

# *Uso de las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) en la formación inicial y permanente del profesorado*

**José Mendoza Rodríguez**  
Universidad de Santiago de Compostela  
**Yuri Milachay Vicente**  
Universidad Peruana de Ciencias  
Aplicadas (Perú)

**Bernat Martínez Sebastià**  
CEFIRE de Benidorm  
**Marisa Cano-Villalba**  
**Albert Gras-Martí**  
Universitat de Alacant

## **Resumen:**

Abordaremos brevemente cuatro cuestiones: ¿Cómo pueden contribuir las TIC a la formación inicial y permanente del profesorado? ¿Por qué es imprescindible que el profesorado actual esté familiarizado con las TIC? ¿Hay ejemplos que muestren que las TIC mejoran el proceso de enseñanza / aprendizaje? ¿Qué necesita saber el profesor para llevar las TIC al aula y a su quehacer docente, y sentirse suficientemente cómodo con ellas? Comentaremos algunos ejemplos de aplicación de las TIC en la enseñanza presencial y no presencial, y en cursos de formación del profesorado. Presentaremos algunas experiencias con el objetivo de animar a los profesores de ciencias (y de cualquier otra disciplina) al uso de las TIC.

**Palabras clave:** TIC, formación permanente, formación inicial, plataformas de teleformación, debates, tutorías, preguntas frecuentes, simulaciones, laboratorios automatizados.

## **Abstract:**

We shall deal briefly with four questions: How can the ICT (Information and Communication Technologies) contribute to pre-service and in-service teacher training? Why is it necessary that current teachers become familiar with ICT? Are there examples that show that ICT improve the teaching – learning process? What does a teacher need to know in order to implement ICT in the classroom and in everyday tasks, while feeling sufficiently comfortable with them? We shall comment some examples of application of ICT in traditional and distance settings, and in teacher training courses. We shall describe some experiences with the objective of encouraging science teachers (and those of other areas) to use ICT.

**Key Words:** ICT, in-service training, pre-service teacher training, e-learning platforms, debates, tutorials, frequently asked questions, simulations, computerized laboratories.

(Fecha de recepción: septiembre, 2004, y de aceptación: octubre, 2004)

## Introducción

La última década ha sido decisiva en la introducción de las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) en el mundo de la educación. El objetivo ha pasado de ser “aprender informática” a “aprender utilizando las herramientas informáticas” en un contexto en que las TIC actúan como elemento (a veces indispensable) de tratamiento y manipulación de contenidos, e incluso de procedimientos, en particular del área de ciencias.

Cuando hablamos de TIC nos referimos a un cúmulo impreciso de herramientas digitales, de recursos, de opciones, de programas, etc., que encuentran su vehículo de acceso o su entorno de trabajo en un ordenador o computadora. Además, estas tecnologías están en evolución constante y acelerada, tanto en número como en complejidad. Con el término “recurso TIC” nos podemos referir, por ejemplo, a sitios Web, al correo electrónico, a navegadores y buscadores de información digital en Internet, a las listas de debate virtuales, a las plataformas de teleformación, a los diversos programas de ordenador que ayudan al docente y al alumno, a los *Weblogs*, a los *Webquests*, etc.

La didáctica de las ciencias se enfrenta con problemas serios como, por ejemplo: “...[el] *desinterés de los estudiantes, ... visiones deformadas, empobrecidas de la ciencia y la actividad científica... que las hacen parecer aburridas, abstractas, puramente operativas, descontextualizadas, difíciles... carentes de interés ni*

*utilidad... y todo ello unido a las condiciones de trabajo de los docentes, al aislamiento que dificulta la formación continuada [el subrayado es nuestro]... “ (Vilches y Gil, 2004).*

Las TIC pueden ayudar a abordar algunos de estos problemas, pueden contribuir a incrementar el interés y la formación de los alumnos, a romper el aislamiento del profesorado, y proporcionan recursos que facilitan el papel del profesorado como generador permanente de materiales didácticos, en un proceso creativo de renovación e innovación permanente. Las TIC pueden servir también de herramienta para la impartición de cursos de formación inicial (CAP) o permanente del profesorado, o pueden constituir el núcleo de cursos de formación (alfabetización informática). Además, las TIC permiten complementar y ampliar la variedad de recursos didácticos que maneja el profesorado, a la vez que facilita la interacción entre profesores y alumnos en situaciones de aprendizaje.

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.

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 (E/A) (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 online, laboratorios automatizados, etc.).

La renovación didáctica del profesorado pasa, pues, por la incorporación de los elementos de apoyo que ofrecen las TIC (Fraser y Tobin, 1998). Hay un gran número de críticas a la preparación inadecuada en TIC de los futuros profesionales que se forman a las universidades, en particular los futuros enseñantes: ¿cómo van a integrar las TIC en la práctica docente futura si ellos mismos no han estado expuestos como alumnos? (ISTE, 1999). La manera más eficaz de conseguir estos objetivos es incorporar de forma natural estrategias que integran elementos de TIC y habilidades informáticas básicas en asignaturas concretas del plan de estudios (¡no en asignaturas específicas

de TIC!) y en las actuaciones diarias en el aula y fuera de ella (Halpin, 1999). Sin embargo se debe huir del uso indiscriminado de las TIC en la enseñanza, o con poco fundamento didáctico (Gómez González, 1998).

Según Redish (1993) las TIC pueden ayudar, en particular, en dos maneras: en aplicaciones prácticas y en aplicaciones “constructivistas”. En aplicaciones prácticas, supone usar el ordenador para mostrar algún fenómeno o proceso a los estudiantes, y para liberarlos de ciertas actividades tediosas, una vez las hayan trabajado suficientemente y aprendido su significado. Respecto a aplicaciones “constructivistas”, el ordenador permite que los estudiantes exploren, si se les proporcionan herramientas y una buena guía para el estudio. Se trata de combinar cuatro factores:

- a) los objetivos de aprendizaje,
- b) los problemas que muestra la investigación didáctica que tienen los estudiantes,
- c) las orientaciones (constructivistas o no) que seguimos para mejorar la E/A,
- d) los puntos fuertes de los ordenadores y de Internet.

La parte más 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 (hipertextual) que pueden tener muchos de estos (hiper)recursos.

Las diferentes teorías sobre el aprendizaje incorporan diversos aspectos del conocimiento que se tiene de los procesos cognitivos asociados, pero

todas admiten la existencia de una dimensión social asociada a la adquisición del conocimiento (Crompton y Timms, 2002). El uso de la tecnología en la educación ha introducido, en particular, nuevas maneras de interacción social que pueden tener lugar en contextos en línea. La investigación muestra (Arsham, 2002) que la interactividad en línea entre estudiantes y entre aquellos y los profesores puede aportar un componente esencial en los cursos exitosos (tanto los desarrollados en formatos tradicionales como los desarrollados en línea o los que aplican formatos híbridos). Se han hecho pruebas con éxito (Muirhead, 2001) de implementar estrategias basadas en modelos constructivistas que fomentan la interactividad, el intercambio y la construcción de conocimientos entre profesores y alumnos. Estas estrategias incluyen, por ejemplo, la asignación de tareas periódicas individuales o en grupo, la evaluación de estas tareas por los propios alumnos, los trabajos hechos en colaboración y expuestos en la clase, el *chat* en línea, las búsquedas de información en la Web, los debates virtuales, etc. Los modelos constructivistas de aprendizaje afirman que el aprendizaje efectivo requiere que los aprendices se involucren activamente, así como entornos de aprendizaje colaborativos y oportunidades de resolución de problemas (Gil, 1994). La dimensión social de los contextos de aprendizaje se puede ver reforzada con el uso de actividades en línea, tanto en forma de debates como de tutorías. La implemen-

tación de estrategias de discusión asíncrona es, por lo tanto, compatible con un diseño del curso basado en modelos de aprendizaje cognitivo o constructivistas (Bruning, 1993; Gil, 1993; Gil Pérez et. al., 1999) donde el papel del profesor pasa de ser una fuente de información a ser una guía de aprendizaje, y los estudiantes se convierten en aprendices activos, involucrados en la (re)construcción de los conocimientos mediante la interacción entre ellos y con el profesor.

En esta breve comunicación abordaremos repetidamente cuestiones: ¿Por qué es necesario, incluso imprescindible, que el profesorado actual maneje las TIC? ¿Cómo pueden contribuir las TIC a la formación inicial y permanente del profesorado? ¿Hay ejemplos que muestren que las TIC mejoran el proceso de E/A? ¿Qué necesita saber el profesor de ciencias para llevar las TIC al aula y a su quehacer docente, y sentirse suficientemente cómodo con ellas? ¿Cuántas herramientas debe de aprender el profesor de Ciencias? Veremos ejemplos de aplicación de las TIC en la enseñanza presencial y no presencial y en la formación del profesorado, así como seminarios virtuales de didáctica para la formación inicial y permanente del profesorado. Dedicaremos un apartado a las plataformas de teleformación, que por su ubicuidad y potencialidad están comenzando a ser imprescindibles en el ámbito educativo. El objetivo es animar a los profesores de ciencias (y de cualquier otra disciplina) al aprendi-



zaje paulatino y al uso de las TIC en sus actividades docentes.

### ***Las TIC, el profesorado y el alumnado.***

Los profesores tenemos que convencernos de que la introducción de las TIC es necesaria y conveniente para los alumnos y para su vida profesional en la nueva Sociedad de la Información y del Conocimiento que se vislumbra. Además, se debe propiciar una actualización pedagógicodocente que facilite un cambio conceptual y metodológico entre los profesores actuales y los futuros profesores. En este sentido, las TIC ofrecen nuevas formas de producir y diseminar el conocimiento y conlleva, por lo tanto, la dificultad de adquirir esas nuevas formas de trabajar y de integrarlas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Como señala Álvarez (1999): “... *las tecnologías aplicadas a los procesos educativos producen importantes beneficios como, por ejemplo, el incremento de la calidad de la enseñanza, la modernización de los centros, y la mejor preparación del profesorado*”.

