

3. RECURSOS DIGITALES PARA LOS DOCENTES DE CIENCIAS

Albert Gras Martí, Marisa Cano Villalba, Vicent Soler Selva, Yuri Milachay Vicente, Manuel Alonso Sánchez, Ángel Torres Climent

3.1. Introducción: lenguajes de la ciencia y TIC

La posibilidad de trabajar los lenguajes de la ciencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje (E/A) ha sufrido un gran impulso con el advenimiento de los ordenadores y la versatilidad de las tecnologías asociadas. La incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) al quehacer docente presenta muchas ventajas respecto del tratamiento didáctico tradicional de las materias (Casey, 1997; Gras-Martí y Cano-Villalba, 2003), por ejemplo:

- Las TIC son muy motivadoras y, de entrada, pueden interesar a los alumnos.
- Con un software adecuado, un ordenador permite mucha más interactividad que otros medios educativos (vídeo, libros, etc.).
- Se pueden simular situaciones experimentales complejas, costosas o peligrosas.
- Mediante búsquedas en Internet, hojas de cálculo, presentaciones, páginas web, etc., los alumnos pueden preparar y presentar trabajos de calidad, y aprender activamente y en colaboración con otros alumnos.
- Las telecomunicaciones aportan recursos de todo el mundo a las aulas, y las comunican entre sí.

El aprendizaje de conocimientos científicos por parte de los alumnos pasa por la adquisición de la capacidad para comunicar los fenómenos físicos utilizando simultáneamente diversos tipos de lenguajes o descripciones (Juan et al., 2003), figura 1:

- El lenguaje icónico, que usa diagramas para mostrar de forma esquemática cómo varía una magnitud en función de otras (tiempo, posición, etc.).
- La descripción tabular, que recoge de forma ordenada los valores de las magnitudes correspondientes.
- El lenguaje gráfico, que consiste en representar en unos ejes de coordenadas la variación de una magnitud con una variable determinada.
- La representación verbal, que es la narración del fenómeno mediante términos más o menos técnicos.
- El lenguaje algebraico, que busca encontrar ecuaciones que relacionan las magnitudes investigadas.

No cabe duda que el alumnado ha de aprender habilidades informáticas prácticas de carácter transversal. Debe de 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 de síntesis, seminarios), potencialmente abiertas al cyberspacio. En palabras de De Pablos y Jiménez (1998), se debe 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 TIC 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 la educación- que nos lleve a plantearnos la capacitación de los alumnos para un cierto 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 la creatividad, la autonomía, la autoestima y el trabajo colaborativo, entre otros".

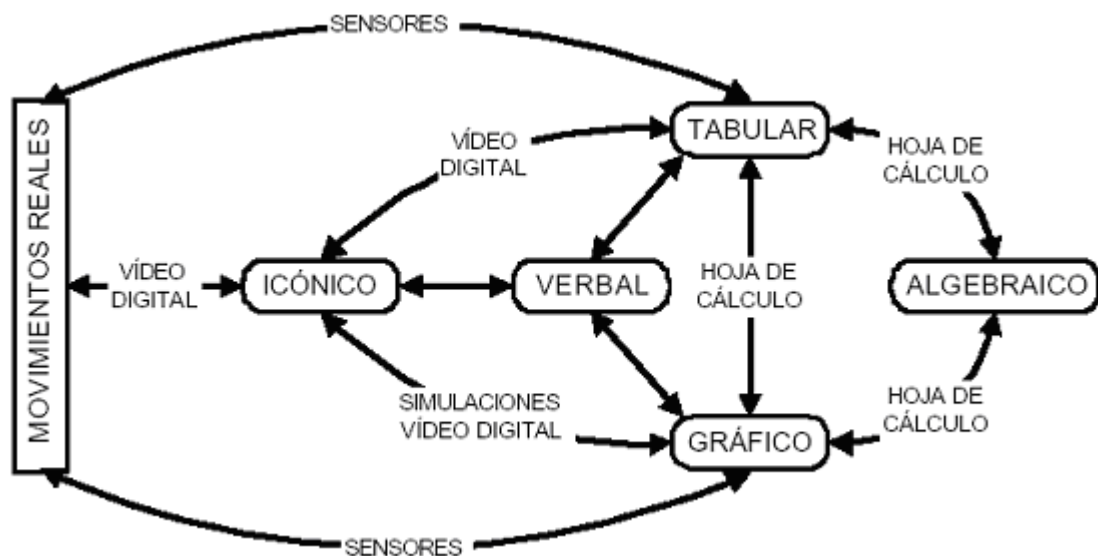


Figura 1.- Interrelación entre lenguajes de representación científica, instrumentación de recogida de datos, y programas de modelización y de análisis de los fenómenos físicos.

Por tanto, se trata de incentivar en el alumnado de todos los niveles educativos el uso de las TIC. Esto puede ayudar, indirectamente, por ejemplo, a aumentar la escasa motivación de los alumnos hacia las ciencias (Santos-Benito y Gras-Martí, 2003). En este sentido, se ha cuestionado la formación de los profesores y el hecho de que los cursos de actualización tradicionales no preparan a los profesores adecuadamente para que experimenten cómo se pueden integrar las TIC en las actividades docentes, tanto en las aulas como fuera de ellas (Acevedo, 2004). Con trabajos como el presente esperamos contribuir a revertir esta situación.

