

Roser Pintó. (2002). Aula de Innovación Educativa. [Versió electrònica]. Revista Aula de Innovación Educativa 113

El trabajo experimental con nuevas tecnologías

Roser Pintó

En la actualidad no es concebible un enfoque de los cursos de ciencias para cualquiera de los niveles de la enseñanza que no tenga presente la realización de trabajos prácticos. En todos los currículos se hace referencia a su necesidad y lo único que suele variar es su enfoque y los medios materiales con los que se cuenta.

¿Para qué hacemos un experimento?

Como sabemos, mediante un experimento se pueden perseguir objetivos muy distintos. Con el montaje de un mismo circuito eléctrico podemos medir y analizar los valores de la intensidad de corriente en un nudo como forma de verificar el principio de conservación de la carga; o bien podemos simplemente evidenciar que en un circuito abierto no circula corriente y que en él una bombilla no alumbraría.

Lo que es esencial y no obvio es haber decidido cuáles son los conceptos cuyo aprendizaje queremos favorecer y cuáles son los procesos científicos que, con el enfoque dado, se pretende fomentar en los alumnos. Sin embargo, éste no es el caso de todas las actividades diseñadas; no es extraño encontrar guiones de prácticas cuya finalidad parece estribar en la simple manipulación del material. Dada la escasez de tiempo de docencia con el que contamos, y por tanto, el reducido número de trabajos prácticos que a lo largo de un curso podemos ofrecer, conviene sacar el máximo provecho de cada una de las sesiones del trabajo experimental. Dicho de otro modo, no se trata de encabezar los guiones de las experiencias con unas líneas debajo del epígrafe "Objetivos", que suele corresponder a los aspectos que la experiencia pretende mostrar o evidenciar, sino de haber determinado los objetivos que queremos conseguir del alumnado.

Definir bien los conceptos y los procedimientos objeto de un trabajo experimental es también un propósito importante debido a otras razones. Es esencial que podamos comunicar a nuestros alumnos lo que queremos conseguir que aprendan y realicen, de tal modo que ellos puedan regular sus acciones en vistas a nuestras expectativas. Si deseamos contribuir a la formación de ciudadanos autónomos, no podemos organizar nuestro trabajo de modo que el único rol del alumno sea el de seguir fielmente nuestras instrucciones. No sólo esto: hay suficientes investigaciones en la actualidad que muestran que cuando el alumno es "dueño de su aprendizaje", es decir, si sabe hacia dónde va y para qué, su aprendizaje resulta más significativo y estimulante, ya que puede orientar sus acciones con el fin de conseguir la meta que de él se espera. Por el contrario, los alumnos que no consiguen comprender lo que se les pide y que ven inalcanzables las metas, suelen mostrarse ausentes, desinteresados y acogidos. No basta con que el profesor sepa lo que quiere conseguir: es necesario que los alumnos sepan hacia dónde se dirigen. Por ello, suele resultar adecuado iniciar las sesiones experimentales planteando unos interrogantes, unas cuestiones de la vida cotidiana por resolver. La solución puede hallarse realizando un experimento como el previsto. Plantear tal problema inicial ayuda a centrar la atención y a orientar el trabajo que haya que realizar.

¿Con qué contamos para hacer el trabajo experimental?

Es evidente que la realización de trabajo experimental de calidad requiere disponer de un material de laboratorio adecuado y de un tiempo de docencia suficiente. Sin embargo, estas dos condiciones no siempre se dan en nuestro entorno. Con frecuencia, los alumnos se sienten decepcionados del trabajo experimental debido a estas limitaciones. No comprenden que los datos obtenidos con sus rudimentarias medidas se corresponden con las regularidades que tratan de comprobar o de inducir. Los equipos sofisticados, con frecuencia manejados por el profesor, suelen contemplarse desde una gran lejanía física y mental.

