

TIC en la enseñanza de las Ciencias Experimentales¹

Albert Gras Martí² **Marisa Cano Villalba**³

Departament de Física Aplicada, Universitat d'Alacant

Resumen

La innovación educativa que supone el uso creciente de las TIC puede ir acompañada del cuestionamiento de las prácticas docentes habituales y, tal vez, de una reorientación basada en las propuestas más fundamentadas de la investigación en Didáctica de las Ciencias. En los cuatro elementos interrelacionados que componen el proceso de enseñanza-aprendizaje (diseño de contenidos temáticos, actividades, estrategias, evaluación) se dan situaciones donde las TIC pueden servir de apoyo y de complemento al docente y al alumno (simulaciones, hojas de cálculo, recursos digitales, museos científicos, laboratorios automatizados, etc.). Mencionaremos algunas características de estas herramientas TIC aplicadas a la docencia. Para más información sobre este tema se puede visitar regularmente nuestra página web: <http://www.ua.es/dfa/agm> o mandarnos un correo electrónico.

Nuevas tecnologías ... ¿y nuevo modelo educativo?

Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) están revolucionando nuestro entorno social, efecto que también se deja sentir en las aulas. Se nos plantea el reto de preparar a nuestros alumnos para moverse con seguridad en un mundo complejo y cambiante, e impregnado de los efectos de las TIC. Se requiere aprender a utilizar la gran ca-

¹ Módulo del *Master "Nuevas Tecnologías aplicadas a la educación"*, Instituto Universitario de Posgrado

² Catedrático de Física Aplicada, agm@ua.es, <http://www.ua.es/dfa/agm>

³ Becaria de proyectos, Diplomada en Química, mcv@ua.es

pacidad de procesamiento y de cálculo del ordenador para incrementar la diversidad de recursos didácticos, y como complemento eficaz de las metodologías convencionales o renovadas. Pero debemos cuidarnos de transmitir la engañosa percepción de que la verdadera enseñanza está en el uso exclusivo de Internet o de las nuevas tecnologías sin más: junto al aprendizaje contextualizado de y en las nuevas tecnologías, es preciso fomentar una actitud crítica sobre su uso.

La formación continuada del profesorado de Ciencias ha de ser completa y “coherente”, para que pueda haber reformas educativas significativas. Esta formación ha de abarcar todos los ámbitos de la actuación de un profesor, desde su preparación (y actualización) científica hasta las tareas que han de realizar sus alumnos, dentro y fuera del aula. Las TIC pueden ayudar en todos los aspectos anteriores. La pregunta es, pues, *¿Cómo puedo integrar elementos de las TIC en mi práctica docente (renovada)?* Las TIC pueden jugar muchos papeles en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias, en particular en el desarrollo de habilidades científicas: cálculo, análisis, interpretación, modelización, etc.

Hay una gran cantidad de estrategias didácticas basadas en las TIC que se pueden integrar en un programa–guía de actividades. El grueso del trabajo en el aula lo componen actividades que suponen una puesta a prueba de conocimientos y de modelos que tienen los alumnos y que se van generando con la ayuda del profesor. Estas actividades suelen contener la resolución de problemas o ejercicios, la modelización de procesos físico-químicos y los trabajos prácticos de laboratorio. En principio cabe esperar que con todos los ingredientes que permiten las TIC (animaciones integradas, simulaciones, imágenes, vídeo...) los materiales educativos generados serán más atractivos para los estudiantes y les permitirá alcanzar mayor grado de comprensión conceptual.

Comentaremos a continuación sólo algunas de las herramientas TIC disponibles para la docencia de las ciencias, centrándonos en tres grandes áreas donde las TIC están resultando irremplazables: la simulación de procesos físicoquímicos, la experimentación auto-

matizada, y la conexión con otros centros educativos y con los propios alumnos fuera del aula.

Tres tipos de simulaciones

La modelización de procesos físico-químicos es una de las actividades científicas más habituales, y conviene que nuestros alumnos se familiaricen con ella en profundidad. El uso educativo de las simulaciones por ordenador (programas específicos, applets, etc.) tiene como misión proporcionar la interacción entre alumno, área de conocimiento y proceso de aprendizaje. El ordenador permite al alumno confirmar predicciones experimentalmente, mediante la simulación de una situación fisicoquímica concreta creada a partir de unas determinadas condiciones iniciales, y mediante el manejo de las variables que intervienen en el mismo.