Consideramos, por tanto, que son necesarias nuevas metodologías, nuevos objetivos, nuevos currículos y nuevas maneras de enseñar, y más si tenemos en cuenta nuestra incorporación plena en la sociedad de la información, respecto de la cual la Unión Europea propone “... *el paso de un saber objetivo a un saber construido, el paso de una*

*sociedad industrial a una sociedad cognitiva, la sustitución de la instrucción por los métodos de aprendizaje personal (aprender a aprender), la adquisición de conocimientos a través de las tecnologías, y el cambio de los actuales modelos de instituciones educativas hacia otros modelos todavía no perfilados*”.

Por tanto, la actualización del profesorado no puede estar de espaldas a la imprescindible innovación tecnológica en los centros educativos y se exige un nuevo perfil del profesor (Cebrián, 1997): “... [que posea] *criterios válidos para la selección de materiales, así como conocimientos técnicos suficientes para permitirle rehacer y estructurar de nuevo los materiales existentes en el mercado para adaptarlos a sus necesidades. Y cuando se den las condiciones, tiempo, disponibilidad de recursos, dominio técnico-, crear otros totalmente nuevos*”. La introducción de las nuevas tecnologías es uno de los mayores desafíos del sistema educativo actual y consecuentemente del aprendizaje de las Ciencias. No hay duda de que algunos de los programas de alfabetización tecnológica del profesorado por parte de la administración no han dado los frutos esperados, pero no es menos cierto que los recursos puestos a disposición de los centros han sido muy escasos en este campo.

El ordenador se está convirtiendo rápidamente en el dispositivo de apoyo más versátil en el proceso de E/A. La incorporación de las TIC presenta ventajas respecto del tratamiento didáctico tradicional de las materias (Casey, 1997; Gras-Martí y Cano-Villalba,

2000; Gras-Martí et al., 2000) como por ejemplo:

- Las TIC resultan motivadoras y, de entrada, pueden interesar a los alumnos.
- Con unos programas adecuados y buenas guías docentes, un ordenador permite muchas más interactividad que otros medios didácticos (vídeo, libros, TV, etc.).
- Se pueden simular situaciones experimentales complejas, costosas o peligrosas.
- Mediante búsquedas y análisis de información en Internet, hojas de cálculo y de graficación, presentaciones, páginas web, etc., los alumnos pueden desarrollar, presentar y difundir trabajos de calidad, y aprender individualmente y en grupo y de manera activa.
- Las telecomunicaciones aportan recursos de todo el mundo a las aulas, y las comunica entre sí y con el entorno social inmediato y distante.

No hay duda de que el alumnado ha de aprender habilidades informáticas prácticas de carácter transversal. Tiene que saber aprovechar recursos disponibles en la red, analizar y crear gráficos dinámicos, elaborar materiales, trabajar con presentaciones en papel o digitales, investigar simulaciones de procesos, manejar aparatos de recogida automática de datos experimentales, etc. Estos conocimientos los puede usar en varias actividades (memorias, clases prácticas, trabajos, seminarios), potencialmente abiertas al ciberespacio. En

palabras de De Pablos y Jiménez (1998), se tiene que dar respuesta a la demanda creciente que “...*insta a los educadores a la elaboración de un pensamiento crítico sobre la tecnología y su influencia [...] hasta el dominio del diseño de materiales educativos, pasando por el conocimiento de las aplicaciones de las nuevas tecnologías en diferentes campos profesionales*“. Estos autores proponen también “... *una reformulación –a la aproximación de carácter instrumental a las TIC en sus aplicaciones en el campo de l’educación- que nos lleve a plantearnos la capacitación de los alumnos a un nivel de producción de materiales, a partir del dominio de los códigos expresivos y narrativos de los nuevos medios. Esta opción supone fomentar valores como por ejemplo la creatividad, la autonomía, la autoestima y el trabajo colaborativo, entre otras*”.

### ***Retos de la formación permanente en una sociedad poco desarrollada tecnológicamente.***

La alfabetización tecnológica del profesorado en activo es un reto urgente. Diversos estudios realizados muestran que las TIC no son usadas intensivamente por los docentes para el desarrollo de las habilidades de pensamiento superior. Al parecer, “*aun en las instituciones educativas que más recursos utilizan para mejorar la calidad de la enseñanza a través de las TIC, se puede ver que los docentes no las usan para*

*evaluar y mejorar su propia actuación y ajustarse a los estándares*” (Carnoy, 2004). Es más, se sospecha que las TIC, en muchas ocasiones, han servido para hacer recaer la responsabilidad de realizar un seguimiento del rendimiento de los alumnos en los propios alumnos, a través del uso de las pruebas interactivas. Eso sin contar que se ha detectado falta de conocimiento para el análisis de datos entre los administradores y los profesores. Asimismo, estudios realizados por la OCDE revelan que *“los profesores que utilizan los ordenadores más efectivamente suelen trabajar en escuelas que ofrecen altos niveles de desarrollo informático a los profesores y que poseen coordinadores tecnológicos disponibles para ayudarlos con los problemas que tengan”*. (Carnoy, 2004).

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. Estas dificultades se agudizan aun más en los países subdesarrollados, como es el caso peruano, por ejemplo, en donde el apoyo tecnológico al docente es casi nulo, las plataformas de teleformación (de las que luego hablaremos) están centralizadas en organismos estatales que dictan los contenidos y métodos que se deben seguir, además de implementarse en

escuelas dotadas con infraestructuras tecnológicas pobres.

Por otra parte, las actividades tradicionales utilizadas para la enseñanza de las ciencias en la escuela, como por ejemplo la resolución de problemas de lápiz y papel, a pesar de reconocerse que tienen un valor formativo muy importante (Becerra-Labra et al., 2004), no son aprovechadas por los docentes para desarrollar habilidades de pensamiento superior (Martínez Losada, 1999):

- a) Menos del 50% de los [docentes y estudiantes de escuelas normales] consultados reconoció que se desarrollaron procedimientos científicos esenciales en la resolución de problemas [de lápiz y papel] -propuesta de soluciones y diseño de estrategias, comprobación de hipótesis, análisis de resultados.
- b) Además, la posibilidad de que los problemas desarrollen procedimientos relativos al ámbito de la comunicación (exponer por escrito el proceso seguido en la resolución de problemas, comunicar los resultados y discutirlos en gran grupo) fue asimismo reconocida por menos del 50% de los profesores.

El problema parece ser de fondo. Acevedo (2004) sostiene que *“muchos científicos académicos y profesores de ciencias de todos los niveles educativos consideran que la ciencia escolar, basada en una organización académica por disciplinas –física, química, biología y geología-, adquiere su relevancia cuando sirve a la preparación del alumnado para cursos superiores y, eventualmente,*

*los estudios científicos universitarios*". Sin embargo, resulta contradictorio que un porcentaje mínimo de la población estudiantil es la que ingresa a centros de estudios superiores, transformándose la enseñanza de las ciencias en una actividad elitista". Existen otros puntos de vista sobre la finalidad de la enseñanza de las ciencias en la escuela. Según Acevedo (2004): "... pueden formularse finalidades de la enseñanza de las ciencias de carácter útil y eminentemente práctico (conocimientos de ciencia que pueden hacer falta para la vida cotidiana), democráticas (conocimientos y capacidades necesarios para participar como ciudadanos responsables en la toma de decisiones sobre asuntos públicos y polémicos que están relacionados con la ciencia y la tecnología), o para desarrollar ciertas capacidades generales muy apreciadas en el mundo laboral (trabajo en equipo, iniciativa, creatividad, habilidades para comunicarse, etc.) y no solamente propedéuticas (conocimientos para proseguir estudios científicos)".

Desde la perspectiva CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) todas estas consideraciones son válidas e importantes, y es precisamente en estos campos en los que se puede explotar con éxito el uso de las TIC. Pero la realidad es otra (Carnoy, 2004): "El estudio de la OCDE sobre el uso de las TIC en la escuela dice que, según un estudio reciente de 500 sitios Web, sólo el 28,2% de ellos contienen actividades con preguntas y sólo el 5% incluyen resolución de problemas y toma de decisiones [...]. En

cambio, el 42% contiene ejercicios de memorización y más del 52% se basan fundamentalmente en la recuperación de la información".

En muchos países de bajo desarrollo tecnológico se observa la misma problemática descrita líneas arriba, pero agravada por la profunda marginación de amplias capas sociales, tanto en las periferias de los centros urbanos como en las zonas rurales, para cuyos pobladores la capacidad de decidir sobre sus destinos y el destino de los valiosos recursos naturales que poseen les es cercenada por una educación discriminatoria (al no ofrecer educación en el idioma materno), mediocre, descontextualizada y totalmente centralizada. La capacitación del profesorado en el uso de las TIC, que pueda contribuir a proporcionar una enseñanza de mayor calidad, contempla los siguientes aspectos:

- Organización de aulas virtuales escolares para una enseñanza semi-presencial, acondicionadas apropiadamente para garantizar una labor tutorial adecuada, así como para promover la autoevaluación del aprendizaje escolar.
- Diseño de objetos de aprendizaje (incluidos *Webquest*) que usen intensivamente los micromundos de enseñanza como herramientas de investigación y análisis de los fenómenos naturales, que promuevan la conciencia ciudadana, que desarrollen la creatividad y la capacidad de trabajo en equipo, que propicien la comunicación con estudiantes y profesores de centros educativos nacionales y extran-

jeros, y que permitan al profesor evaluar el aprendizaje de los alumnos.