Para alumnos más jóvenes, suele ser de interés trabajar con materiales de recuperación que quizás son poco sólidos y no permiten medidas muy fiables pero, en estos casos, los objetivos del trabajo experimental son otros.

En las sesiones habituales de laboratorio, buena parte del tiempo se emplea en la manipulación de los instrumentos y en la toma de datos, dejando escaso margen para el análisis y discusión de lo observado. El tiempo de que se dispone no permite la consecución de ambos objetivos.

Diversas perspectivas se abren con el uso de las nuevas tecnologías en los cursos de ciencias. Nos centraremos especialmente en la tecnología MBL o de "experimentos en tiempo real", y en las simulaciones.

La tecnología MBL

La tecnología MBL (*micro-computer based laboratory*) o experimentos en tiempo real que desde hace unos 15 años se está implantando con éxito en varios países occidentales, consiste esencialmente en lo siguiente: los alumnos realizan su trabajo experimental tomando los datos mediante sensores conectados a un ordenador que tiene acoplado una interfase. Los sensores que pueden encontrarse en el mercado (de posición, de fuerza, de presión, de temperatura, de intensidad de luz, de sonido, de color, de nivel de CO₂, nivel de O₂, etc.) cubren un rango de medidas que permite abarcar distintos aspectos del currículo para la educación secundaria.

El equipamiento permite a los alumnos realizar un trabajo experimental de mayor calidad, puesto que pueden, en tiempo real, recoger datos de sus experimentos con gran precisión, analizarlos, proponer modelos y probarlos. Así, por ejemplo, el desplazamiento de un objeto físico se observa casi simultáneamente con la generación sobre la pantalla de sus gráficas de velocidad-tiempo, posición-tiempo, etc. Con ello, el alumno puede ver al instante en la pantalla cuáles son las repercusiones de sus acciones y analizarlas. El uso de esta tecnología permite superar el escollo con el que habitualmente tenemos que enfrentarnos: el montaje de las experiencias y la toma y registro de medidas consume todo el tiempo del que se dispone en una sesión de laboratorio. Así pues, plantearse el trabajo con MBL hace posible que los resultados obtenidos se puedan comparar con los modelos ideales. Esta comparación provoca inmediatamente el debate realidad-idealidad, que a su vez plantea el interrogante de cómo se ha construido la ciencia y cuál es el papel de los modelos teóricos. Todo un reto que enriquece la clase de ciencias y contribuye a la real alfabetización científica.

El software actual permite también tomar datos en vivo de fenómenos y procesos que se registren en vídeos convencionales. Un lanzamiento de pértiga, un salto de longitud, etc., pueden ser grabados en vídeo para, posteriormente, analizar los movimientos con gran precisión. Puede ser estimulante para los alumnos realizar estudios de estas características.

No se trata, pues, de utilizar el ordenador como rápido procesador de unos datos obtenidos experimentalmente mediante otros instrumentos de medida, como es frecuente hacer en los laboratorios universitarios. Si bien los trabajos de trazado y ajuste de gráficos, interpolación, etc., pueden resultar útiles en muchas ocasiones, las medidas que se efectúan con algunos instrumentos de los laboratorios escolares son de una baja precisión y por tanto los datos que se obtienen son de escasa fiabilidad. Procesar tales datos con un ordenador tiene un interés relativo. Además, la utilización del ordenador para procesar los datos requiere un tiempo para el registro manual de éstos, tiempo para su entrada en el ordenador y tiempo para confeccionar las gráficas hasta poder llegar a hacer su análisis. Todo ello va en detrimento del intervalo que puede dedicarse en clase a la reflexión y discusión general sobre los resultados, que son aspectos esenciales del trabajo experimental en secundaria.

Las simulaciones

Algunos montajes de laboratorio son especialmente difíciles de conseguir y podemos "apelar a la virtualidad" para que alumnas y alumnos se familiaricen con algún fenómeno que de otro modo sería totalmente inabordable. Éste es el papel que pueden jugar de modo eficaz los programas de simulación.

