente de vacío puede ser una experiencia paradigmática por su potencia para hacer imaginar explicaciones a los alumnos.

De los hechos a los modelos y viceversa

A partir de la observación, en función de los conocimientos previos y muchas veces a través de procesos de pensamiento de tipo analógico, cualquier persona es capaz de imaginar y generar representaciones. En el caso del globo y el recipiente de vacío, para explicar las observaciones unos alumnos se centran en la "piel" del globo y se la imaginan con pequeños agujeros por donde pasa el aire. Otros imaginan que el émbolo estira la piel del globo, hace una fuerza. Ver el aire es más difícil y, aún más, ver diferencias entre el aire que hay dentro del globo y el que hay fuera. Lo que interesa para favorecer la construcción colectiva de los modelos es que haya una diversidad de formas de ver y de representarse la realidad, ya que, sin representaciones distintas, no hay posibilidad de avanzar en el proceso de modelización.

De las distintas representaciones expresadas, el profesorado privilegia las que le parecen más interesantes en relación a las teorías científicas de referencia. Si alguien ha hablado del aire de dentro del globo, empezará a hacer preguntas sobre ello y planteará nuevas experiencias hinchando globos. Hará discutir sobre variables: ¿es cierto que ha cambiado la cantidad de aire que hay dentro del globo? (y promoverá, por ejemplo, observar si la piel del globo es permeable) y ¿ha cambiado la cantidad de aire que hay fuera del globo (y hará observar si entra aire cuando restablece la presión en su interior), etc., etc. Es decir, promoverá que los alumnos *miren* el fenómeno desde determinados puntos de vista e identifiquen evidencias que apoyen la argumentación.

Al mismo tiempo, propondrá imaginarse el aire a otro nivel de observación (dibujemos lo que veríamos si observáramos con unos lentes extraordinarios el aire comprimido y sin comprimir) y se discutirá sobre las ventajas de cada tipo de representación en relación a su coherencia con lo que se observa. La experiencia es, pues, el referente para generar representaciones y viceversa. La necesidad de una representación surge de la necesidad de explicar algo y por ello es tan importante que la experiencia planteada no resulte obvia o sin sentido para el alumnado.

Modelizar implica cambios de las formas de expresar, de razonar, de emocionarse...

El proceso de modelización comporta cambiar las formas de percibir y de representar las percepciones, pero estos cambios están mediados por otros que se dan simultáneamente, como son los cambios en las formas de razonar, de hablar y de emocionarse (cuadro 1). Que evolucionen los modelos depende en buena parte de que evolucionen estos aspectos.

<http://www.grao.com/imgart/images/AU/A1130121.gif> - Cuadro 1

Así, encontramos tipos de razonamientos espontáneos que condicionan lo que se observa. Por ejemplo, los alumnos tienden a razonar "covariando", y relacionan menos volumen con menos aire, por lo que les es difícil imaginar que es posible un mayor volumen con igual cantidad de aire en el globo. El cambiar las formas de ver implica cambiar las formas de razonar.

También se habrán de cambiar las formas de hablar sobre el fenómeno (Sanmartí y cols., 1999). De un lenguaje afirmativo (con un uso predominante del presente): "Esto es lo que sucede", se habrá de pasar a un lenguaje más hipotético (con el uso del subjuntivo y del condicional) y más argumentativo (con referencias a evidencias y no a posibles "voluntades" de los objetos o materiales). Al mismo tiempo se aprende a utilizar palabras conocidas con mayor precisión: "dilatación", "reacción", "natural"; y nuevos términos: "partículas", "presión"...; símbolos y representaciones que resumen ideas, muchas veces en sentidos no exactamente coincidentes con los de la ciencia experta, pero válidos desde la ciencia escolar porque les sirven a los alumnos para explicar. Estos son algunos de los ejemplos escritos por alumnos de segundo de ESO:

"El globo ha reaccionado de una forma inesperada para mí. Cada vez que sacábamos aire con el émbolo se hinchaba un

poco, hasta llegar a un punto que se ha hinchado todo. Esta reacción, creo que se ha debido a lo siguiente: Al hacer el vacío en el espacio que ocupa el aire dentro del bote, las partículas del aire han reaccionado de forma natural, es decir, se han expandido haciendo estirar el globo, ya que el material con el que está construido es elástico y no impide que se separen. Entonces ha habido menos presión porque ha habido menos peso o cantidad de aire.

"Como ya sabemos, el aire siempre tiende a ocupar todo el espacio y el globo; al estar rodeado de aire, si absorbemos los gases que lo rodean, las partículas de aire de dentro del globo se dilatan para ocupar todo el espacio. Esto da lugar a que el globo se hinche."

"Al hacer el vacío dentro del recipiente, el aire que hay dentro del globo ha querido ocupar el espacio vacío que hay a su alrededor, por ello se hincha."

"Puede ser debido a que se separen las partículas de aire al hacer el vacío. Entonces, disminuye la presión del aire sobre el globo, por lo que las partículas de aire de dentro también se separaran. El resultado (lo que vemos) es que el globo aumenta de volumen."