- Uso de herramientas tecnológicas que potencien la comunicación entre todos los actores del proceso educativo: foros, weblogs, teleconferencias, etc., así como en las técnicas didácticas más apropiadas para incorporarlas en el proceso de enseñanza aprendizaje.
- Tratamiento de los datos relacionados con el desarrollo académico de los alumnos, así como en el diagnóstico de la propia actividad docente. Esto significa un conocimiento apropiado de fundamentos de estadística educativa.

Sin embargo, estas propuestas plantean a los entes capacitadores nuevos retos tecnológicos: la disponibilidad de las plataformas de teleformación, que comentaremos más tarde, y la confección y el desarrollo de cursos de actualización en las TIC del profesorado activo y en formación.

### ***Tres modalidades de formación del profesorado en las TIC: p-sp-np***

Se ha cuestionado que la formación inicial de los profesores y los cursos de actualización tradicionales no preparan a los profesores adecuadamente y no experimentan cómo se pueden integrar las TIC en las actividades docentes, tanto a las aulas como fuera de ellas (ACE, 1999). Hay cada vez más estudios que dirigen las distintas maneras de trabajar en espacios virtuales y los

resultados educativos que de ello se derivan (ver, por ejemplo, Gras-Martí et. al. (2003a-e) cursos en línea para profesores. McAnally y Pérez (2000), por ejemplo, han diseñado y evaluado un curso en línea de matemáticas de primer curso universitario. Llorens-Cerdà (2001) y Jiménez Pérez y Wamba Aguado (2002) han analizado cursos de TIC para el reciclaje de profesores, aun cuando limitados a la modalidad no presencial.

Se ha descrito recientemente (Gras-Martí et. al., 2003c,d) el diseño, análisis y evaluación de cursos de formación en TIC para profesores de secundaria y de bachillerato, basados en tres modalidades: presencial (P) en un aula de informática; semipresencial (SP), con sesiones en el aula y otras a distancia, virtuales; y totalmente no presencial (NP), donde todas las sesiones son virtuales, aprovechando una plataforma educativa. Se elaboraron cuestionarios y entrevistas semiestructuradas y se analizaron las tres modalidades de curso, incluyendo el grado de satisfacción de los participantes con respecto a la estructura del curso, los contenidos y la plataforma de trabajo. Se encontró que la modalidad NP, aun siendo la más exigente, puede resultar muy provechosa para familiarizarse con los contenidos TIC, presentando, además, otras ventajas con respecto a las modalidades con componente presencial.

El propósito principal de los cursos de TIC es entrenar a profesores que tienen, en general, habilidades informáticas limitadas, a usar herramientas de



TIC en la práctica docente. Aun cuando los licenciados más recientes han tenido algunas (¡muy pocas, en general!) oportunidades de aprender y de practicarlas, los profesores más veteranos empezaron la carrera docente antes de que se extendiera el uso de los ordenadores en la enseñanza. Los esfuerzos de actualización de conocimientos en este sentido son necesariamente lentos y costosos, pero con un potencial educativo grande. Flowerday y Bruning (1998), por ejemplo, describen como se entrenó con éxito en el uso de TIC a aproximadamente el 1% de los 22.000 profesores de un estado de los EEUU. Como parte del programa, estos profesores eran los encargados de enseñar, después, a los compañeros de centro. El resultado del programa fue que las habilidades informáticas de los profesores aumentaron considerablemente y las TIC se convirtieron en parte integrante del trabajo en el aula.

El diseño de cursos de actualización en TIC para el profesorado, que usan una plataforma de teleformación para su impartición, es una tarea compleja y diferente del diseño de cursos tradicionales. Hay que tener en cuenta los objetivos del curso, la plataforma de trabajo, la estructura del curso y el modelo instruccional en que se basa. Los cursos permiten:

- Aprender a buscar información en la Internet y a aprovechar recursos para el aula.
- La familiarización con las simulaciones por ordenador y cómo incorporarlas en los programas de actividades de los alumnos.
- La comparación y la evaluación de los formatos de presentaciones de experimentos en vídeo (simulaciones “estáticas”) y en ordenador (simulaciones interactivas).
- Cómo replantear el trabajo en el aula desde un punto de vista innovador, aprovechando la interactividad y la comunicación asíncrona profesor-alumnos y de los alumnos entre sí.
- Analizar las opciones digitales que se plantean en los laboratorios experimentales docentes, y en los laboratorios virtuales.
- Reelaborar los materiales didácticos disponibles y adaptarlos al entorno virtual.
- Desarrollar materiales didácticos de trabajo diario, de evaluación continuada y de evaluación final.
- Conocer las aplicaciones didácticas que proporciona la plataforma de teleformación.

La función tutorial en cursos SP y NP tiene una relevancia especial y se puede basar en:

- Correo electrónico profesor-alumno. Las respuestas se dan antes de 24 horas.
- Foros de debates. En muchas ocasiones el tutor participa para animar o redirigir los debates.
- Encuestas periódicas sobre la marcha del curso y la opinión de los alumnos: nivel de participación, temas más importantes tratados en los debates, etc.

- Cuestionario final de evaluación del curso, que incluye aspectos metodológicos, conceptuales, de tutorización y de satisfacción personal.

La instrumentación con éxito de un curso en línea no depende únicamente de factores técnicos relacionados con el diseño operativo o estético, sino que involucra factores humanos y pedagógicos determinantes, como por ejemplo el diseño de ambientes de aprendizaje, su estructura, las tareas rutinarias, y el modelo instruccional empleado (McAnally y Pérez, 2000). Bandura (1993) ha mostrado que las percepciones sobre las experiencias de aprendizaje que traen de entrada los participantes en el curso, especialmente las expectativas que puedan tener, y el convencimiento de que el curso puede ser un éxito, influyen directamente las probabilidades que el alumno se implique en las tareas y persista en momentos de dificultad. Estos hechos son especialmente relevantes en cursos basados en herramientas informáticas, donde hay una cierta prevención inicial por parte de algunos alumnos y, sobre todo, en cursos con componente no presencial. Por lo tanto, el profesor tiene que desarrollar expectativas positivas a base de reconocer los avances y proporcionar constantemente retroalimentación positiva a los alumnos.

Como resultado de la experiencia acumulada en la impartición de cursos, proponemos que un proyecto de actualización de conocimientos informáticos de los profesores podría tener tres fases, con una duración temporal que se

adapte a las circunstancias del grupo de profesores involucrados. Los candidatos al curso se podrían seleccionar en base al carácter de usuarios novatos de ordenadores y a la calidad de las propuestas que presenten para desarrollar proyectos educativos. La primera fase consistiría en sesiones iniciales de entrenamiento, que introducirían a los participantes a los servicios en línea de la plataforma, y repasarían conceptos básicos del entorno de trabajo y de procesadores de textos. La segunda fase del programa se dedicaría a suministrar a los profesores prácticas extensas sobre el uso de las aplicaciones aprendidas en las sesiones introductorias. Además, el curso se basaría en el desarrollo de tareas de aprendizaje programadas de manera que cubrieran un abanico amplio de aplicaciones de las TIC, y que permitieran a los profesores aumentar la perspectiva de las capacidades docentes de los ordenadores y de Internet en el aula. La tercera fase del proyecto involucraría el desarrollo de proyectos educativos concretos (unidades didácticas) que demostraran la introducción de herramientas de TIC en la práctica docente de los profesores. Todo esto, acompañado de un lugar web que reflejara los avances del curso y las actividades y los resultados aportados por los alumnos en forma de materiales educativos o de debates.

Además, para que el proyecto tenga efectos duraderos a largo plazo es imprescindible hacer un seguimiento en el tiempo, una vez acabado el curso. Se puede proponer, por ejemplo, que seis o

doce meses después de haber acabado el curso de formación los profesores muestran y explican de qué manera concreta han incorporado las TIC al aula, y qué experiencias (positivas y negativas) han tenido. Este seguimiento se puede hacer fácilmente mediante las herramientas de teleformación de una plataforma. Se pueden elaborar los contenidos de los cursos de acuerdo con enfoques psicopedagógicos constructivistas de la enseñanza y del aprendizaje, en su vertiente virtual (Santángelo, 2000).

En definitiva, queda mucho por explorar en las modalidades de impartición de cursos sobre TIC, pero experiencias como la descrita abren panoramas prometedores. Las plataformas se prestan a actividades de teleformación o de telecomunicación entre profesionales de la educación. Mencionemos, por ejemplo, la posibilidad de comunicarse y proponer tareas o encuestas entre alumnos de varios centros, o de un profesor con sus alumnos, o entre los asistentes a unas jornadas o a un congreso, para llevar a cabo actividades pre- y post-congresuales, etc.

### ***Un CAP no presencial***

En algunas universidades se está comenzando a experimentar con la impartición en formato no presencial de cursos de aptitud pedagógica (CAP) para profesores en formación. Este es el caso del ICE de la Universidad de Santiago de Compostela. No parece lógico que el futuro profesor que ha

de formar los alumnos de las primeras décadas del siglo XXI no tenga prácticamente ningún contacto con las TIC como recurso educativo en su *fase inicial de formación*. Y más cuando en los estudios universitarios de, por ejemplo, profesor de EGB, o de muchas licenciaturas, el uso de recursos TIC es prácticamente inexistente incluso en universidades como la de Alicante, donde, por otra parte, se realizan esfuerzos institucionales ejemplares para la introducción a las TIC en la docencia.

La opción de un *Seminario Virtual de Didáctica de Física y Química* al que nos referimos se ofertó a un máximo de 35 alumnos, repartidos por los cuatro campus gallegos (Santiago, Lugo, Pontevedra y Ourense). Cada coordinador dispone de un despacho con ordenador personal y conexión a Internet. Se dispone además de algunos retroproyectores, video, televisión, un portátil y un cañón de vídeo, con cinco aulas para atender a los 700 futuros profesores del campus de Santiago.