La simulación de fenómenos tiene unas aplicaciones muy importantes en todas las ramas del saber. En física, por ejemplo, la simulación permite el análisis de movimientos (estudio cinemático y dinámico), la representación de trayectorias, la descripción de fenómenos físicos, la formación de imágenes en óptica geométrica, la visualización de fenómenos ondulatorios, el diseño de circuitos eléctricos y electrónicos, etc.

Hay, al menos, tres maneras de simular procesos usando herramientas digitales. El primer tipo de herramientas está constituido por entornos abiertos donde uno puede generar sus propias simulaciones de fenómenos físico-químicos. Un ejemplo es el programa Modellus (<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>), que permite a profesores y estudiantes (de Secundaria y Universidad) usar las matemáticas para crear y explorar modelos interactivamente. El segundo tipo lo constituyen los *applets*, programas disponibles en Internet y que abordan simulaciones muy concretas de una manera rápida y versátil. Los applets son simulaciones dinámicas sencillas que permiten interactividad. En esta dirección, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>, pueden verse muchos applets para la enseñanza de la física. Los applets están escritos en lenguaje Java (o C++) y se pueden insertar

en páginas web. Los applets no sólo permiten simular procesos, también sirven para hacer tests y cuestionarios de todo tipo. El tercer tipo de programas de simulación corresponde a aplicaciones más o menos sofisticadas que abordan áreas o temas amplios (por ejemplo, la óptica geométrica, la electrónica, etc.). Al nivel de circuitos eléctricos elementales es conocida la aplicación Crocodile clips (http://www.crocodile-clips.com/m6_4.htm). También existen programas que simulan laboratorios de ciencias y que son muy versátiles y útiles. Con el programa Chemlab (<http://modelsience.com/software.html>), por ejemplo, se pueden preparar prácticas de química; esto es especialmente útil en situaciones que son potencialmente peligrosas en un laboratorio "real". Pero una simulación con ordenador nunca debe sustituir, si es posible, a un experimento hecho con materiales e instrumentos reales de laboratorio.

En general, estos programas tienen un precio que varía en función de su complejidad, pero también se pueden encontrar muchos en su versión *demo* con todas o casi todas sus opciones activadas. Uno de los inconvenientes que se pueden presentar para usar programas específicos, o un entorno más abierto de simulación, aparte del coste económico, es el coste en tiempo necesario para que el profesor, y los alumnos, se familiaricen con el programa. Se ha de valorar este factor en relación al uso que se piense hacer del programa en el curso, el beneficio educativo que se espera alcanzar (objetivos concretos, habilidades, aprendizaje). Por ello, muchas veces el recurso a los applets puede ser más conveniente.

Junto con los programas de simulación se debe proporcionar una relación de actividades que los alumnos han de ejecutar, contestando al mismo tiempo las cuestiones que se les planteen en el programa-guía de trabajo. El programa-guía tiene que contener, pues, tres elementos: la mínima cantidad de presentación teórica que se considere necesaria para los alumnos, la descripción del applet o del programa de simulación, y una secuencia de actividades a realizar por el alumno. Para guiar al alumno resulta conveniente incorporar imágenes en el programa-guía de actividades.

Experimentación automatizada

Otra gran área dentro de la enseñanza de las ciencias experimentales donde las TIC representan una revolución indudable es en la realización de experimentos. Los ordenadores son muy efectivos para la adquisición de datos de laboratorio. Muchos alumnos de todos los niveles educativos se introducen en el estudio de las ciencias experimentales haciendo pocos o ningún trabajo práctico, siendo un hecho que la experimentación tiene, ciertamente, atractivos para el estudiante. No concebimos un laboratorio (en sentido amplio, incluyendo las simulaciones por ordenador y el instrumental de que hablaremos a continuación), mas que inserto en un contexto metodológico perfectamente definido, en el cual no hay ruptura entre “la clase de teoría” y “las prácticas de laboratorio”. Para la realización de experimentos con recogida de datos automatizada se puede usar un ordenador (o una calculadora gráfica) con los correspondientes sensores adecuados a la magnitud que se desea medir (presión, temperatura, fuerza, oxígeno disuelto, humedad, campo magnético, etc.). Estas herramientas permiten modificar sustancialmente la programación didáctica, y posibilitan que el estudio de los procesos naturales en los laboratorios se pueda abordar como el resultado de pequeñas investigaciones, con un mayor tiempo dedicado a diseñar la experiencia y a reflexionar sobre ella, y menos tiempo dedicado a las mediciones.

