

## APLICACIONES DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LA COMUNICACIÓN EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA. SEGUNDA PARTE: ASPECTOS METODOLÓGICOS

*Alfonso Pontes Pedrajas*

*Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba*

### RESUMEN

*En un trabajo anterior sobre las aplicaciones didácticas de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación se analizaron los diferentes tipos de recursos informáticos que pueden utilizarse en la educación, destacando su influencia en el aprendizaje de las ciencias experimentales y en la formación inicial del profesorado. Este artículo, que es la continuación del trabajo anterior, se va centrar en analizar las formas posibles de utilizar estas nuevas herramientas en la educación científica y en formular una propuesta metodológica orientada a favorecer el aprendizaje reflexivo y significativo.*

**Palabras clave:** *Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), recursos informáticos en la educación científica, formación del profesorado, cambio metodológico, aprendizaje reflexivo.*

### INTRODUCCIÓN

La gran difusión de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en todos los ámbitos de la vida actual y, por tanto, también en la educación, nos obligan a los profesores a cambiar muchos aspectos de la enseñanza y, sobre todo, nuestra manera de enseñar, con objeto de que los alumnos lleguen a familiarizarse con estas herramientas, ya que serán ordenadores lo que ellos encuentren cuando intenten acceder al mercado de trabajo (Salomone, 2004).

Con relación a las aplicaciones de las TIC en la enseñanza de las ciencias experimentales hemos realizado un análisis global que se ha desarrollado en dos artículos consecutivos. En el primer trabajo nos hemos centrado en analizar las funciones que pueden desempeñar las tecnologías de la información en la educación científica y los diferentes tipos de recursos informáticos que pueden utilizar los profesores en la enseñanza de las ciencias, mostrando las diferencias entre los recursos informáticos de propósito general y los programas específicos de enseñanza de las ciencias asistida por ordenador (Pontes, 2005). En el citado trabajo se mostraba que tales recursos ofrecen grandes posibilidades desde el punto de vista de la comunicación interactiva, el tratamiento de imágenes, la simulación de fenómenos o experimentos, la construcción de modelos y analogías, la resolución de problemas, el acceso a la información, el manejo de todo tipo de datos y el diseño de materiales didácticos o de cursos completos adaptados a las necesidades y características de diferentes tipos de alumnos (Long, 1991; Lelouche, 1998). Tras el análisis de recursos

realizado se llegó a destacar que las aplicaciones informáticas que presentan mayor interés para la enseñanza de las ciencias en la actualidad son los programas de simulación y los sistemas tutoriales integrados, que incluyen contenidos teóricos, simulaciones de fenómenos, ejercicios y pruebas de evaluación del aprendizaje, aunque a corto o medio plazo cabe esperar que este tipo de recursos informáticos pasen a transformarse en tutoriales inteligentes y sistemas adaptativos multimedia, a medida que se vayan generalizando los llamados sistemas de autor, junto con las aplicaciones educativas de la Inteligencia Artificial (Macías y Castell, 2001).

Sin embargo, la existencia actual de un amplio abanico de recursos informáticos para la enseñanza de las ciencias o los avances tecnológicos que se puedan ir desarrollando sobre este tema en el futuro no garantizan que el uso educativo de las TIC llegue a producir una mejora significativa de la calidad de la educación científica, si no se tiene en cuenta la importancia de los aspectos metodológicos y el papel que desempeñan profesores y alumnos en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Najjar, 1997; Novak et al., 1999; Bransford et al., 1999). El problema de la fundamentación didáctica en el uso educativo de los programas de ordenador, que se ha apuntado anteriormente en diversos trabajos (Vaquero, 1992; Pontes, 1999; Esquembre et al., 2004) nos debe hacer reflexionar sobre los cambios metodológicos que debemos introducir en la enseñanza de la ciencia asistida con programas de ordenador.

Para iniciar un debate sobre la importancia de los aspectos metodológicos y la fundamentación didáctica del uso de las TIC en la educación científica podríamos comenzar por plantearnos algunas cuestiones como las siguientes: ¿Deben los ordenadores cambiar la manera de enseñar? ¿Hay que familiarizar a los alumnos con los programas de ordenador o éstos son más bien un obstáculo para aprender a razonar? Estas cuestiones se plantearon en una reunión internacional de profesores expertos en aplicaciones educativas de las nuevas tecnologías, y tras el debate planteado se alcanzaron algunas conclusiones que nos parecen relevantes. La primera es que los programas de ordenador deben ser siempre un instrumento más de trabajo docente y nunca deben desplazar al auténtico protagonista del aprendizaje que es el alumno. La segunda es que la formación del profesorado es fundamental para sacar partido a estas nuevas herramientas (Salomone, 2004). Estas dos conclusiones nos pueden servir de fundamento para desarrollar, en este segundo trabajo sobre las aplicaciones de las TIC en la educación científica, un análisis sobre la problemática educativa que supone la utilización de los nuevos recursos didácticos y tratar de formular una propuesta metodológica orientada a mejorar el uso de los programas de ordenador en la enseñanza de las ciencias experimentales.