El diseño de un curso con sesiones no presenciales (SP o NP), que usa las TIC, tiene que tener en cuenta seis ejes fundamentales (McIsaac y Gunawardena, 1996):

- Transmisión y acceso: es decir, accesibilidad a Internet y a la plataforma.
- Control y flexibilidad del usuario sobre el medio.
- Interacción: el curso tiene que promover la interacción con los contenidos tanto a escala individual como entre todos los participantes.

- Características simbólicas del medio: conviene diseñar el curso con un sistema icónico mínimo, y elementos de texto, archivos y vínculos; los textos que componen las sesiones de trabajo buscan la utilización óptima del espacio en blanco, que dé "aire" a la página y sensación de limpieza y orden (AC-guidelines, 1996).
- La presencia social creada a través del medio: los estudiantes tienen que ver al profesor y a los otros alumnos como personas reales; esto se facilita con una buena comunicación sincrónica y asincrónica, y con un esfuerzo especial por parte del profesor (Gras-Martí et. al., 2003c).
- La interfaz entre el usuario y la máquina: se consigue una sensación de estabilidad en la interfaz educativa si ésta contiene un número definido y relativamente reducido de acciones que puede realizar el estudiante (McAnally y Pérez, 2000).

Las estrategias que el profesor emplea tienen un impacto significativo sobre lo que consiguen los estudiantes (Marzano, 1992). Así, se han de:

- Definir objetivos y canales de comunicación en los dos sentidos.
- Comparar, contrastar y clasificar herramientas de TIC.
- Diseñar un plan detallado de tareas, de ejercicios y de prácticas adecuado.
- Aprovechar las posibilidades de interacción y de aprendizaje colaborativo.
- Reforzar los ritmos y la calidad del aprendizaje del alumno con una acción de seguimiento y evaluación positiva alentadora.

- Integrar la evaluación del curso con las actividades diarias.

Los cursos NP en línea son muy indicados para enseñar aplicaciones TIC a la docencia, pero también para la impartición de cursos genéricos del CAP. Aun así, los alumnos del curso han de estar razonablemente motivados, tienen que ser capaces de aprender por su cuenta (esto no tendría que ser un obstáculo cuando el alumno es un profesor en activo o en formación), y estar dispuestos a hacer preguntas (vía correo electrónico o vía tutorías) sobre las dificultades que encuentran. Los alumnos del curso tienen que tener conocimientos suficientes de ordenadores y de navegación por la web. Por otra parte, los alumnos de los cursos en línea hacen un uso más eficiente del tiempo, no sólo con respecto al ahorro de desplazamientos hacia el aula del curso, sino porque los alumnos más adelantados reducen el tiempo que pasan escuchando instrucciones o discusiones sobre aspectos que ya conocen. Los estudiantes avanzan a su propio ritmo y en los horarios que más le conviene. Sin embargo, un inconveniente del trabajo en línea puramente NP es que los alumnos no se forman una idea clara, como a veces puede ocurrir en cursos con componente presencial, de su nivel de avance en el curso, en comparación con otros estudiantes.

La evaluación de un curso con componentes no presenciales es un tema muy debatido en la bibliografía (McAnally y Pérez, 2000). Con respecto a instrumentos de evaluación, mientras que la cuestión se resuelve en el caso del curso P

por el método habitual de los cursos de formación de profesorado (se certifica 30 h de formación a aquellos alumnos que alcancen el 85% de participación), en las modalidades SP y, especialmente, NP, se replantearon profundamente los instrumentos de seguimiento y de evaluación. En el curso SP se hizo una presentación del trabajo en la última sesión presencial del curso. En el curso NP se propusieron los criterios de evaluación siguientes: el certificado de aprovechamiento del curso se extendería teniendo en cuenta tres elementos: a) la conexión regular a la plataforma (el administrador del sistema tiene acceso a estos datos); b) que completaran los cuestionarios de evaluación propuestos en determinadas unidades del curso; y c) que desarrollaran una unidad didáctica empleando recursos de TIC, y la enviaran al profesor para que la evaluara y la colgara en la web del curso.

La conclusión más importante del análisis de los cuestionarios es que el seminario les resultó satisfactorio, o muy satisfactorio, a los futuros profesores. Es de destacar que, si realizamos un estudio comparativo del grado de satisfacción, con los futuros profesores en la modalidad presencial, el grado de satisfacción es muy superior en el curso virtual. Esta modalidad permitió establecer canales de participación entre los distintos usuarios de la plataforma, que nunca se alcanzaron en los cursos presenciales. Generó un enriquecimiento para los profesores participantes en lo que se refiere a la investigación y utili-

zación de las TIC. Permitió introducir a los futuros profesores participantes de una forma directa y objetiva en el uso de las TIC como medio de formación. Posibilitó un solapamiento de la fase teórica de formación en la Didáctica de Física y Química y la fase de prácticas en los centros de enseñanza secundaria, uniendo en un mismo proyecto al experto en Didáctica, al futuro profesor y al tutor, en un proceso de trabajo colaborativo, en el que el uso de las TIC aparece como el nexo de unión y comunicación. Por ello coincidimos con Cebrián y Rios (2000), en que los verdaderos cambios no son exclusivamente tecnológicos, sino más bien mentales y actitudinales, y que estos cambios vendrán determinados, en gran medida, por la capacidad que tengamos los profesores en el sentido de saber utilizar las posibilidades de las TIC, para cambiar nuestros viejos hábitos de clase por otros que faciliten una mayor calidad educativa.

### ***Uso de las TIC para la formación continua del profesorado***

En este apartado vamos a discutir el siguiente problema: ¿En que sentido la introducción de las TIC ha propiciado un cambio en las actividades de formación del profesorado de secundaria en la última década? Vamos a tratar sobre la *aplicabilidad de los recursos TIC* para las tareas de E/A. Para poder comprender la magnitud de los cambios experimentados presentaremos un conjunto



de ejemplos de actividades de formación realizadas en el marco de un centro de formación y de recursos del profesorado (CEFIRE). La utilización de los recursos TIC permiten el diseño de entornos de aprendizaje ricos, flexibles e innovadores y favorecedores de la autonomía del profesorado (Proyecto SSTIS, 2000). Diseñadas de forma conveniente, las actividades pueden facilitar la puesta en contacto del profesorado con los resultados y productos de la investigación didáctica, que según algunos autores (Lijnse, 2000) es un aspecto olvidado en los programas de investigación educativa. Aunque mucho de lo que se describa en este apartado, como en el resto de apartados de esta comunicación, es de aplicación, *mutatis mutandi*, a la E/A de otras materias curriculares, vamos a centrarnos en ejemplos de la enseñanza de la física.

El primer caso que vamos a describir consiste en un curso de actualización del profesorado sobre el tema del movimiento ondulatorio. Concretamente nos vamos a centrar en el módulo del sonido para segundo de ESO. Es un hecho reconocido que uno de los primeros objetivos de la enseñanza a este nivel ha de ser asociar todo sonido al fenómeno de vibración. Se aconseja, por tanto, comenzar proporcionando al estudiante una serie de instrumentos sonoros para que identifique lo que es común a todos estos acontecimientos y pueda llegar a ser capaz de describir las cualidades del sonido (intensidad y tono). Queda claro que todo este proceso se puede realizar sin necesidad de recursos TIC.

Ahora bien, el siguiente paso consiste en explicar e interpretar dichos fenómenos. Aquí es más difícil (¿imposible?) recurrir a objetos materiales cuyo comportamiento pueda observarse directamente y que ayude a construir las relaciones deseadas (sonido / vibración de partículas, intensidad / amplitud, tono / frecuencia). Se propone entonces a los profesores recurrir a simulaciones que van a permitir dar una representación de los nuevos conceptos y de las relaciones con los fenómenos observacionales. En concreto, se utiliza el software SimulaSON (Vince, 1999; Martínez-Sebastià, 2003), que permite una visualización de los distintos niveles de descripción y el establecimiento de relaciones entre ellos. El programa puede presentar simultáneamente aspectos observacionales, escuchar el sonido y ver el objeto vibrando; también permite analizar aspectos del modelo, la representación de las partículas del medio vibrando y la representación sinusoidal de la onda. Al mismo tiempo permite la manipulación por parte del estudiante de los parámetros de la vibración (amplitud / frecuencia) y la observación de los efectos producidos tanto a nivel macroscópico como microscópico.