Hay varios programas que permiten capturar datos de posición y de tiempo de los objetos tomados mediante vídeos digitales en experimentos de cinemática, por ejemplo. Resulta altamente instructivo el proceso de modelización de estos datos tomados “de la vida real”. Muchas cámaras fotográficas digitales también permiten filmar unos segundos de vídeo, opción suficiente para filmar experimentos de muchos tipos. Estos vídeos se pueden colgar en la web. Por otra parte, hay proyectos internacionales que se proponen acceder en Internet a datos experimentales, tomados con sistemas de adquisición automatizada, de manera que se puedan descargar y proceder a su análisis y modelización. También se están desarrollando varios proyectos para la *realización* de experimentos a distancia, “Laboratorios en red”.

Ciberespacio y comunicación

Una de las posibilidades más interesantes de las TIC es la de cambiar las maneras como se desarrollan y se difunden los propios materiales educativos. Aunque muchos profesores enseñan de manera innovadora, muy pocos publican sus resultados, métodos y materiales, especialmente en Primaria y Secundaria. Se trata de dar difusión y publicar materiales docentes en forma de páginas web, tanto de los profesores ¡como de los alumnos! Conviene sacar provecho del efecto positivo que sobre los estudiantes tiene la posibilidad de mostrar sus tareas. Otra ventaja de las TIC es la facilidad con que podemos embarcarnos en proyectos con otros colegas del centro, y nuestros alumnos comunes, o incluso de otros centros de cualquier parte del mundo.

Por otra parte, mediante una lista de correo electrónico se pueden generar debates entre nuestros alumnos sobre aspectos de la asignatura, contestar tutorías, confeccionar poco a poco listas de preguntas más frecuentes (FAQ) con sus correspondientes respuestas, etc. Las FAQ permiten al estudiante repasar conceptos difíciles de la asignatura.

En otro ejemplo de uso didáctico de Internet y de sus posibilidades de comunicación, el profesor puede colgar en la web un pequeño test previo a la clase, y pedir que lo contesten. Eso les incentiva a leer un poco el libro de texto antes de la clase, de manera que ésta se puede aprovechar incidiendo sobre los aspectos que aparecen como más difíciles. También se pueden proponer, vía Web, tests de repaso, modelos de examen, etc. (<http://www.ua.es/dfa/agm/docencia/xarxa/xarxa-tests.htm>).

Las TIC facilitan la presentación de trabajos de alumnos y profesores. Se necesita hacer una memoria o una presentación para presentar algún curso, asignatura, tema, etc., a los alumnos, para dar a conocer los objetivos del curso, para dar una charla a los padres de los alumnos, para dar una ponencia en un congreso, para elaborar informes de experimentos, búsquedas bibliográficas, etc. Las presentaciones hechas en PowerPoint son bien conocidas. Se trata de generar una serie de pantallas (o diapositivas) en las que se puede insertar texto, imágenes animadas o estáticas, tablas y enlaces. No hace falta resaltar la

importancia que tiene la imagen en el proceso educativo. Ésta presenta simultáneamente todos los elementos de una unidad de información y estimula su interpretación y la asociación de ideas. La enorme cantidad de imágenes contenida en Internet nos permite ilustrar prácticamente cualquier tema de cualquier ciencia. También se pueden preparar presentaciones en formato html. Esta opción se utiliza cada vez más en ponencias y cursos. Tiene la ventaja adicional de que el material se puede colgar directamente en la web.

La recapitulación, el resumen de contenidos de un tema, tanto elaborado colectivamente como a título individual, es una actividad fundamental dentro el proceso de enseñanza-aprendizaje. Una de las maneras de hacerlo es confeccionando mapas conceptuales (<http://www.mmlab.ua.es/cienciasInfantil/arbretot.asp>). Hay en la Web una enorme cantidad de información sobre los mapas conceptuales y programas que facilitan su confección digital.

Como era de esperar, no sólo las TIC facilitan (con las opciones de búsqueda, copiar y pegar) la confección de trabajos, sino que también permiten detectar si la copia (o el plagio) ha sido excesiva. O si un alumno ha aprovechado el trabajo de otro alumno de años anteriores. Hay programas que detectan, por ejemplo, coincidencias de seis u ocho palabras seguidas iguales entre dos archivos.

Recursos y proyectos: Ciencia - y tecnología- para este siglo

Hay propuestas ambiciosas de uso de herramientas TIC en la enseñanza, más o menos integradas con la Web. El *Racó del Clic* (<http://www.xtec.es/recursos/clic/esp/info>), por ejemplo, ofrece el programa *Clic*, de libre distribución, que permite crear diversos tipos de actividades educativas multimedia para niveles educativos de infantil, primaria y secundaria. Se pueden crear rompecabezas, asociaciones, sopas de letras, crucigramas, actividades de identificación, de exploración, de respuesta escrita, etc. El sitio web del *Clic* es un lugar de intercambio de los materiales producidos entre educadores y escuelas. ¡En el "racó" hay más de 400 aplicaciones y más de 51.000 actividades!