El software de simulación muestra en pantalla una situación real, como podría ser el vuelo de un avión, un conjunto de espejos, etc., algunas de cuyas condiciones el usuario puede modificar a voluntad. Así, por ejemplo, se puede modificar la velocidad del avión, su altura, su masa, la carga que suelta, etc. Si consideramos un conjunto de espejos, el usuario puede *decidir* cuál será su inclinación relativa, su posición respecto a un foco de luz incidente, el tamaño o posición del objeto que queremos ver reflejado, etc. El usuario tiene que resolver algún problema planteado mediante la variación adecuada de los parámetros que están en juego: dando valores numéricos mayores, menores o nulos; mover los espejos utilizando el *ratón*, etc. Así pues, cuando ofrecemos un programa de simulación a nuestros alumnos, les estamos enfrentando a problemas abiertos, en los que tiene que estar claro qué debe encontrarse y los propios alumnos deben elaborar estrategias adecuadas para conseguirlo. Dada la situación, muy frecuente en la actualidad, de aprender a manejar el ordenador con la propia práctica, es muy posible que los alumnos tiendan a intentar resolver por ensayo y error el problema planteado. Evidentemente, no es éste el procedimiento aconsejable, pero ¿cómo deben resolverlo?

Creo que en la respuesta a esta cuestión estriba el doble interés de las simulaciones.

Por un lado, conseguir cierto objetivo (cierto blanco para un objeto lanzado, cierta posición o tamaño de la imagen de un objeto, cierto brillo de una bombilla virtual, etc.) puede lograrse por caminos distintos. Es decir, solucionar el problema requiere que cada alumno idee una estrategia que puede no ser coincidente con las de sus compañeros. Por tanto, se está aceptando y, en cierto modo alentando, el pensamiento divergente: diversas respuestas para un mismo problema. Diversos estudios han evidenciado que mediante el estímulo del pensamiento divergente se favorece la creatividad y la originalidad, actitudes científicas importantes para todo ciudadano y, por descontado, para todo científico.

Por otro lado, resolver el problema abierto que plantea un programa de simulación supone hacerse cargo de la situación en conjunto y ser capaz de analizar sus partes y sus variables una a una, de modo sistemático, para poder llegar a alguna conclusión. El procedimiento de controlar variables, modificando los valores de un parámetro manteniendo constantes los demás y realizarlo con un mínimo número de pruebas, supone una disciplina mental que podemos esbozar. De todos modos, es un reto difícil de superar para algunos alumnos y, así pues, deberá tenerse presente que sólo en algunos niveles de enseñanza, o bien acotando el número de parámetros, tiene sentido utilizar la simulación como forma de analizar una situación experimental virtual. A menos que el número de variables en juego esté muy limitado, no creemos que la educación primaria sea el momento idóneo para sustituir el trabajo experimental como simulaciones sobre una pantalla, puesto que además es aún momento de tomar contacto físico con los objetos reales.

¿Tiene interés disponer de nuevas tecnologías para el trabajo experimental?

Aunque algunas manifestaciones públicas parecen desdeñarlo, conviene tener presente que el uso de una nueva tecnología no garantiza una enseñanza de mayor calidad. En este momento, el utilizar medios informáticos en nuestros laboratorios sólo indica que hay un deseo de renovación, expresa un interés por mejorar los trabajos prácticos quizás recurriendo a la idea de que el uso de las tecnologías informáticas puede despertar ilusión en los alumnos por estar teñido de un aire de modernidad. Pero tal mejora sólo puede conseguirse si enfocamos el trabajo experimental de modo que les permita realmente avanzar, es decir, si mediante el trabajo experimental favorecemos el que se enfrenten con obstáculos que dificultan su aprendizaje: sus concepciones alternativas y la escasa categorización y jerarquización de sus ideas científicas. La tecnología MBL, al igual que las simulaciones, da pie a conseguir tales metas.

El esquema del cuadro 1 da idea de los pasos sugeridos.