## **FORMAS POSIBLES DE UTILIZAR LAS TIC EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

Tras el análisis de los diferentes tipos de recursos informáticos para la educación científica realizado anteriormente (Pontes, 2005), vamos a abordar diversas cuestiones relacionadas con las aplicaciones concretas de tales recursos por parte del profesorado. Analizaremos en primer lugar cómo pueden utilizar los profesores de ciencias las TIC en la enseñanza de sus respectivas materias y, posteriormente,

indicaremos cuál puede ser la metodología educativa más adecuada para que tales recursos favorezcan el aprendizaje significativo de las ciencias experimentales.

En principio los diversos recursos informáticos pueden ser utilizados por el profesorado durante el proceso de planificación de la enseñanza y también en el desarrollo de la acción docente. Por otra parte, aunque algunos profesores no utilicen todavía las TIC en la enseñanza (por falta de medios o por algún otro motivo), los alumnos que dispongan de un ordenador con acceso a Internet en su casa, o en el centro escolar, pueden utilizar numerosos materiales didácticos en soporte informático para estudiar cualquier materia o para complementar el proceso de aprendizaje.

### **Planificación de la enseñanza y desarrollo de materiales didácticos**

Durante la fase previa a la enseñanza el profesor de ciencias puede utilizar algunos de los programas de propósito general que se han citado anteriormente para elaborar programaciones educativas y materiales didácticos de todo tipo. Entre las actividades posibles a realizar con aplicaciones informáticas generales en esta fase se pueden citar las siguientes:

- Uso de un procesador de textos para elaborar apuntes, unidades didácticas, boletines de tareas, guiones de prácticas, exámenes, etc. (Word, WordPerfect,...).
- Diseño de gráficos y tratamiento de imágenes (Paint, CorelDraw, Autocad,...).
- Diseño de diapositivas, transparencias y presentaciones (PowerPoint,...).
- Construcción de mapas o diagramas conceptuales con herramientas de tipo general (PowerPoint, Harvard Graphics) o de tipo específico (Visio).
- Diseño de páginas Web o ubicación de materiales educativos en Internet (Frontpage, Flash,...).
- Gestión de datos personales y académicos del alumnado (Acces, Dbase ...).
- Tratamiento estadístico de datos de evaluación (Excel, SPSS, ...).
- Diseño de programas de simulación (Visual Basic, Delphi, Java...).

### **Utilización de las TIC en la clase de ciencias o en el laboratorio**

Los materiales didácticos elaborados por el profesorado con ayuda del ordenador, o los recursos informáticos de otro tipo (disponibles en disco, CD-rom, DVD o en Internet), pueden ser utilizados de diversas maneras durante el proceso de enseñanza y aprendizaje que se lleva a cabo en el centro escolar. A modo de ejemplo se pueden citar los siguientes tipos de actividades:

- Explicaciones del profesor utilizando diapositivas, transparencias o presentaciones de ordenador (elaboradas con PowerPoint o Harvard Graphics).
- Presentación y discusión de trabajos elaborados por los propios alumnos utilizando aplicaciones informáticas de tipo general (Word, PowerPoint,...).

- Utilización de Internet o de enciclopedias interactivas para buscar información sobre un tema concreto por parte de los alumnos.
- Uso de software didáctico específico para cada materia (tutoriales, simulaciones,...), para estudiar simulaciones, realizar experiencias virtuales, desarrollar tareas de aprendizaje (cuestiones, problemas,...) o llevar a cabo pruebas de autoevaluación.
- Experiencias de laboratorio que usan el ordenador (conectado a sensores e instrumentos de medida) como elemento integrante de un sistema de adquisición y análisis de datos experimentales.

### **Utilización del ordenador como herramienta de aprendizaje en el hogar**

Además de las aplicaciones de las TIC en el aula o el laboratorio de ciencias que se han descrito antes, los alumnos que dispongan de un ordenador conectado a Internet en su casa o en otros lugares (centro escolar, centro cívico de barrio, biblioteca municipal,...) pueden hacer uso de una amplia cantidad de software educativo para realizar tareas relacionadas con el aprendizaje y la autoformación como las siguientes:

- Estudio con ayuda del ordenador: búsqueda de información sobre un tema escolar, análisis de experiencias virtuales, tareas de refuerzo educativo, autoevaluación, ...
- Aprendizaje cooperativo mediante la participación en foros de debate educativo por Internet, o uso del correo electrónico para la realización de trabajos en grupo o la consulta al profesor (tutoría telemática), etc.

## **INFORMÁTICA EDUCATIVA Y CAMBIO METODOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

Tras el análisis anterior de las posibles aplicaciones didácticas de las TIC en la educación científica creemos que es necesario abordar las cuestiones de carácter metodológico. En concreto se trata de reflexionar sobre qué metodología de aplicación didáctica de las TIC es la más adecuada para alcanzar los fines educativos que nos parecen deseables y que se han expuesto anteriormente (Pontes, 2005). En los siguientes apartados incluidos en esta sección se analizarán en primer lugar algunos problemas relevantes relacionados con el uso de las TIC en la educación científica y que requieren una respuesta conjunta desde los campos de la didáctica de las ciencias y de la informática educativa. Posteriormente plantearemos una propuesta metodológica orientada a favorecer el aprendizaje reflexivo de la ciencia.