El siguiente caso trata de un curso sobre la didáctica de la cinemática del movimiento en la física de 4º de ESO que, como es reconocido, presenta serias dificultades de comprensión por parte de los alumnos (Brown y Crowder, 2004). El objetivo del curso era mostrar al profesorado cómo la utilización de recursos TIC puede permitir ir más allá de las

experiencias tradicionales y puede facilitar la construcción de distintos tipos de representación de las experiencias cinemáticas. Según señalan algunos autores (Tiberghien, 2000) la posibilidad de utilizar distintos tipos de representación (registros) para expresar una misma idea puede considerarse como un indicador claro de una buena comprensión. En el caso del estudio descriptivo del movimiento se puede hablar de: a) registro *icónico*, representación del movimiento por medio de dibujos de las distintas posiciones del móvil en distintos tiempos; b) registro *verbal*, descripción del movimiento utilizando los conceptos cinemáticos; c) registro *tabular*, por medio de tablas posición tiempo; d) registro *gráfico*, a través de las gráficas correspondientes y e) registro *algebraico*, por medio de formulas matemáticas. Distintos tipos de recursos TIC permiten establecer las conexiones correspondientes. En los documentos utilizados en el curso (Juan et al., 2002) se describen con detalle las actividades que, en cada contexto del recurso TIC utilizado, debían llevar a término los estudiantes así como los comentarios para el profesor. Por ejemplo, para la realización de experiencias que implicaban la toma de datos se utilizaron sensores y video digital. La utilización de sensores conectados al ordenador por medio de un interfaz permite realizar mediciones secuenciales de la posición de un móvil en un intervalo de distancias comprendido entre medio metro y seis metros. Este dispositivo permite visualizar los resultados (en forma gráfica o

de tablas) al mismo tiempo que se desarrolla la experiencia. En este contexto los alumnos pueden dedicar mas tiempo a discutir sobre los experimentos: ¿se comprueba la hipótesis emitida?, ¿es adecuado el diseño experimental utilizado?, ¿cómo interpretar los resultados?, etc. Por otra parte, la utilización del video digital permite descomponer un movimiento fotograma a fotograma y, de esta forma los estudiantes pueden avanzar en la representación icónica de los movimientos y en la comprensión conceptual (por ejemplo, realizando actividades relacionadas con la relatividad del movimiento). En el apartado de simulaciones se utilizó preferentemente el software Graphs & Tracks. Este programa se ha diseñado incorporando resultados de la investigación en didáctica de la Física. Ahora bien, es aceptado que el programa por si mismo no es capaz de promover aprendizajes significativos, por lo que se invita a los profesores participantes a diseñar las actividades adecuadas que después se contrastan con las experimentadas por los autores (Martinez Sebastià et al., 2001). Por último, se utilizan hojas de cálculo que permiten, por regresión matemática, obtener las expresiones algebraicas a partir de los datos experimentales o representar la gráfica a partir de su ecuación del movimiento.

En tercer lugar describiremos un curso de introducción de los modelos atómicos en el Bachillerato (Juan, Julià et al, 2003). En esta ocasión se planteó el curso con un doble objetivo. Por una parte se trataba de estudiar la utili-

zación de las TIC en la enseñanza de los modelos atómicos. Por otra parte, se pretendía experimentar las posibilidades que ofrece Internet y determinadas herramientas de enseñanza a distancia como recurso complementario a la formación presencial. El curso se estructuró en cuatro sesiones presenciales, y cuatro no presenciales. En las sesiones presenciales se incluyeron los apartados experimentales, en los que el único recurso TIC que se utilizó fue la cámara digital para fotografiar los resultados de las experiencias (por ejemplo, los espectros). En las sesiones virtuales se trataron los aspectos de construcción de los modelos atómicos. En este apartado la utilización de recursos TIC se centró en el uso de *applets* y de páginas web.

Para finalizar digamos que, como se discute extensamente en otros apartados de esta comunicación, es importante considerar la faceta de las TIC como elementos que facilitan la comunicación, el intercambio de experiencias y la elaboración de trabajos colaborativos, lo que las convierte en herramientas especialmente útiles para la formación del profesorado. Nos referiremos a una actividad consistente en la utilización por parte de un grupo de profesores (que pueden, o no, estar lejanos geográficamente) de unos materiales curriculares en soporte digital (Martínez Sebastià et al, 2003). El diseño de un curso-web es una propuesta integradora que trata de ligar la investigación sobre las ideas, razonamientos y obstáculos de aprendizaje del alumnado con la innovación y planificación de la enseñanza median-

te la utilización de recursos de las TIC (webs, vídeos, simulaciones, trabajo con bases de datos de Internet, etc.). Los profesores que se comprometen a utilizar estos materiales se organizan en una "comunidad virtual" que utiliza como plataforma de teleformación que permite intercambiar documentos de cualquier tipo; los usuarios puedan trabajar sobre ellos y hacer revisiones. Aunque esta experiencia aun está en fase de desarrollo podemos señalar que los participantes agradecen su facilidad de uso y valoran positivamente el trabajo colaborativo desarrollado como una alternativa de formación útil. Estas actividades exigen que entre el profesorado exista una actitud positiva, una predisposición al cambio, a la formación continua y, por qué no decirlo, un mayor grado de implicación en su trabajo. Hay que dejar atrás las viejas fórmulas para encontrar las nuevas, y conseguir el crecimiento profesional de los docentes.

### ***Las plataformas de teleformación***

Por su importancia creciente en el ámbito educativo dedicaremos unos comentarios a esta metaherramienta TIC: la plataforma de teleformación o de educación o colaboración a distancia. Recientemente han proliferado estas llamadas plataformas, es decir, los entornos cerrados (a los que se accede con una contraseña) y que permiten la interacción a distancia, vía Internet,

entre los participantes en el proceso de E/A (profesores, tutores, alumnos y administradores, y los materiales multimedia –hipertextos, vídeos, simulaciones, sonido, etc.). Aunque los desarrollos iniciales de estas plataformas se dieron tanto en los ámbitos universitarios, y a nivel institucional, como en el entorno privado (con el surgimiento de empresas que ofrecen los servicios de plataformas como *Blackboard*, o *WebCT*, previo pago de unas tasas), hoy en día se dispone de muchas plataformas de fácil instalación y de uso gratuito (*Dokeos*, *Modellus*, *BSCW*, etc.), de código libre, y disponibles en multitud de idiomas.

Las características de la interfaz que se use para el diseño de recursos en línea es uno de los elementos que contribuyen al éxito o al fracaso del curso (McAnally-Salas y Armijo de Vega 2001). Una de las características principales que tiene que tener la interfaz es que la estructura interna del curso se manifieste ordenada y claramente al estudiante, para evitarle ansiedad y un aprovechamiento pobre de los materiales. Estas características las satisfacen las plataformas modernas.

Estos entornos virtuales de aprendizaje son cada vez más sencillas de usar por parte del profesor y de los alumnos. Aparte de las opciones de gestión típicas (por ejemplo, matriculación, anuncios oficiales, señas personales y expediente, etc.), las plataformas tienen las opciones de docencia siguientes: en la sección de anuncios se puede consultar la información que los profesores facilitan de la asignatura, y en la sec-

ción de bibliografía se ofrece material bibliográfico. En el apartado de enlaces se encuentran referencias y enlaces de interés. En la sección de materiales se pueden recoger los materiales didácticos que el profesor pone a disposición de los alumnos. El apartado de apuntes permite intercambiar apuntes y material de trabajo con los compañeros del curso. El apartado de debates permite acceder a los debates propuestos por el profesor; se pueden leer los mensajes publicados y enviar comentarios. Con la herramienta de tutorías se tiene la posibilidad de hacer preguntas o consultas al profesor y posteriormente ver la respuesta. Finalmente, la aplicación de dudas frecuentes es una opción interesante, que se basa en que cuando el profesor detecta entre las tutorías preguntas de interés general, o que son formuladas en términos similares por diferentes alumnos, puede editarlas y publicarlas (sin que aparezca el nombre del alumno) en el apartado de dudas frecuentes, con las respuestas correspondientes.

Cada sesión de trabajo contiene apartados que corresponden a actuaciones de los alumnos, como por ejemplo la descarga y el análisis de alguna miniaplicación (*applet*) o de algún documento, la realización de un test o ejercicio, la navegación por un lugar web, un debate en el que tiene que participar el alumno (discusiones asíncronas), etc. La plataforma también suele tener una herramienta de discusión sincrónica (*chat*), y opciones de videoconferencia para la impartición de seminarios

o para la comunicación profesor-alumno. El apartado de debates asíncronos (independientes del tiempo) permite participar en las discusiones propuestas por el profesor, basadas en materiales curriculares o en temas suscitados por él mismo o por los alumnos. Los debates constituyen un medio más para comunicarse, aprender y colaborar, y contribuyen a evaluar el aprendizaje. Con respecto al apartado de controles o exámenes de la plataforma, hay al menos de tres tipos: tests de opción múltiple (y de corrección automática por el ordenador), tests de respuesta abierta, y actividades de envío de archivos al profesor. También se pueden ver las calificaciones que se van obteniendo y los comentarios correspondientes del tutor.

La sección de debates es visible para todos, pero las tutorías son opacas a todos los alumnos, con excepción del alumno que realiza la consulta. La opción de tutorías se asemeja a un intercambio normal de correo electrónico personal y privado, pero como está integrada en la plataforma tiene dos características particulares: las preguntas del alumnado no inundan la bandeja de entrada del correo electrónico del profesor, y (ésta es la principal utilidad desde el punto de vista pedagógico) el profesor puede pasar las tutorías a la sección de dudas frecuentes de la plataforma. Las preguntas se organizan en temas, para una mejor localización y lectura. De esta manera se genera a lo largo del curso un buen número de cuestiones contestadas, correspondientes a apar-

tados significativos de la asignatura, y que facilitan las tareas de aprendizaje y de repaso de los estudiantes. El uso de las tutorías en línea resulta una manera más eficiente de aprovechamiento del tiempo y del esfuerzo, tanto del profesor como de los alumnos. Además, la pasividad y frialdad del medio electrónico (en comparación con la interacción personal), que puede suponer un inconveniente para determinadas tipologías de alumnos, tiene por otra parte la ventaja de que el alumno puede leer y meditar tranquilamente las preguntas y respuestas que otros (o él mismo) han hecho.

Todas estas opciones que aportan las plataformas de teleformación plantean a las instituciones formadoras y capacitadoras del profesorado nuevos retos tecnológicos:

- Crear y popularizar el uso de aulas virtuales de código abierto y, por ende, de uso gratuito, dotadas con herramientas de adquisición de datos suficientemente completas como para permitir un procesamiento rápido y eficaz de la información obtenida en el proceso educativo; con sistemas automatizados de creación de objetos de aprendizaje así como evaluación de los mismos, acondicionados para permitir la comunicación con el tutor, la comunicación con alumnos o profesores foráneos o para el trabajo individual.
- Crear y popularizar el uso de portales educativos de código abierto que permitan la inserción de las aulas virtuales del centro educativo, pero que



también posibiliten crear un entorno virtual que permita al alumno tener acceso a su propia biblioteca virtual, a sus periódicos escolares, a las noticias nacionales e internacionales y a los eventos más importantes de su institución.