Otro de los factores que median en el proceso de modelización se relaciona con el cambio en los sentimientos y emociones que se generan. En este cambio tiene mucha importancia poder reconocer que se es capaz de explicar y de transferir el conocimiento a otros campos de experiencias. Por ejemplo, en el trabajo realizado con los recipientes de vacío, comprobamos cómo se generó un deseo de explorar con ellos, y los alumnos los compraron espontáneamente para experimentar por su cuenta y plantearon nuevas aplicaciones (fig. 2). De un punto de partida más bien frío se pasó a un entusiasmo colectivo por experimentar, saber y aplicar.

<http://www.grao.com/imgart/images/AU/A1130122.gif> - Figura 2

En todo este proceso de modelización es necesario promover la reflexión metacognitiva, ayudando a reconocer qué se está aprendiendo y cómo, es decir, cómo se van relacionando las observaciones con las ideas y qué características tienen éstas. Deben haber momentos de recapitulación, en los que los alumnos han de poder expresar las ideas con sus palabras y autoevaluarse. Tomar conciencia de que se aprende es la mayor fuente de motivación (cuadro 2).

Cuadro 2. Una página de un diario de una alumna de 3º de ESO.

Fuente: M. Calvet

¿Qué he aprendido? Al principio, creía que no aprendería nunca a responder las preguntas que sólo empezar nos planteó el profesor, pero parece que ya empezamos a aprender alguna cosa.

La introducción se refirió al tema del vacío. Hicimos una experiencia en la clase utilizando ventosas, y vimos que entre las ventosas y el taburete se creaba un vacío y hacía que eso tuviera fuerza suficiente para levantar el taburete. Bien, la fuerza provenía de fuera y hacía que la ventosa, al no poder hacer fuerza, no se desenganchara.

Después hicimos otra experiencia con una bomba de aire y creábamos un vacío dentro del bote. Cuando bajamos el émbolo, cada vez nos costaba más subirlo porque se había creado un vacío. Entonces intentamos destaparlo y no podíamos, pero cuando girábamos la llave, el aire entraba para ocupar el lugar del vacío que se había creado y, entonces, la tapa salía.

He aprendido que cuando en un objeto se crea un vacío, el aire que está fuera hace una fuerza muy grande sobre él. Esta fuerza ya existía antes, pero se compensaba con la que hacía el aire de dentro y no se notaba. Pero, al no haber aire dentro, es cuando se nota la fuerza de fuera.

La riqueza de vivencias condiciona la riqueza (y el placer) de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias

Explican los que trabajaron con Angeleta Ferrer, una gran profesora de ciencias, que cada año iniciaba el curso con un laboratorio-clase totalmente vacío y acababa lleno de objetos, montajes, maquetas, murales... A medida que se iba aprendiendo, se iba llenando de producciones individuales y colectivas. Lo que se aprendía estaba totalmente interrelacionado con lo que observaba, se manipulaba y se discutía, y una de las formas con las que los alumnos se daban cuenta de que aprendían era precisamente la cantidad de "experiencias" realizadas y de las producciones relacionadas con ellas.

A veces asusta el posible desorden asociado a la experimentación, pero con una buena anticipación y negociación de las "reglas de juego", se eliminan la mayor parte de los problemas.

Es evidente que plantear experiencias implica a veces más trabajo. El profesorado de ciencias es alguien que, cuando va al supermercado, "ve" objetos que pueden ser útiles para sus clases (es el caso, por ejemplo, del recipiente de vacío descrito), que cuando se rompe un juguete o una máquina en su casa no la tira porque puede ser útil para desmontarla y

observarla, que cuando va al campo recoge muestras, hace fotos y se imagina qué podrían ver y hacer sus alumnos en aquel lugar, etc. Y, por tanto, siempre llega a la escuela cargado de objetos.

Pero, al mismo tiempo, todo ello hace que su trabajo sea creativo y nada rutinario. Y si además comprueba que más alumnos se interesan, aprenden y disfrutan, no hay duda de que compensa ampliamente el esfuerzo dedicado.

Hemos hablado de:

Educación
Ciencias
Didáctica
Trabajos prácticos
Realidad
Experimentación

Bibliografía

ARCA, M.; GUIDONI, P.; MAZZONI, P. (1990): Enseñar ciencia. Paidós/Rosa Sensat. Barcelona.

GARCÍA, M.P. (1995): Las prácticas de laboratorio: planificación y evaluación. A: Aspectos Didácticos de Ciencias Naturales, 6. Educación Abierta. ICE Universidad de Zaragoza, pp. 65-103.

GIERE, R.N. (1999): "Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico", en Enseñanza de las ciencias, Extra, pp. 63-70.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. (1999): "Fundamentos y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales", en Enseñanza de las Ciencias, V16(1), pp. 46-61.

SANMARTÍ, N.; IZQUIERDO, M.; GARCÍA, P. (1999): "Hablar y escribir: una condición necesaria para aprender ciencias", en Cuadernos de Pedagogía, n. 281, pp. 54-58.

WARTOFSKY, M.W. (1976): Introducción a la filosofía de la ciencia. Madrid. Alianza Universidad.

Dirección de contacto

Neus Sanmartí
Universitat Autònoma de Barcelonaneus.sanmarti@uab.es

Conxita Márquez
Universitat Autònoma de Barcelona conxita.marquez@uab.es

Pilar García Rovira
Universitat Autònoma de Barcelonapilar.garcia@uab.es