Cuadro 1

Sin entrar en más detalles, desearía resaltar tres aspectos en vistas a plantear la utilización de las nuevas tecnologías en un marco general de la enseñanza de las ciencias:

1. La necesidad de sacar a la luz las ideas que los alumnos se han formado respecto a los conceptos a los que hace referencia un experimento. Realizar experimentos en tiempo real puede propiciar el suscitar concepciones alternativas si, por ejemplo, proponemos que realicen una predicción de la gráfica que van a obtener al tomar los datos. Análogamente, al plantear experimentos virtuales en un programa de visualización, podemos procurar que los alumnos y alumnas prevean la respuesta antes de accionar el punto de la pantalla que nos va dar la solución.

2. Una vez que los alumnos han tomado los datos y analizado la gráfica de la pantalla, es el momento en el que ponen en duda sus ideas previas si no concuerda lo observado con lo previsto. Por ello, es oportuno que el proceso de interpretación de gráficas y el análisis de resultados vaya acompañado de una formulación verbal clara de los conceptos, puesto que diversos estudios han evidenciado que el expresar ideas científicas con palabras ayuda a su estructuración. De ahí la importancia de los informes de prácticas en los que se exige no sólo describir lo observado, sino también relacionarlo explícitamente con los conceptos científicos que se están barajando.

3. No menos importante es el relacionar las ideas nuevas con otras ya conocidas, lo cual permite el ir tejiendo el entramado de conceptos y generalizar a otras situaciones. Podemos decir que los alumnos han aprendido en profundidad cuando sus nuevas adquisiciones han quedado categorizadas y jerarquizadas, situadas dentro de la red de sus concepciones. Por ello, considero muy indicado asegurar tal proceso de anclaje a través de cuestiones y preguntas de los conceptos nuevos aplicando a otras situaciones las mismas ideas científicas a las que aludía el experimento realizado.

Las nuevas tecnologías aplicadas al trabajo experimental facilitan el poder llevar a cabo todas estas tareas, puesto que reducen drásticamente el tiempo que hay que dedicar a la toma de datos.

Hay sin embargo, algunos obstáculos a salvar para el uso de estas tecnologías en los laboratorios escolares: requieren disponer de ordenadores situados en el laboratorio del centro, contar con un número suficiente para que los alumnos puedan manejarlos al menos en pequeño grupo y, además en el caso de MBL, requieren el aprendizaje de un software y de un hardware específicos. Tal aprendizaje resulta más o menos satisfactorio y simple dependiendo del equipo. Distintas casas comerciales (PASCO, Vernier, Coach, Multilog, Jeulin, Sadex, etc.) han elaborado equipos de hardware y software con una amplia diversidad de prestaciones en su software pero con grandes similitudes en el hardware. La adquisición del equipamiento puede ser más o menos costosa, con grandes oscilaciones entre unos y otros. Pero una vez conseguido, lo que garantiza un uso continuado de tales tecnologías es fundamentalmente la soltura en el manejo del equipo por parte del profesor y la resistencia del equipo (hard y soft) a las manipulaciones de cientos de alumnos. Es esencial el entrenamiento del profesor, especialmente de las opciones relativas al procesado de los datos y los ajustes de las gráficas, para sacar provecho de todas las potencialidades del software y para superar los imprevistos que pueden acontecer en el seno de una sesión de laboratorio. De otro modo los obstáculos a superar no compensan las ventajas que ofrece la nueva tecnología. Si deseamos que durante una sola sesión de laboratorio (entre 60 y 90 minutos) todos los grupos de alumnos puedan haber estado en contacto con el ordenador, hayan podido discutir sobre las predicciones, y hayan trabajado sobre y a partir de los resultados no es una obviedad decidir con anterioridad el tiempo durante el que se registrarán los datos, su frecuencia, la medida de los intervalos en los ejes, etc. con el fin de obtener unas representaciones idóneas.