### ***Otras posibilidades de las TIC en el proceso de E/A***

Resulta sorprendente que, a pesar de la gran variedad de recursos disponibles, no se constaten cambios sustanciales en los contenidos y en la presentación de los libros de texto. El proceso de E/A en el aula tampoco ha experimentado un cambio generalizado. El libro de texto tradicional sigue siendo la herramienta fundamental para el trabajo del profesor (Campanario, 2004). Probablemente esta realidad va ligada a la deficiente formación en TIC que tiene el profesorado. Hay, sin embargo, ejemplos de uso de ordenadores en educación (Linn, 1998, Burkle y Sayed, 2002, León-Rojas et al., 2002). La irrupción de las TIC ha aportado una plétora de recursos para la mejora de la práctica docente, que poco a poco van desplazando el libro de texto de su lugar privilegiado como único material didáctico. Así, disponemos de:

- libros de texto complementados con recursos didácticos diversos en CD-ROM o en Internet (véase, por ejemplo, Tipler, 2004);
- instrumentos digitales que permiten la experimentación en el aula de clase,

y la recogida rápida y automatizada de datos (Soler-Selva y Gras-Martí, 2003);

- vídeos digitales breves de fenómenos físicos, grabados en la propia aula o descargados de Internet, que permiten la modelización del fenómeno (Juan-Martínez et al., 2003);
- simulaciones por ordenador (miniaplicaciones o applets, en particular), que ofrecen interactividad en el análisis de procesos o fenómenos bien definidos (Torres y Soler-Selva, 2003);
- portales de recursos multimedia para la E/A, por ejemplo de física (<http://www.fisica-basica.net>).

Las TIC se han utilizado como instrumentos para mejorar el aprendizaje en primeros cursos universitarios: la participación de los estudiantes y los conocimientos básicos necesarios se han desarrollado mediante herramientas de comunicación asíncrona (debates y tutorías) y tests en línea periódicos de prerrequisitos. La aplicación de instrumentos de evaluación (análisis de los resultados, encuestas, cuestionarios, entrevistas) muestra que la experiencia didáctica ha dado frutos: se han producido mejoras detectables en los resultados académicos de los alumnos y en su actitud hacia la asignatura, así como en el aprendizaje de habilidades cognitivas de alto nivel (expresión, razonamiento lógico, etc.). Se incide sobre la motivación, la regularidad en el trabajo de la asignatura, y el necesario cambio de actitud, habitualmente negativa, del alumno hacia asignaturas (física, mate-

máticas, etc.) en carreras donde estas son materias instrumentales.

Hay pocas experiencias en nuestro entorno educativo (universitario y no universitario) de incorporación de debates y de tutorías asíncronas relacionadas con los materiales curriculares, a pesar de que se reconoció su importancia (Duschl, 1998). Hace poco Moreno (2002) aún hablaba en condicional refiriéndose –entre otras opciones de elementos TIC– a los debates virtuales como herramienta docente: “...chats y foros específicos sobre la asignatura, abiertos a todos los matriculados, supondrían un complemento necesario para que los alumnos se comunicaran entre ellos y con el profesor, aportando sus puntos de vista, sus hallazgos, sus dudas...”. Whittle et. al. (2000) muestran que las herramientas de comunicación en línea permiten desarrollar actividades colaborativas al tiempo que ayudan a incrementar el diálogo entre profesor y alumnos, y tienen muchas posibilidades de contribuir a un mejor aprendizaje de los estudiantes. Estas herramientas permiten, también, una mayor participación de los estudiantes y un incremento en el desarrollo de sus capacidades de razonamiento de alto nivel (Miller y Miller, 1999). Los debates sirven también para aumentar la cohesión del curso y para incentivar el aprendizaje colectivo vía discusión tanto en el aula como en la plataforma. El intercambio de ideas conduce a la consecución de habilidades transversales y de alto nivel, como por ejemplo la capacidad de comunicación, de formulación de ideas y la com-

prensión conceptual de los estudiantes (Sardà y Sanmartí, 2000).

Como ya hemos descrito en otro apartado, el uso de las tecnologías modernas permiten la realización de experimentos en la propia aula de clase, así como la recogida automática de datos y su análisis y modelización inmediata (Urzúa y Vargas, 2002, Soler-Selva y Gras-Martí, 2000 y 2003, y Soler-Selva et al. 2004). Cada vez está más extendida y más estudiada la metodología y la mejora asociada al uso de estos dispositivos electrónicos en la enseñanza de las ciencias experimentales. Urzúa y Vargas (2004) analizan la respuesta de un grupo experimental (y de un grupo de control) cuando se miden sus respuestas a cuestiones de tipo de diseño, de análisis de variables, y de interpretación de resultados. Hay también gran número de simulaciones disponibles en Internet, y los alumnos responden muy positivamente a su uso (Torres y Soler-Selva, 2003). Algunos autores, como Rita-Otero et al. (2003), advierten con razón que el uso de estas simulaciones de procesos fisicoquímicos por ordenador debe hacerse bajo ciertas precauciones pues los ingredientes que se manejan en una simulación típica son de alto nivel cognitivo.

Por otra parte, y de acuerdo con la práctica recomendada en la bibliografía (Fraser y Tobin, 1998; Duarte, 2001), se puede diseñar una página web del curso que se va rellenando con aportaciones, materiales, archivos con debates cerrados o temas de dudas frecuentes, lecturas opcionales complementarias,

*software* de simulaciones por ordenador, etc. Esta herramienta complementaria es muy valorada por los alumnos, porque los ayuda a sentirse orientados a lo largo del curso, especialmente en las asignaturas anuales. Hay multitud de ejemplos de uso didáctico de Internet y de sus posibilidades de comunicación. Por ejemplo, hay profesores que cuelgan en la red, o mandan por correo electrónico a sus alumnos, un pequeño test previo a la clase (o a cada tema), y les pide también que contesten por correo electrónico explicitando las dudas que tengan. Esto les obliga a leer un poco el libro de texto antes de la clase y, por otra parte, se puede enfocar la clase siguiente sobre los aspectos que encuentran más difíciles. Otra opción es proponer a los estudiantes, vía web, un pequeño test de repaso, antes de empezar un nuevo tema, o antes de comenzar una asignatura. La realización de tests periódicos de prerrequisitos de una asignatura es un instrumento eficaz para favorecer un ritmo de trabajo regular de los estudiantes, y es una manera de tener en cuenta las carencias de los alumnos y de intentar remediarlas.

## **Conclusiones**

Las 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 capacidad 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. El uso de la tecnología en la educación ha introducido nuevas maneras de interacción entre estudiantes, y entre aquellos y los profesores, que pueden darse en contextos en línea (Arsham, 2002); hace falta, sin embargo, articular las TIC en los procesos de E/A. La elaboración de materiales docentes que incorporan elementos de las TIC (por ejemplo, imágenes, vídeos, la experimentación automatizada, simulaciones por ordenador, etc.) es una actividad creativa cada vez más fácilmente abordable por el profesor con recursos a su alcance, y constituye un ejemplo de lo que podría llegar a ser el "libro digital" del profesor. La difusión de las TIC facilita, asimismo, que los profesores intercambien sus materiales docentes digitales via Internet (Campanario, 2004, Gras-Martí, 2004).

La investigación sobre el uso de las TIC en la E/A se presta también a proyectos del tipo Investigación en Acción en el aula (AR-home, 2002). Estas acciones de investigación, aunque no puedan tener la estructura formal de una

investigación didáctica, ni su duración ni los objetivos más amplios de un programa de investigación tradicional, puede tener un gran impacto en términos de mejora en las prácticas docentes. Además, como se puede ver a la bibliografía citada en este trabajo, cada vez es más fácil conseguir publicaciones completas en línea, y el número de revistas digitales (a menudo gratuitas) crece constantemente. Estas herramientas facilitan el desarrollo y la presentación de trabajos didácticos como el presente, y la facilidad de uso debería de servir de estímulo al profesorado para dar a conocer sus innovaciones y experiencias educativas, un aspecto de la actividad docente que está muy descuidado en el mundo latino hablante, en comparación con el anglosajón.

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. Queda mucho tramo por recorrer hasta que se exploren suficientemente las crecientes aplicaciones de las TIC en todos los ámbitos del proceso de enseñanza – aprendizaje. Están apareciendo muchas asociaciones de docentes (véase, por ejemplo, ésta: <http://www.ticat.org>) que

tratan de impulsar y difundir su uso. Como se suele decir, Internet está aquí para quedarse, en todos los ámbitos, incluida la actividad docente. Cuanto antes comencemos a familiarizarnos con las múltiples opciones que ofrece, más nos lo agradecerán nuestros alumnos, ciudadanos de un mundo que será diferente del que nosotros, profesores, conocimos como estudiantes.

Somos conscientes de que la tecnología es un simple vehículo para llevar a término actuaciones que contribuyen al proceso, pero por ella misma no proporciona mejoras en el aprendizaje. Lo que importa son las estrategias de enseñanza implícitas (o explícitas) en los recursos didácticos empleados. El aprendizaje está más influido por los contenidos y por las estrategias didácticas que por el tipo de tecnologías empleadas para suministrar la enseñanza (Clark, 1983, Schramm, 1977). Y, en todo caso, el papel de la tutorización del profesor es fundamental en la componente no presencial la enseñanza. Claro está, por otra parte, que propuestas como las expuestas en la presente comunicación son de interés para allanar el camino hacia el sistema de créditos europeos (el denominado sistema ECTS), donde la componente no presencial del proceso de E/A cobra gran protagonismo.