### **Problemática didáctica en el uso de software educativo**

A pesar de los importantes avances que la informática educativa ha experimentado en las últimas décadas, existe un importante problema de fundamentación didáctica, apuntado por diversos autores (Vaquero, 1992; Brandsford et al., 1999), que en nuestra opinión no se ha resuelto todavía de forma satisfactoria. En la mayoría de los programas educativos consultados en Internet, o en el mercado de software, podemos

observar que el programa de ordenador se concibe esencialmente como un medio transmisor de contenidos didácticos, que puede sustituir al profesor o al libro de texto como medios de información, de tal modo que el software permite la presentación de información y el desarrollo de las actividades de instrucción, pero la interacción del alumno con el programa queda restringida a la recepción de conocimientos elaborados y a la utilización de esa información en tareas de evaluación del conocimiento adquirido. Se trata, por tanto, de un enfoque educativo relacionado con el modelo de enseñanza por transmisión y recepción, en el que no se tiene en cuenta el importante papel que desempeñan las concepciones de los alumnos en los procesos de aprendizaje de la ciencia, no se favorece el desarrollo de procedimientos científicos y no se garantiza la construcción de conocimientos significativos (Pontes, 1999).

Uno de los hechos bien constatados por la investigación didáctica de las dos últimas décadas es que los métodos de enseñanza que no tienen en cuenta las ideas de los alumnos en el proceso de aprendizaje de las ciencias producen un amplio número de concepciones alternativas, que persisten como errores conceptuales entre los estudiantes de todos los niveles (Driver et al 1989; Carmichael et al., 1990; Duit, 1993), por tanto uno de los objetivos prioritarios de la enseñanza de las ciencias debe consistir en ayudar a los alumnos a transformar sus ideas intuitivas y preconcepciones en ideas científicas (Driver & Oldham, 1986), mediante procesos de cambio conceptual (Duschl & Gitomer, 1991) y metodológico (Gil et al., 1991).

Aunque el tema de las concepciones alternativas de los alumnos sobre la ciencia ha tenido una repercusión importante en la orientación de muchos de los proyectos curriculares para la educación científica (Gutiérrez et al., 1990), creemos que no ha recibido la atención suficiente en el terreno de la informática educativa. En un trabajo clásico en el que se evaluó uno de los programas más conocidos y aplicados en el campo de la física, como es el caso del sistema Microlab, se llegó a apreciar su utilidad educativa en el tema de la resolución de problemas que requieren la aplicación directa de fórmulas y procedimientos simples, pero se puso de manifiesto que este tipo de programas no contribuyen a transformar las concepciones alternativas de los alumnos (Gómez, 1994). Afortunadamente esta situación parece que está cambiando, ya que desde hace unos años se están desarrollando programas de ordenador basados en el modelo de cambio conceptual (Hewson 1990; Tao & Gunstone, 1999), en los que se concede importancia al papel que desempeñan las ideas de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, adoptando planteamientos didácticos acordes con las perspectivas constructivistas del aprendizaje (Hennessy et al 1995; Zamarro et al., 1997; Windschitl & Andre, 1998; Sierra, 2003).

### **Una propuesta metodológica para la utilización de software educativo como instrumento de aprendizaje reflexivo**

A la vista de los problemas de aprendizaje de conceptos que se han comentado anteriormente, junto con otros problemas de la enseñanza de las ciencias como las dificultades en la adquisición de destrezas y procedimientos científicos, o el desarrollo de actitudes favorables hacia la ciencia y su aprendizaje (Gil et al., 1991), creemos que es necesario definir un marco educativo en el que el uso de las TIC ayude verdaderamente a mejorar la calidad de la educación científica, favoreciendo el logro

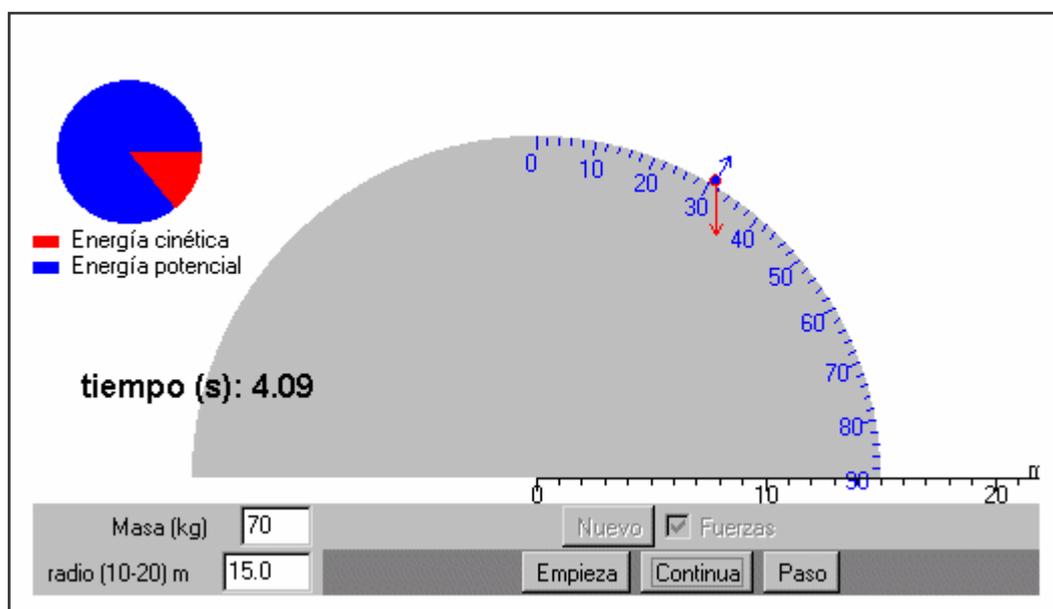
realista de los fines educativos que se han expuesto al inicio de este trabajo. Este nuevo marco debe sustentarse en la existencia de medios materiales suficientes (equipos informáticos conectados a internet), en el desarrollo de software adecuado y, sobre todo, en la formación tecnológica y didáctica del profesorado para llevar adelante nuevas propuestas metodológicas que favorezcan el aprendizaje activo, reflexivo y significativo (Pontes, 1999).