Un ejercicio clásico analizado con nuevas tecnologías

Utilizar la tecnología MBL no supone descartar el uso de programas de simulación. Así, por ejemplo, el estudio del tiro horizontal puede efectuarse sirviéndose de ambas tecnologías. El estudio del tiro horizontal de un objeto sabemos que requiere haber reflexionado sobre el principio de independencia de los movimientos vertical y horizontal. Podemos preguntar y debatir: ¿Caerá más rápido o más lento un objeto que, a partir de un disparo inicial, además de caer se desplaza horizontalmente? Con un sensor de posición podemos seguir el movimiento de un objeto que lanzamos desde el borde de una mesa. A partir de estos datos, y con la ayuda del ordenador, trazar y analizar sus gráficas de movimiento. Paralelamente, podemos disponer de un programa de simulación que nos muestre la situación de un modo virtual y que nos permita analizar sistemáticamente el papel de las distintas variables. El uso de la simulación refuerza los resultados obtenidos experimentando con los elementos reales.

Veamos el caso de un objeto desplazándose sobre una superficie horizontal como se indica en la figura 2: el sistema formado por dos masas unidas por una cuerda a través de una polea.

Podemos utilizar un applet (sacado de Internet: <http://webphysics.ph.msstate.edu/jc/library/4-7a/newtons2law.htm>) que simule este sistema. Pasamos a predecir y analizar cómo sería el movimiento de ambos objetos y cuáles serían las gráficas posición-tiempo cuando se les da diversos valores a las masas, cuando modificamos la superficie de contacto, etc. Hacer las predicciones de lo que va a obtenerse es siempre un reto que suele ser motivador, y discutir la gráfica que se obtiene para cada uno de los casos permite a los alumnos ir comparando lo que creían que iba a ocurrir con lo que observan.

A continuación podemos pasar de lo virtual a lo real: realizar el experimento tomando datos de dos objetos situados encima de una mesa en la disposición de la figura 1.

Figura 1

Del análisis de las gráficas del movimiento de la figura 2 podemos constatar cómo la masa 2 se acelera por efecto de la masa 1, y podemos observar en qué instante comienza a frenarse al haber llegado la masa 1 al suelo y, por tanto, no ejercer fuerza alguna sobre la masa 2. Para diferenciar claramente los dos procesos sucesivos que se producen, es útil que, además de representarse la posición de la masa 2, se realice el gráfico de su velocidad, superponiendo ambos (posición y velocidad). Es decir, es posible un análisis minucioso de una situación vivida a través de los gráficos trazados.

Figura 2

En definitiva, podemos complementar en breve período de tiempo el estudio del comportamiento del sistema utilizando consecutivamente las dos tecnologías.

La simulación requiere segundos; la toma de datos con el sensor acoplado al ordenador, también. La mayor parte del tiempo podemos destinarlo al análisis del fenómeno y a su interpretación teórica. Las nuevas tecnologías han colaborado en nuestro objetivo.

Hem parlat de:

Educación
Tecnología
Ciencias experimentales
Didáctica
Trabajos prácticos
Laboratorio
Simulación

Bibliografia

PINTÓ, R.; PÉREZ, O.; GUTIÉRREZ, R. (1999): Implementing MBL (Microcomputer Based Laboratory) technology for the laboratory work in compulsory secondary school science classes. STTIS Spanish National report on WP1. Universitat Autònoma de Barcelona.

SASSI, E. (2001): Labwork in physics education and informatic tools: advantages and problems. In: International Conference on Physics Teacher Education beyond 2002. Selected Contributions. Pinto, R, and Suriñach, S. Elsevier Editions. The Data Science Library.

STYLIANIDOU, F.; OGBORN, J. (1999): Teachers using computer modelling and simulation in the science classroom: The English case. STTIS UK National Report on WP1.2. University of Sussex.

Direcció de contacte

Roser Pintó
Universitat Autònoma de Barcelona roser.pinto@uab.es