En esta comunicación haremos un breve recorrido por algunos de los recursos digitales con que cuenta el profesor de ciencias. No seremos exhaustivos, pues continuamente aparecen nuevas aplicaciones y muchas se comentan en otras secciones de este libro. Nos centraremos en algunas de mayor alcance y complejidad y en las que tenemos cierta experiencia: herramientas de simulación (applets, Flash y Moodle), listas de debate, aulas virtuales y laboratorios automatizados. No comentaremos opciones más específicas, pero interesantes, como por ejemplo los Webquest, el uso de las hojas de cálculo, o las presentaciones PowerPoint. También haremos referencia a la investigación didáctica o a la investigación en la acción, que puede usar las TIC como tema de trabajo y también como instrumento para la difusión de las innovaciones que se practican en las aulas.

Comenzaremos con los recursos que se pueden utilizar tanto durante las clases como para el trabajo fuera del aula (equipos de experimentación manejables y versátiles, y simulaciones de procesos fisicoquímicos), para concluir con herramientas potentes que permiten la interacción no presencial (listas de debate y aulas virtuales). Concluiremos con una invitación a la investigación en la acción.

3.2. Dentro y fuera del aula: La experimentación asistida por calculadora gráfica (E^XAC)

El laboratorio o la experimentación asistida por ordenador (LAO o EXAO) o por calculadora gráfica (LAC o E^XAC) trata sobre la aplicación docente del registro automático de valores de una magnitud físico-química en un soporte informático, ordenador o calculadora. Este dispositivo de almacenamiento de datos permite, a su vez, el tratamiento de los datos obtenidos (Gras-Martí y Soler-Selva, 1998).

Durante los últimos quince años se ha justificado en diversos trabajos la integración en las aulas del laboratorio asistido por ordenador o por calculadora gráfica, para mejorar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En este apartado nos ocuparemos de presentar sucintamente la experimentación asistida con una calculadora gráfica y programable, E^XAC. Corresponde al profesorado fijar la orientación u orientaciones metodológicas que considere más oportunas; la E^XAC se puede adaptar con facilidad a cualquiera de las más usuales. No obstante, daremos referencias de experiencias didácticas concretas que han sido evaluadas positivamente en el aula.

A pesar de que en menos de una década la E^XAC ha experimentado cambios notables en cuanto al diseño, la facilidad en el manejo y las prestaciones que ofrece el equipamiento, el fundamento sigue siendo el mismo, fig.2. Una diversidad de sensores, cada día mayor, permite registrar magnitudes fisicoquímicas por separado, o varias de ellas simultáneamente, como temperatura, intensidad de luz, pH, d.d.p., posición, velocidad, conductividad, campo magnético, concentración de CO₂ y O₂, presión, humedad relativa, etc. El sensor se conecta a un dispositivo electrónico (por ejemplo a una CBL) que registra los impulsos eléctricos asociados a la magnitud que queremos medir; este interfaz, además, está unido a una

calculadora gráfica y programable.¹ Los programas que permiten diseñar las pautas de recogida de datos experimentales, ya elaborados y a disposición del usuario en la red (<http://www.ti.com/calc/>), permiten comunicar la interfaz con la calculadora gráfica, y almacenar en ésta la información registrada por la CBL².

La E^XAC presenta interés para el docente por diversos motivos: el aprendizaje de su manejo es rápido, se transporta fácilmente y, en consecuencia, permite la exploración de fenómenos fuera del aula o el trabajo en casa, así como otras ventajas que se derivan de la posibilidad de volcar la información a un ordenador personal y su tratamiento posterior con programas específicos (por ejemplo, Graphical Analysis, <http://www.vernier.com/soft/ga.html>), u otros más comunes, como las hojas de cálculo. Otra de las posibilidades que ofrece la E^XAC es el intercambio de información entre calculadoras, de manera presencial o a través de Internet, lo que permite programar un trabajo cooperativo en grupos de alumnos. Pero a estas ventajas evidentes debemos añadir otras que se han revelado muy convenientes en el proceso general de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Citemos, por ejemplo, algunas:

- el hecho fundamental de que la E^XAC deja más tiempo para el diseño de los experimentos y la valoración de los datos obtenidos,
- las repeticiones de las medidas son fáciles y rápidas,
- elimina buena parte del error manual,
- en procesos cualitativos se pueden apreciar evoluciones,
- permite, así mismo, considerar experiencias de duración prolongada,
- y, sin lugar a dudas, incrementa la calidad de las medidas respecto de la mayoría de los equipos de laboratorio tradicionales.