La significatividad del aprendizaje, como alternativa al aprendizaje memorístico y superficial, es una característica del tipo de conocimiento adquirido por los alumnos que todo el mundo acepta como deseable, pero el principal problema consiste en la forma de conseguir que el aprendizaje de la ciencia sea comprensivo y significativo, ya que en el aspecto metodológico las cosas no están tan claras. El carácter reflexivo del aprendizaje no se refiere al producto final obtenido, sino a la naturaleza del proceso a seguir para alcanzar la asimilación y la comprensión adecuada de los conceptos y modelos de la ciencia. El carácter activo del uso de las TIC en la educación se basa en la idea de que los alumnos deben ser protagonistas de su propio aprendizaje, pero es el profesor el que debe utilizar las estrategias y los recursos adecuados para conseguir que los alumnos participen como sujetos activos en ese proceso. Desde el punto de vista metodológico estos planteamientos nos conducen a la necesidad de organizar el proceso de enseñanza y aprendizaje en torno a un conjunto de actividades, que permitan al alumno reflexionar en todo momento acerca de la información que recibe y poner en juego sus esquemas conceptuales internos, para lograr una reconstrucción integradora del nuevo conocimiento.

La reflexión activa y la discusión entre alumnos sobre las cosas que se aprenden, puede llevarse a cabo en cualquier momento del proceso educativo y en cualquier circunstancia, de modo que la propuesta metodológica que defendemos, basada en organizar la enseñanza y el aprendizaje en el desarrollo de actividades, puede aplicarse en la interpretación de fenómenos, en la resolución de problemas, en el desarrollo de trabajos prácticos o también puede llevarse a la práctica en el campo de la enseñanza asistida por ordenador, ya que todas estas situaciones permiten diseñar actividades que obliguen a los estudiantes a reflexionar, debatir y cuestionar sus propios conocimientos.

En lo que respecta al tema concreto del uso de los ordenadores en la educación científica, consideramos que la forma más adecuada de llevar a cabo esta propuesta, consiste en que el profesorado seleccione el software o los recursos informáticos más adecuados para cada momento y elabore un programa-guía de actividades que oriente el trabajo de los alumnos durante el proceso de enseñanza y aprendizaje basado en la aplicación educativa de las TIC. Para ejemplificar esta propuesta metodológica, que hemos desarrollado de forma más amplia y concreta en otros trabajos (Pontes, 2001; Pontes, Martínez y Climent 2001), mostramos en el cuadro 1 un fragmento de un programa guía de actividades, diseñado para utilizar en nuestra actividad docente la simulación del fenómeno físico que se muestra en la figura 1. En este ejemplo el software empleado es el *Curso de Física por Ordenador* (Franco, 2000), en el que hemos seleccionado diversas simulaciones para utilizarlas en el desarrollo de nuestra

programación de trabajos prácticos de Física, en la que combinamos el desarrollo de experiencias de laboratorio y experiencias virtuales.



**Figura 1.-** Simulación de un proceso de transformación de energía mecánica (Franco, 2000).

En este planteamiento metodológico no se trata de conseguir que cada profesor elabore sus propios recursos informáticos (programas, páginas web, unidades didácticas en soporte informático,...) sino que diseñe una programación de la enseñanza asistida por ordenador para que sus alumnos utilicen los recursos informáticos disponibles de una forma activa y reflexiva. Como se ha puesto de manifiesto en algunos trabajos, la importancia educativa de la EAO no se basa tanto en la calidad -que siempre es de agradecer- del programa utilizado sino, sobre todo, en el tipo de actividades intelectuales que realizan los alumnos al interactuar con el software (Rieber, 1989; Najjar, 1997).