Otro ejemplo de recursos potencialmente muy útiles en el aula de ciencias lo constituyen los parques de atracciones en la web. Cualquier excusa es buena para aprender ciencia. Pero, si no se puede llevar a los alumnos al parque de atracciones... ¡lleemos el parque de atracciones hasta los alumnos! (<http://www.learner.org/exhibits/parkphysics/>). En esta dirección <http://www.funderstanding.com/k12/coaster/> se puede encontrar un applet de una montaña rusa; si se van modificando las variables (peso del vagón, altura inicial del raíl, velocidad inicial, amplitud del bucle, etc.) se puede observar, discutir y analizar los efectos sobre el movimiento del vagón. Este es un ejercicio muy útil, divertido e interesante.

En la red hay también muchos museos virtuales donde los alumnos pueden aprender ciencias experimentando, bien con applets, vídeos o juegos o bien mediante experimentos propuestos. El proyecto "Museos y web" es un movimiento renovador de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que está utilizando Internet para que los niños, los jóvenes y el público en general, vivan la experiencia de construir el conocimiento sobre los objetos o fenómenos de la realidad, interactuando con los recursos de los museos virtuales y de sus exhibiciones en línea. Pero, por supuesto, una visita a un museo interactivo en la red sólo puede ser un complemento (para preparar la visita o para discutirla luego de efectuada) a una visita real. Nunca puede sustituirla.

¿Qué significa educar científicamente a la sociedad en que vivimos, qué supone la alfabetización científica y tecnológica? Hay muchos trabajos en Internet sobre esta cuestión que proponen nuevas formas de enseñar, usando TIC. Por ejemplo, el proyecto "Advancing Physics", <http://physicsweb.org/article/world/12/10/7>, desarrollado en el Reino Unido, ha generado libros de texto, acompañados de un CD-ROM, que manejan las TIC desde el principio, a base del tratamiento y procesamiento de imágenes, hojas de cálculo, programas de simulación, etc. En otros países han empezado a surgir también proyectos educativos ambiciosos para la enseñanza de las ciencias basados en la Red. Citemos, por ejemplo, el Web-based Inquiry Science Environment (WISE, <http://wise.berkeley.edu/pages/intro/wiseIntro01.html>). En este entorno los estudiantes trabajan en proyectos como los alimentos modificados genéticamente, la predicción de

terremotos, o el misterio de las ranas deformes. Los estudiantes aprenden a participar en controversias científicas contemporáneas a través del diseño de soluciones, el debate y la crítica, y colaboran con grupos de alumnos de otros centros.

También hay cursos de Ciencias en Internet, tanto cursos tradicionales, que tienen materiales de soporte en la web, como los desarrollados pensando específicamente para la red. La impartición de algunas o todas las clases vía Internet se va a volver cada vez más generalizada, al menos para determinadas situaciones: consumen menos recursos físicos que los centros tradicionales, y a veces resultan más convenientes (horarios, desplazamientos) para los alumnos. Pero el profesor se ha de adaptar al nuevo estilo y contenidos, que supone pasar del aula física al aula digital. Como ejemplo arquetípico y muy bien diseñado de curso de ciencias en Internet, mencionaremos el curso de física interactiva de Ángel Franco, "Física con ordenador", del que ya hemos hablado antes).

En Internet se pueden encontrar multitud de recursos bibliográficos. Uno puede suscribirse a infinidad de revistas, boletines, listas de discusión, noticiarios de prensa, etc., que envían regularmente información en forma de correo electrónico. Con las listas de distribución se puede conseguir ayuda proporcionada por colegas de todo el mundo, que tienen las mismas preocupaciones y problemas. En la National Academies Publisher, por ejemplo, hay más de 2500 libros completos, sobre temas como el aprendizaje, que se pueden descargar e imprimir. Muchas publicaciones analizan las posibilidades didácticas de las TIC, como T.H.E. Journal Online (<http://www.thejournal.com/>), dedicado a recoger publicaciones sobre cómo integran los educadores en su trabajo las nuevas tecnologías digitales.

Los portales educativos en Internet se están convirtiendo en lugar de cita y puerta de entrada a grandes áreas temáticas (Ciencia, Educación, Información general, Comunicaciones, etc.). Un ejemplo es Universia (<http://www.universia.es>), punto de referencia de información, contenidos, oferta docente y prestación de servicios preuniversitarios y universitarios, científicos y tecnológicos del mundo español e iberoamericano.