Los recursos digitales comparten los objetivos expresados por Maiztegui et al. (2000) para la educación tecnológica en general: “... *al desarrollar la dimensión tecnológica se acentúa poderosamente la vinculación del aprendizaje con el mundo real de los estudiantes*

(Hill 1998; Cajas 2001), favoreciendo su mayor interés por el estudio. Al propio tiempo, los estudiantes adquieren una apreciación más correcta, no sólo de la naturaleza de la tecnología, sino de la propia ciencia (Vázquez et al. 2001). La potenciación de la dimensión tecnológica se convierte así en un requisito para una adecuada alfabetización científica, de ahí que debemos asociar ambas y plantear conjuntamente la alfabetización científica y tecnológica ... [...] cabe suponer que las dificultades encontradas por la educación científica –y, muy en particular, la falta de interés de muchos estudiantes– sean debidas a reduccionismos que la empobrecen, como el olvido de la dimensión tecnológica que aquí nos ocupa”.

Igualmente, la introducción de las TIC en el bagaje del profesorado y del alumnado precisa, como dicen Maiztegui et al. (2000): “... la adopción de profundos cambios en la formación inicial y permanente del profesorado ... y en las mismas condiciones de trabajo de los docentes, para facilitar su implicación en una actividad permanente de investigación e innovación educativas ... que debemos enmarcar en el proyecto UNESCO de una educación para todos a lo largo de toda la vida (Delors et al. 1996)”. Y esto, pensamos, sólo es factible en la práctica, y a gran escala (hablando en términos de concienciación y de participación planetaria, de un mundo interconectado, para bien y para mal) con el recurso constante de las TIC.

## **Agradecimientos**

Al ICE y al Secretariado y Vicerrectorado de Convergencia Europea y Calidad de la Universitat de Alacant, por su apoyo para la realización de este trabajo dentro del programa Redes Docentes, y por su contribución al proyecto de *Portal para la enseñanza de la Física*, <http://www.fisica-basica.net>, y por la facilitación de una plataforma propia (MicroC@mpus).

## **Bibliografía**

- ACE (1999). American Council on Education. *To touch the future: Transforming the way teachers are taught*. Washington, DC: Author. (En línea: <http://www.acenet.edu/resources/presnet/teacher-ed-rpt.pdf>, consultat el 30-III-01).
- ACEVEDO, J.A. *Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2004) Vol. 1, N° 1.
- AC-guidelines (1996). Macintosh Human Interface Guidelines. (En línea: [http://www.cybertech.apple.com/hi/hi\\_resources/hi\\_princ/intro.html](http://www.cybertech.apple.com/hi/hi_resources/hi_princ/intro.html), consultat el 10-VI-00).
- ALVAREZ GARCÍA, M.C. (1999). “Los nuevos Centros Escolares Europeos. Las Euro redes de Centros”, PixelBIT, n° 13, julio 99, pp. 63.



- AR-home (2002). Action Research Home web site, <http://www.scu.edu.au/schools/gcm/ar/arhome.html> (accessed 1-6-02).
- ARSHAM, H. (2002). Impact of the internet on learning and teaching. *USDLA Journal*, 16 (3). (En línea: [http://www.usdla.org/html/journal/MAR02\\_Issue/article01.html](http://www.usdla.org/html/journal/MAR02_Issue/article01.html), consultat el 10-V-2002).
- Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist*, 28, 117-148.
- BARROSO, J. (1992). "Fazer da escola um projecto", en RUI CANARIO (ED.), *Inovacao e Projecto Educativo de Escola*. Lisboa: Educa, pp. 17-55.
- BECERRA-LABRA, C., GRAS-MARTÍ, A., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. Análisis de la resolución de problemas de Física en secundaria y primer curso universitario en Chile. *Enseñanza de las Ciencias* 22 (2), 275-286, 2004.
- BROWN, T. & CROWDER, J. (2004) Student Difficulties in Physics, <http://www.physics.montana.edu/physed/misconceptions/index.html> [Consultado 3-8-04].
- BRUNING, R. (1993). A cognitive perspective on teaching and learning. *The Teacher Educator*, 28, 24-40.
- BURKLE, M. y SAYED, Y. (2002). Integrating ICT in Higher Education: *ITESM.Academic Exchange Quarterly* 6 (3) article 2057-1w.
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.
- CAMPANARIO, J.M. Multilibros o "libros a la carta": las ventajas de un enfoque alternativo para la elaboración y comercialización por fascículos de manuales escolares de ciencias. <http://www2.uah.es/jmc/multilibros.htm> (2004). (Consultado 3-6-04).
- CARNOY, M.: *Las TIC en la enseñanza: posibilidades y retos. Artículo. Lección inaugural del curso académico 2004-2005 de la UOC. Octubre 2004.*
- Casey, J. M. (1997). *Early literacy: The empowerment of technology*. Englewood, CO (USA).
- CEBRIÁN, M. (1997). "Nuevas competencias para la formación inicial y permanente del profesorado", en *EDUTEC. Revista electrónica de Tecnología Educativa*, nº 6.
- CEBRIÁN, M. (2003). "Análisis, prospectiva y descripción de las nuevas competencias que necesitan las instituciones educativas y los profesores para adaptarse a la sociedad", *Revista Pixel Bite*. Universidad de Málaga.
- CLARK, R.E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53 (4), 445-459.
- CROMPTON, P. i TIMMS, E. (2002). Aprendizaje mediante ordenador: Hacia una tipología de la interacción educativa en línea, *Red Digital*, 2. (En línea: <http://reddigital.cnice.mecd.es/3/index.html>, consultat el 20-IX-02).
- De Pablos, J. i Jiménez, J. (1998) (eds.). *Nuevas Tecnologías, Comunicación*

- Audiovisual y Educación*. Barcelona, Cedecs.
- DELORS J. et al. (1996). La educación encierra un tesoro. Madrid: Santillana.
- DUARTE, V.T. (2001). Comunicació privada a AGM. (Com a exemple, podem veure les seues pròpies pàgines personals en: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/>, consultat el 29-VI-03).
- DUSCHL, R. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias* 16 (1), 3-20.
- FLOWERDAY, T. i BRUNING, R. (1998). Nebraska U.S. WEST/NSEA Teacher Network, Annual Evaluation Report. Lincoln, NE: Center for Instructional Innovation. (En línea: <http://tc.unl.edu/edpsych/cii/mission.html>, consultat el 22-IV-01).
- Fraser, B. y Tobin, K.G. (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- GILD., FURIÓ C., VALDÉS P., SALINAS J., MARTÍNEZ-TORREGROSA J., GUIASOLA J., GONZÁLEZ J., DUMAS-CARRÉ A., GOFFARD M. Y PESSOA DE CARVALHO A., 1999, ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320
- GIL PÉREZ, D., CARRASCOSA ALÍS, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ MAS, C., GALLEGU, R., GENÉ DUCH, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., PESSOA DE CARVALHO, A.M., SALINAS, J., TRICÁRICO, H., i VALDÉS, P., ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?, *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, 17 (3), 503-512. (En línea).
- GIL, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- GIL, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164.
- GÓMEZ GONZÁLEZ, E., Nuevas tecnologías y enseñanza de la física, *Revista Española de Física*, vol. 12, (2) 1998, p. 44.
- GRAS-MARTÍ, A. y CANO-VILLALBA, M. (2000). Física i Ensenyament, Un entorn virtual per a l'ensenyament / aprenentatge. *Eines*, 18, 61-66. (En línea: <http://www.ua.es/dfa/agm/recerca-sci.html>, consultat el 15-VIII-01).
- GRAS-MARTI, A. Portal para la enseñanza de la física. <http://www.fisica-basica.net>. En particular, véase: <http://www.ua.es/proyecto/fisica-basica/propostes-experimentals/propostes-experimentals.htm> (Consultado el 16-8-04).
- GRAS-MARTI, A. Portal para la enseñanza de la física. <http://www.fisica-basica.net>. En particular,

- véase: <http://www.ua.es/proyecto/fisica-basica/propostes-experimentals/propostes-experimentals.htm> (Consultado el 16-8-04).
- GRAS-MARTÍ, A., CANO VILLALBA, M., CELDRÁN MALLOL, A., i MIRALLES TORRES, J.A. Debats i tutories com a eines de aprenentatge per a alumnes de ciències: anàlisi de la integració curricular de recursos del Campus Virtual. (2003a). (En vies de publicació).
- GRAS-MARTÍ, A., CANO-VILLALBA, M. i CANO VALERO, C. Cursos de TIC per al professorat de ciències: comparació de modalitats presencial, semipresencial i no presencial (p, sp, np). (En vies de publicació). (2003b).
- GRAS-MARTÍ, A., CANO-VILLALBA, M., CANO VALERO, C. (2003c). Cursos de TIC per al professorat: anàlisi comparatiu de les modalitats presencial, semipresencial i no presencial, REEC Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias, Volumen 3, Número 1 (<http://...>, consultat el 4-12-03).
- GRAS-MARTÍ, A., CANO-VILLALBA, M., SOLER-SELVA, V.F., SEGURA MATARREDONA, M., i RIPOLL-MIRA, E. (2000). Uso de las NTIC en la enseñanza de la física. Jornadas nacionales de tecnología y educación "Nuevos Desafíos" (Cochabamba, Bolivia), Memorias, p. 35-52. (En línia: <http://www.ua.es/dfa/agm/www-275.htm>, consultat el 18-III-01).
- GRAS-MARTI, A., i CANO-VILLALBA, M. (2000). Un entorn virtual per a l'ensenyament/ aprenentatge, *Eines*, 18, 61-66.
- GRAS-MARTI, A., SANTOS, J.V., PARDO, M., MIRALLES, J.A., CELDRAN, A., CANOVILLALBA, M. Revision of prerequisites: ICT tools. AEQ-Academic Exchange Quaterly (2003d) Vol. 7 (3). (<http://rapidintellect.com/AEQweb/redpast.htm>, consultat 30-11-03).
- GRAS-MARTÍ, A.; CANO-VILLALBA, M., PARDO CASADO, M, CELDRÁN MALLOL, A., SANTOS BENITO, J.; MIRALLES TORRES, J.A., CATURLA TEROL, M.J. (2003e) La evaluación, como ejemplo de integración de las TIC en la enseñanza. Comunicación y pedagogía, núm. 190, 46-49.
- HALPIN, R. (1999). A model of constructivist learning practice: Computer literacy integrated to elementary mathematics and science teacher education. *Journal of Research on Computing in Education*, 32 (1), 128-138.
- HILL, A. (1998). Problem Solving in Real-Life contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 203-220.
- ISTE (1999) International Society for Technology in Education. *National educational technology standards for students*. (En línia: <http://cnets.iste.org/index2.html>, consultat el 5-3-2000).
- JACKSON, D.P. Rendering the "Not-So-Simple" Pendulum Experimentally