*En el sistema de la figura 1, se deja caer deslizado sin rozamiento una masa puntual desde lo alto de una cúpula semiesférica:*

*A1. Introducir datos iniciales (masa y radio), iniciar la simulación y observar lo que ocurre en el sistema.*

*A2. Analizar las fuerzas que intervienen sobre el cuerpo en cada momento, interpretando sus características (módulo, dirección y sentido) y su evolución durante la caída del objeto.*

*A3. Analizar la transformación entre los términos de energía potencial y cinética a lo largo del proceso.*

*A4. Explicar cómo influyen los datos iniciales (masa y radio) en el proceso físico de transformación de la energía mecánica del cuerpo.*

*A5. Determinar analíticamente el instante en el que el objeto que cae se despegue de la cúpula y comprobar el resultado obtenido con la solución que ofrece el programa de simulación.*

**Cuadro 1.-** Propuesta de actividades para trabajar con la simulación de la Figura 1.

## Experiencias de aplicación de la propuesta de aprendizaje reflexivo con ayuda de las TIC en la enseñanza de la Física

En nuestro trabajo docente, los programas de simulación y tutoriales interactivos son utilizados en la formación científica de estudiantes de primer ciclo de ingeniería, como instrumentos complementarios al desarrollo de las clases teóricas o prácticas, y tras su aplicación en la enseñanza estamos tratando de evaluar su influencia en el aprendizaje. El uso concreto que se hace de cada tipo de programa, y la metodología de trabajo empleada, dependen de las características del mismo. A continuación se comentan brevemente diversas formas de utilizar el software educativo en la enseñanza universitaria de la Física, aunque creemos que también pueden aplicarse de forma parecida en otras materias de ciencias y que estos planteamientos metodológicos pueden desarrollarse también en la enseñanza secundaria o en bachillerato.

En primer lugar nos vamos a referir a una experiencia en la que hemos utilizado el software comercial *Física de COU*, de la colección *El Profesor Multimedia* (Mediasat Group, 2000), que puede catalogarse como un programa tutorial típico, ya que incluye contenidos, animaciones y tareas de evaluación del aprendizaje. Este software tiene un nivel de contenidos muy básico, pero puede servir de ayuda a los alumnos que ingresan en la universidad con un nivel bajo de formación inicial en Física y constituye una herramienta complementaria a las clases de esta asignatura. La forma de trabajo de tales alumnos con este software es autónoma y se realiza en horas fuera de clase, pero se aconseja que revisen aquellos temas donde presentan mayores dificultades de aprendizaje, estudien los contenidos teóricos, observen las animaciones, realicen ejercicios o pruebas de autoevaluación y presenten informes voluntarios sobre el trabajo realizado al profesor, que serán valorados y considerados a la hora de la evaluación final de la asignatura.

En segundo lugar estamos utilizando diversos programas de enseñanza de la Física disponibles en CD-rom o en Internet, como los *Tutoriales de Física (Physics Tutorials)* desarrollados por un grupo de trabajo de la Universidad de Guelph (Kiselev & Yanovsky, 1997), el *Curso de Física por Ordenador* del profesor Ángel Franco de la Universidad del País Vasco (Franco, 2000) o los *Fislets (Applets de Física)* del *Proyecto Colos* (Esquembre et al., 2004). Estos programas presentan lecciones en formato hipertexto sobre muchos temas de Física, que incluyen enlaces a simulaciones interactivas o laboratorios virtuales, como la que se muestra en la Figura 2, donde el alumno puede modificar los datos del sistema físico simulado, investigar su comportamiento, comprobar los resultados numéricos que ofrece el programa, etc. Tales programas presentan un nivel de conocimientos más avanzado y se utilizan principalmente para ayudar a los alumnos a recuperar deficiencias de aprendizaje durante el proceso de instrucción universitaria, siguiendo una metodología de trabajo similar a la que se ha descrito en el caso anterior. Alguno de estos programas también se utiliza en el desarrollo de la programación de trabajos prácticos de la asignatura de Fundamentos Físicos de la Ingeniería, de primer curso de Ingeniería Técnica Industrial. Tal es el caso del *Curso de Física por Ordenador* (Franco, 2000), que se ha empleado en una experiencia educativa sobre el estudio del tema de trabajo y

energía, descrita en un trabajo anterior (Pontes, Pedrós y Martínez, 2000), o un programa de simulación de sistemas eléctricos incluido en los *Tutoriales de Física* (Kiselev & Yanovsky, 1997), que se ha utilizado en una experiencia educativa cuyos resultados se han expuesto en otro artículo (Pontes, 2001).

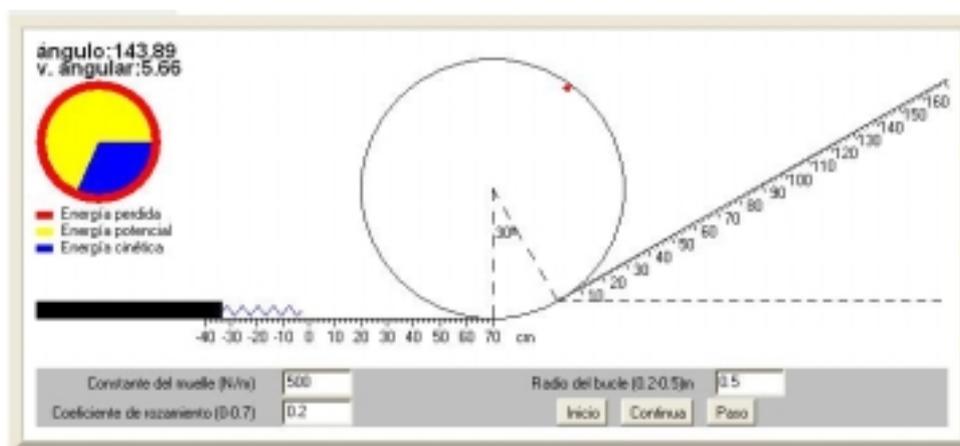


Figura 2.- Simulación de un fenómeno de transformación de energía (Franco, 2000).