TIC y enseñanza de las ciencias

El término “Nuevas Tecnologías” es ambiguo pues algunas de estas tecnologías ya tienen decenios. Ciertamente, lo que puede ser nuevo es su uso extenso en el aula o en la enseñanza en general. Merece la pena comentar brevemente algunos aspectos del uso de las TIC en la enseñanza que realmente se practica. Éstas tienen cabida en cualquier modelo de aprendizaje, pero hay que reflexionar sobre la integración de las TIC en una enseñanza de calidad, y cuáles son sus posibles virtudes y limitaciones. Si el objetivo es desarrollar nuestra docencia de una manera más activa y con mayores recursos didácticos, las TIC lo facilitan, especialmente en un planteamiento tipo constructivista como la *enseñanza problematizada*.

¿Qué dice la investigación en Didáctica de las Ciencias sobre el uso de las TIC? Hay, ciertamente, artículos que señalan los beneficios del uso de las TIC en la enseñanza y los peligros de usarlas de manera indiscriminada o con poco fundamento didáctico. La investigación didáctica se preocupa de tratar de entender cómo se construye el conocimiento en el aula, y en qué condiciones se construye. Así podremos desarrollar modelos de aprendizaje que ayuden a mejorar el mismo. Cabe investigar más a fondo cómo integrar las TIC en estos modelos de aprendizaje, para sacarles el máximo provecho. Según algunos expertos en investigación en enseñanza de la física, las TIC pueden ayudar, en particular, en dos formas: en aplicaciones prácticas y en aplicaciones “constructivistas”. Se trata de combinar cuatro factores: los objetivos de aprendizaje que tengamos, los problemas que muestra la investigación didáctica que tienen los estudiantes, las orientaciones (constructivistas o no) que sigamos para mejorar la enseñanza-aprendizaje, y los puntos fuertes de los ordenadores y Internet. Una parte difícil del uso de TIC en la enseñanza es aprender a pensar, a planificar y a elaborar nuevos materiales docentes que se aprovechen del estilo no lineal que pueden tener muchos de estos (hiper)recursos.

La AEIC (asociación de docentes de informática de Cataluña, <http://www.aeic.es>) ha llevado a cabo recientemente una encuesta entre los centros de infantil, primaria y secundaria

catalanes sobre el uso de las TIC. Se concluye que pesar de que los centros docentes están conectados en red y hay ordenadores en todos ellos, los resultados son bastante pobres. Ha habido también estudios recientes, a escala europea, sobre el uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias. El lector interesado puede acudir a Pintó y Gutiérrez 2001)⁴, quienes comentan que “... Los estudiantes aprenden mejor cuando están involucrados activamente. Necesitan oportunidades para comunicarse entre sí y enfrentarse a concepciones erróneas, y para interiorizar su propia comprensión de nuevas ideas ... (Hay que buscar maneras de animar en este respecto)... En vez de asistir a clases convencionales en las que el profesor es casi el único que habla, los estudiantes pueden trabajar juntos en una serie de actividades bien diseñadas. Se pone énfasis en el trabajo en equipo y en la colaboración. El profesor es más un consultor, un tutor y un animador que una fuente de información ... Un componente útil en este entorno es el ordenador y lo que puede proporcionar: adquisición y análisis de datos con buena precisión, cálculos numéricos sofisticados, simulaciones controladas, y temas de ayuda (“tutorías”) estructuradas. Todo esto se puede acoplar con el acceso a Internet, que proporciona oportunidades para desarrollar estrategias educativas dentro del aula, y para el aprendizaje virtual y la creación de comunidades de aprendizaje fuera del aula”.

Conclusiones

Aún en esta breve incursión en el campo de las TIC y la enseñanza de las ciencias experimentales hemos visto que la diversidad de recursos que la era digital ha puesto a nuestra disposición como docentes y como discentes es enorme, y la mayor parte de ellos eran inimaginables no hace muchos años. El proceso de asimilación e integración en la docencia es lento, pero sin retorno, y sólo cabe esperar que siga a buen ritmo en las situaciones donde las ventajas educativas sean evidentes.

⁴ R. Pintó, R. Gutiérrez, Tendencias detectadas ante la implantación de innovaciones en los cursos de ciencias. Algunos resultados del proyecto europeo de investigación STTIS, *Enseñanza de las Ciencias* (2001), núm. extra, VI Congreso, página 103.