- Accessible. *The Physics Teacher*, 34, 86-89, 1996.
- Jiménez Pérez, R. i Wamba Aguado, A.M. (2002). La formación inicial del profesorado de educación primaria a través del proyecto Maimónides. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 1(2). (En línea: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero2/Art2.pdf>, consultat el 15-I-03).
- JUAN, A. et al. (2002). Recursos TIC para el estudio del movimiento: <http://usuario.tiscali.es/sothis/r/4eso/4eso.htm> [Consultado 15-1-04].
- JUAN, A. et al. (2003). AtomTIC: estudio de los modelos atómicos con ayuda de las TIC <http://usuario.tiscali.es/sothis/r/recursos.htm> [Consultado 23-3-04].
- JUAN-MARTÍNEZ, A., JULIÀ-ESPÍ, M., JOVER, E., PRATS, G., PONS I., y MARTÍNEZ, B. El vídeo digital como recurso didáctico para el estudio cinemático del movimiento, Curie digital vol. 2, 2003. (<http://www.ua.es/dfa/curie/curiedigital/2003/VIIJ/video-angel-53-65.pdf>, consultado 23-4-04).
- Leon-Rojas, J.M., Masero-Vargas, V., Morales-Morgado, M.M. (2002). ICT-based Borderless Combination of Alternative and Augmentative Communication Systems. *Academic Exchange Quarterly* Fall 2002, 6 (3) 85-90.
- LIJNSE, P. L. (2000). Didactics of science: the forgotten dimension of science education research. En R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education. The contribution of research* (p. 308-326). Buckingham: Open University Press.
- Linn, M.C. (1998). *Educational Technology*, Handbook of Science Education, Kluwer Academic Publishers, New York, 265-420.
- Llorens-Cerdà, F. (2001) Formació virtual del professorat: una experiència real, [http://www.maseducativa.com/web/llorens/formacio\\_virtual.htm](http://www.maseducativa.com/web/llorens/formacio_virtual.htm) (consultat el 3-XII-01).
- MAIZTEGUI, A., GONZÁLEZ, E., TRICÁRICO, H., SALINAS, J., PESSOA DE CARVALHO, A y GIL, D. (2000) La formación de los profesores de ciencias en Iberoamérica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 24, 163-187.
- MARTÍNEZ LOSADA, C., GARCÍA BARROS, S., MONDELO, A. *Los problemas de lápiz y papel en la formación de profesores. Enseñanza de las Ciencias*. Vol 17, N° 2, 25-40. 1999.
- Martínez Losada, Cristina García Barros, Susana Mondelo Alonso. *Los problemas de lápiz y papel en la formación de profesores. Enseñanza de las Ciencias*, 1999.
- MARTÍNEZ SEBASTIÀ B. (coord.) (2003). Curso-web: Observaciones y modelos en astronomía. <http://www.cnice.mecd.es/eos>. Materiales Educativos/mem2003/astronomia/ [Consultado 5-6-03].
- MARTINEZ SEBASTIÀ, B., JUAN, A., JULIÀ, M. (2001). Introducing kinematical concepts in secondary school using history of science and

- computer simulations. En Pintó i Surinach (Eds.). *Physics teacher education beyond 2000*, Paris: Elsevier.
- MARZANO, R.J. (1992). A Different Kind of Classroom: Teaching with Dimensions of Learning. *Association for Supervision and Curriculum Development* (ASCD). (En línea: <http://www.brunswick.k12.me.us/curproj/strategies.htm>, consultat el 14-III-2000).
- MCANALLY, S. y PÉREZ, C. (2000). Diseño y evaluación de un curso en línea para estudiantes de licenciatura. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2 (1). (En línea: <http://redie.ens.uabc.mx/vol2no1/contenido-mcanally.html>, consultat el 7-VIII-01).
- MCANALLY-SALAS, L., y ARMIJO DE VEGA, C. (2001). La estructura de un curso en línea y el uso de las dimensiones del aprendizaje como modelo instruccional. *Revista Iberoamericana de Educación* (En línea: <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/McAnally.PDF>, consultat el 12-X-01).
- MCISAAC, M.S. y GUNAWARDENA, C.N. (1996). *Distance Education*. In: Jonassen, D.H. (ed). *Handbook of research for educational communications and technology: a project of the Association for Educational Communications and Technology*. New York, N.Y: Simon & Schuster-Macmillan, 403-437.
- MILLER, S.M. i MILLER, K.L. (1999). Using instructional theory to facilitate communication in Web-based courses, *Educational Technology & Society* 2 (3), 106-114.
- MORENO, I. (2002). Interacciones educativas en la comunicación de la ciencias, *Red digital 1* (enero) (En línea: [http://reddigital.cnice.mecd.es/1/sumario\\_ind.html](http://reddigital.cnice.mecd.es/1/sumario_ind.html), consultat el 12-XII-2002).
- MUIRHEAD, B. (2001). Interactivity Research Studies, *Educational Technology & Society*, 4(3), 108-12.
- Proyecto STTIS-Working paper 1 (2000). Investigation of actual use and value of informatic tools. <http://www.blues.uab.es/~idmc42/work/index.html#wp1> [Consultado 15-2-03].
- REDISH, E.F. (1993). What Can a Physics Teacher Do with a Computer? <http://www.physics.umd.edu/perg/papers/redish/resnick.html>, i <http://www.physics.umd.edu/perg/papers/redish/resnick2.html> (Consultat el 5-XI-2003).
- RITA OTERO, M., GRECA, I.M., y LANG DA SILVEIRA, F. Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en Física: Un estudio comparativo. *REEC Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias* vol. 2 (1), 2003 (<http://> consultat el 12-03-03).
- SANTÁNGELO, H.N. (2000). Modelos Pedagógicos en los Sistemas de Enseñanza no Presencial basados en Nuevas Tecnologías y Redes de Comunicación. *Revista Iberoamericana de Educación* 24. (En línea: <http://www.campus-oei.org/revista/rie24a06.htm>, consultat el 24-VI-02).



- SARDÀ, J., i SANMARTÍ, N. Ensenyar a argumentar científicament: un rept de les classes de ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422. (2000).
- SCHRAMM, W. (1997). *Big media, little media*. Beverly Hills, CA: Sage.
- SOLER-SELVA, V.F., GRAS-MARTÍ, A. Integració del laboratori assistit amb calculadora gràfica (LACG) en l'ensenyament secundari. *Revista de Física*, 2 (8), 36-40, 2000.
- SOLER-SELVA, V.F., i GRAS-MARTÍ, A. (2003). Experimentació amb tecnologia EAC desde una orientació de l'ensenyament com a investigació. *Enseñanza de las Ciencias* 21, 173-181.
- SOLER-SELVA, V.F., VALDÉS-CASTRO, P., BECERRA-LABRA, C., CANO-VILLALBA, M., GRAS-MARTÍ, A. La experimentación asistida con calculadora (EXAC): una vía para la educación científico-tecnológica. II Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias, La Habana, Cuba, y *Revista Iberoamericana de Educación*, 2002, <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/553Soler.PDF>. (Consultado 23-4-2004).
- TIBERGHEN, A. (2000). Designing learning situations. En R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education. The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- TIPLER, P.A., Sitio web: <http://www.whfreeman.com/tipler/>. (2004). (Consultado 30-2-2004).
- TORRES, A., y SOLER-SELVA, V.F. Internet y *applets* per a la Física de 2n de Batxillerat. En els inicis de una experiència didàctica. **Curie digital** vol. 2, 2003. (<http://www.ua.es/dfa/curie/curiedigital/2003/VIIJ/applets-Vicent-66-73.pdf>) (Consultado 23-4-04).
- URZÚA, T. y VARGAS M., J. Nuevas tecnologías aplicadas en el laboratorio: ley de Boyle-Mariotte. *Educación Química*, vol. 13 (3) 201-205, 2002.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4. (en prensa).
- VILCHES, A., y GIL, D. (Comunicación a la lista de correo electrónico de la Associació Curie, <http://www.curiedigital.net>).
- VINCE, J. (1999). Presentation et utilisation del SimulaSON <http://gric.univ-lyon2.fr/gric3/Home/jvince/simulaSON/telecharge.html> [Consultado 4-12-03].
- WHITTLE, J., MORGAN, M., i MALTBY, J. (2000). Higher Learning Online: using constructivist principles to design effective asynchronous discussion, *Proceedings of NAWeb, the web-based learning conference*.