En tercer y último lugar nos vamos a referir a un proyecto de innovación educativa en el que hemos utilizado diversos programas de simulación elaborados en nuestro grupo de trabajo de la Universidad de Córdoba, en las clases de trabajos prácticos de Física y en otras materias optativas de Ingeniería relacionadas con el diseño y uso de software educativo (Martínez et al., 2000). En la actualidad disponemos de numerosas aplicaciones relacionadas con diversos temas de mecánica, electricidad, óptica..., que se están aplicando en el desarrollo del proyecto. En tal proceso participan muchos de nuestros alumnos utilizando, además del software, un programa-guía de actividades elaborado previamente, que está orientado a favorecer la reflexión de los alumnos al trabajar con el ordenador y la discusión de cuestiones, problemas o experimentos virtuales en pequeños grupos.

Un ejemplo concreto de esta línea de trabajo ha sido la realización de varias experiencias educativas llevada a cabo con varios programas complementarios de simulación de circuitos eléctricos denominados *Tiace*, *Ohmio* y *Lavice*. Mediante estos programas hemos intentado que los alumnos aprendan a diseñar circuitos simulados de corriente eléctrica formados por varias mallas, que conozcan la función que desempeñan los generadores y los elementos pasivos de cada circuito, que emitan hipótesis sobre las intensidades de corriente que circularán por las diversas mallas y ramas de los circuitos diseñados con ayuda del software, como el ejemplo que se muestra en la figura 3, sustentando tales predicciones mediante cálculos realizados con papel y lápiz, y comprobándolas con la solución que ofrece el programa. Tras este proceso, una vez que se han familiarizado con el diseño virtual de circuitos, los alumnos pasan al laboratorio y realizan experiencias reales sobre circuitos eléctricos que incluyen tareas de diseño, de medición y de análisis de datos. Posteriormente los alumnos deben presentar un informe escrito del trabajo realizado en cada sesión, en

el que han de sintetizar e interpretar los datos recogidos durante las experiencias virtuales y reales.

En la primera experimentación llevada a cabo con el software *Ohmio* (Martínez et al., 1999) y con un programa-guía de actividades, que se ha descrito en un trabajo anterior (Pontes, Martínez y Pedrós, 2001), han participado dos grupos de estudiantes de Ingeniería Técnica de la Universidad de Córdoba, matriculados en una asignatura optativa denominada Laboratorios Virtuales en Ciencia y Tecnología. Uno de los objetivos de dicha materia consiste en la utilización y evaluación de laboratorios virtuales o de software de simulación en general, que permitan ilustrar el funcionamiento de sistemas físicos y tecnológicos. Los datos obtenidos, tras el análisis de los informes elaborados por los alumnos que participaron en esta experiencia, reflejaban que el programa de simulación utilizado resulta un instrumento útil para mejorar el aprendizaje del tema de circuitos eléctricos. También hemos observado que la utilización del ordenador como instrumento auxiliar para la educación científica y tecnológica favorece la participación activa y el interés de nuestros alumnos por el aprendizaje de la Física.

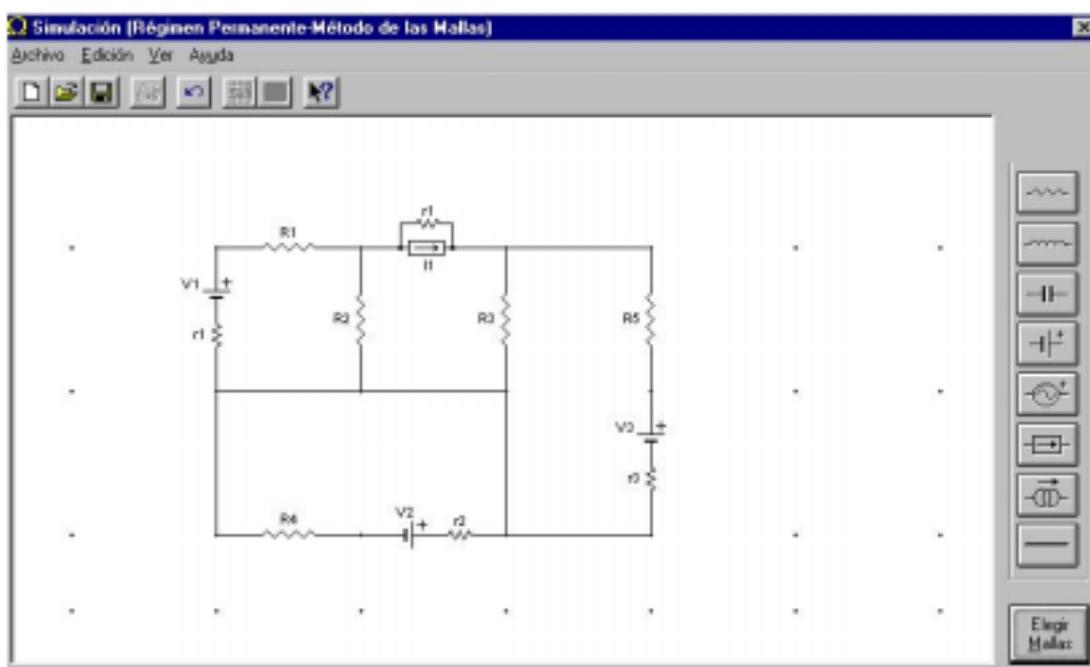


Figura 3.- Simulación de un circuito eléctrico con el programa "Ohmio1.0" (Martínez et al., 1999)

## CONCLUSIONES

Con este artículo finalizamos un trabajo desarrollado en dos partes, en el que hemos tratado de analizar las posibles aplicaciones de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en el campo de la enseñanza de las ciencias, abordando el tratamiento de una serie de cuestiones que nos parecen fundamentales para poder avanzar en el desarrollo y mejora simultánea de la educación científica y de la informática educativa. En la primera parte se han analizado las funciones educativas

que se pueden desarrollar en la enseñanza de las ciencias mediante el uso de los ordenadores y los diferentes tipos de recursos informáticos que pueden ser utilizados por el profesorado (Pontes, 2005). En la segunda parte, desarrollada en este artículo se han analizado las posibles formas de utilizar tales medios por parte de profesores y alumnos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, haciendo especial hincapié en la necesidad de adoptar una metodología, basada en actividades programadas por el profesor, que resulte adecuada para transformar los recursos informáticos en instrumentos de aprendizaje reflexivo y significativo. Sobre esta propuesta se han comentado algunas experiencias educativas llevadas a cabo por nuestro grupo de trabajo, en la que se pone de relieve la importancia del programa-guía de actividades como complemento al uso del software.

Con relación a las implicaciones pedagógicas de la propuesta metodológica expuesta en este trabajo, hay que resaltar que el diseño de actividades orientadas a favorecer el aprendizaje reflexivo puede aplicarse en tareas de diseño de software, pero sobre todo debe aplicarse a la hora de utilizar programas educativos que ya existen en el mercado de software o en Internet, como el ya citado *Curso de Física por Ordenador* (Franco, 2000) o los materiales que integran el *Proyecto Colos* (Esquembre et al., 2004). Tales programas presentan una serie amplia de simulaciones de fenómenos físicos interesantes y ayudan a los alumnos a resolver abundantes problemas, por ello creemos que pueden ser utilizados como instrumentos de aprendizaje significativo, siempre y cuando el profesor que los vaya a utilizar elabore previamente un programa-guía de actividades de papel y lápiz que permita orientar la actividad y la reflexión del alumno en cada sesión de trabajo con el ordenador. Aunque los citados ejemplos corresponden al dominio concreto de la enseñanza de la física, el método propuesto también puede trasladarse a otras materias como la química (Pontes, Martínez y Climent, 2001), o a cualquier otra disciplina en la que el alumno pueda realizar tareas de aprendizaje activo con ayuda de herramientas multimedia (Najjar, 1997).

El diseño de tales actividades requiere por parte del profesor un conocimiento adecuado de las características de cada programa y una reflexión didáctica sobre los objetivos de la enseñanza en cada situación concreta. Este tipo de trabajo complementario puede resultar algo difícil al principio, pero a la vez puede ser creativo y puede servir para involucrar al profesorado de ciencias en tareas de investigación educativa, a la vez que permitirá avanzar en la utilización eficaz de la informática aplicada a la educación científica. Con esta propuesta educativa se trata, en definitiva, de poner en práctica métodos activos de enseñanza de las ciencias, basados en el uso de las TIC, que permitan involucrar interactivamente a los alumnos en el aprendizaje (Hake, 1998) y que utilicen la tecnología para acceder a la información, sin olvidar las importantes funciones que desempeñan en el proceso de aprendizaje las interacciones entre alumnos, profesor y materiales educativos (Novak et al., 1999).

Para finalizar este trabajo, dedicado a analizar las aplicaciones educativas de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las ciencias, podríamos concluir que los programas de ordenador deben ser siempre un instrumento complementario del trabajo docente y nunca deben desplazar al auténtico protagonista del aprendizaje que

es el alumno. Para conseguir que el alumno desempeñe un papel activo en la utilización de las TIC, además de ir mejorando la calidad del software educativo, es necesario un cambio metodológico que favorezca la reflexión y la interacción de los alumnos, de donde se deduce que la formación del profesorado es fundamental para poder sacar partido a estas nuevas herramientas, porque la metodología de trabajo a seguir en el proceso educativo es una responsabilidad del profesorado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANSFORD, J., BROWN, A. y COCKING, R. (1999). *How people learn: Brain, Mind, Experience and School*. Washington DC: National Academic Press.
- CARMICHAEL, P. et al. (1990). *Research on students' conceptions in science: a bibliography*. University of Leeds.
- DRIVER, R. y OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1989). *Ideas científicas en la Infancia y la adolescencia*, Madrid: Morata.
- DUIT, R. (1993). Research on students' conceptions. Developments and trends. *III International Seminar of Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca.
- DUSCHL, R.A. y GITOMER, D.H. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp.839-858.
- ESQUEMBRE, F., MARTIN, E., CHRISTIAN, W., y BELLONI, M. (2004). *Fislets : Enseñanza de la Física con Material Interactivo*. Madrid: Pearson - Prentice Hall.
- FRANCO, A. (2000). *Física en Internet: Curso de Física por Ordenador*. En línea en: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica>.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GÓMEZ CRESPO, M.A. (1994). Influencia de la enseñanza asistida por ordenador en el rendimiento y las ideas de los alumnos en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp.355-360.
- GUTIÉRREZ, R., MARCO, B., OLIVARES, E. y SERRANO, T. (1990). *Enseñanza de las ciencias en la educación intermedia*. Madrid: Rialp.
- HAKE, R. (1998). Interactive-engagement vs. Traditional Methods: A Sixthousand-student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics. *American Journal of Physics*, 66, pp.64-74.
- HENNESSY, S. et al. (1995). Design of computer-augmented curriculum for mechanics. *International Journal of Science Education*, 17(1), pp.75-92
- HEWSON, P.W. (1990). La enseñanza de fuerza y movimiento como cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), pp.157-171.
- KISELEV, S. y YANOVSKY, T. (1997): *Physics Tutorials. DC Circuits*. En línea en <http://www.physics.uoguelph.ca/tutorials>.

- LELOUCHE, R. (1998). How education can benefit from computer: A critical review. *Proceedings of IV International Conference CALISCE '98*. Donostia: Universidad del País Vasco.
- LONG, R.R. (1991). Review of Articles on Information Technology in School Science. *School Science Review*, 262, pp. 146-150.
- MACIAS, J.A. y CASTELL, P. (2001). An Authoring Tool for Building Adaptive Learning Guidance Systems on the Web. *Lecture Notes in Computer Science: Active Media Technology-AMT*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- MARTÍNEZ, P. et al. (1999). *Laboratorio de simulación y experimentación de circuitos eléctricos: Ohmio 1.0*. Córdoba: Servicio de publicaciones de la UCO.
- MARTÍNEZ, M.P., PONTES, A. y PEDRÓS, G. (2000): Diseño de laboratorios virtuales de simulación y su coordinación con los laboratorios experimentales aplicados a la educación. *Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente: Memorias Finales de la primera Convocatoria*. pp. 37-51. Córdoba: Servicio de Publicaciones de la UCO.
- MEDIASAT GROUP (2000). *El profesor multimedia: Física*. Madrid: Gecco-Media.
- NAJJAR, L. A (1997). Framework for Learning from Media: The Effects of Materials, Tasks, and Tests on Performance. *Technical Report GIT-GVU-97-21*. En línea en: <http://www.cc.gatech.edu/gvu/reports>.
- NOVAK, G. et al. (1999). *Just-in Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- PONTES, A. (1999). Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 19, pp.53-64.
- PONTES, A. (2001). Nuevas formas de aprender Física con Internet: una experiencia educativa sobre aprendizaje de conceptos y procesos científicos. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 29, pp. 84-94.
- PONTES, A. (2005). Aplicaciones de las nuevas tecnologías de la información en la educación científica. 1ª Parte: Funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), pp. 2-18. En línea en: [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_1/Vol\\_2\\_Num\\_1.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_1/Vol_2_Num_1.htm).
- PONTES, A., MARTÍNEZ, M.P. y CLIMENT, M.S. (2001). Utilización didáctica de programas de simulación para el aprendizaje de técnicas de laboratorio en ciencias experimentales. *Anales de Química*, 97(3), pp.44-54.
- PONTES, A., MARTÍNEZ, M.P. y PEDRÓS, G. (2001): Una experiencia educativa sobre circuitos de corriente eléctrica basada en el uso del programa de simulación Ohmio 1.0. *XXVIII Reunión Bienal Real Sociedad Española de Física. Tomo II*, pp. 357-358. Sevilla: Universidad Hispalense.
- PONTES, A., PEDRÓS, G. y MARTÍNEZ, M.P. (2000): La utilización de Internet en la enseñanza universitaria de la física: una experiencia educativa en torno al tema de energía. *I Congreso Internacional "Retos de la alfabetización tecnológica en un mundo en red"*. Cáceres. Junta de Extremadura. En línea en: <http://www.juntaex.es/consejerias/ect/congreso>.
- RIEBER, L. P. (1989). The effects of computer animated elaboration strategies and practice on factual and application learning in an elementary science lesson. *Journal of Educational Computing Research*, 5, pp.431-444.

- SALOMONE, M. (2004). Cuando el profesor se convierte en un ordenador. *Diario El País*, 19 de Enero, Páginas de Educación.
- SIERRA, J.L. (2003). *Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenadores el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- TAO, P.K. y GUNSTONE, R.F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (7), pp.859-882.
- VAQUERO, A. (1992). Fundamentos pedagógicos de la enseñanza asistida por computadora. *Revista de Enseñanza y Tecnología: ADIE*, N°6, pp.14-24.
- WINDSCHITL, M. y ANDRE, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change: the roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*. 35(2), pp.145-160.
- ZAMARRO, J.M, HERNÁNDEZ, A., MARTÍN, E. y HÄRTEL, H. (1997). Uso de las simulaciones en la construcción de conocimientos científicos. *Enseñanza de las Ciencias, N° Extra, V Congreso*, pp.273-274.