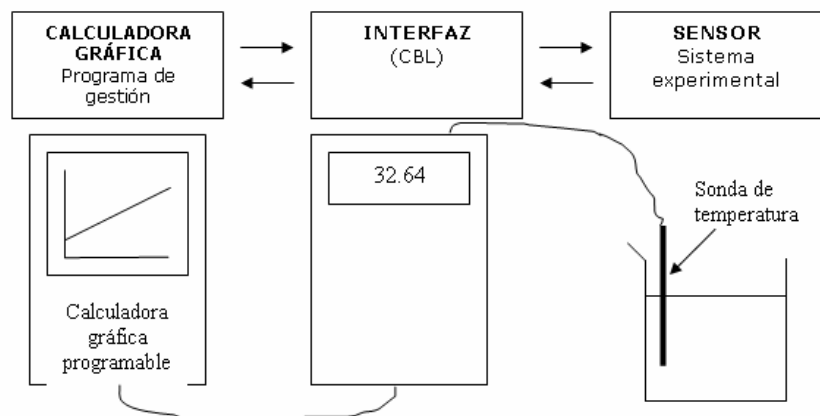


Figura 2.- Elementos que intervienen en el diseño de experimentos asistidos con calculadora gráfica programable (E^XAC).

¹ El dispositivo CBL "calculator based laboratory", así como muchos sensores, los comercializa Vernier (<http://www.vernier.com>), y en su página web se ofrecen también muchas propuestas para la experimentación.

² Algún modelo reciente de calculadora gráfica incorpora puertos USB a través de los cuales se le pueden conectar directamente los sensores. En la fig.2 la interfaz está incorporada a la calculadora, como es también el caso de otros fabricantes a los que aludiremos más tarde.

Al final del proceso de medida el dispositivo proporciona, de manera inmediata, un registro de datos para un estudio más profundo.

Los usuarios de la E^XAC constatan que, como tecnología didáctica, contribuye a desarrollar actitudes y prácticas de cooperación, ofrece la posibilidad de realizar experiencias que difícilmente se podrían llevar a cabo de otro modo, y ayuda a crear un entorno favorable para la reflexión sobre el entramado ciencia y tecnología (Soler-Selva et al., 2004). La E^XAC amplía enormemente la diversidad de recursos que pueden utilizarse en el aula, pero el uso exclusivo de E^XAC y sin la reflexión pertinente puede conducir al estudiante a formarse concepciones equivocadas, como por ejemplo que en el laboratorio se consiguen los objetivos automáticamente o de una manera mágica. El profesorado debe advertir esta posibilidad y anticiparse y evitar sus consecuencias negativas.



Figura 3.- La fotografía muestra uno de los momentos finales de la realización de la experiencia con E^XAC con un grupo de 3º de ESO: la elaboración y discusión de los resultados experimentales.

Los ejemplos de actuación en el aula que ya han sido probados pueden ser un punto de partida para el profesorado que se inicia en la E^XAC (Gras-Martí y Soler-Selva, 2000; Soler-Selva y Gras-Martí, 2003). Estos ejemplos se pueden adaptar a las necesidades particulares de cada profesor y las propuestas se pueden mejorar con su experiencia. Hay que asegurarse siempre de que la E^XAC quede perfectamente incardinada en la metodología del aula; así, debe eludirse la presentación o la realización de experimentos desligada del contexto del resto del trabajo. La E^XAC se debe mostrar al alumno como un instrumento para resolver un problema previamente planteado y estudiado en el contexto teórico pertinente. Después de la obtención de las medidas, se abordará el análisis de los datos y la reflexión sobre las hipótesis enunciadas al principio del estudio. Sin lugar a dudas, ejercitar al alumno en la redacción de un informe sobre la experiencia favorece la clarificación del trabajo realizado y abre la oportunidad a la comunicación con otros compañeros, que otras herramientas TIC pueden contribuir a favorecer. En <http://ticat.ua.es/meet/propostes-experimentals/propostes-experimentals.htm#exac> se puede encontrar una selección de informes realizados por alumnos de enseñanza secundaria que han utilizado la E^XAC.³

³ Hemos hecho referencia hasta ahora a un único fabricante de equipos para desarrollar el laboratorio asistido. Ni que decir tiene que se pueden encontrar otros, como PASCO, <http://www.pasco.com/>, o PICO Technology, <http://www.picotech.com/>, etc., pero el fundamento y las pautas a seguir para su incorporación al aula son similares.

Una de las consecuencias importantes que puede tener la utilización de medios como E^XAC es que, como muestra la figura 3, la disposición de los alumnos en el aula (convertida simultáneamente en laboratorio) es bien diferente de la tradicional.

3.3. Dentro y fuera del aula: Simulaciones de procesos fisicoquímicos basadas en Applets

Desde hace unos años se han desarrollado unas herramientas de software, llamadas applets o miniaplicaciones, que permiten simular procesos fisicoquímicos y constituyen un recurso educativo muy útil para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Se trata de pequeños programas que se ejecutan dentro de una página web (escritas, como sabemos, en lenguaje html), y que vienen representados por una pantalla gráfica, fig.4, que contiene una animación que muestra la evolución del sistema. En las aplicaciones docentes habitualmente se presenta la posibilidad de modificar los parámetros de la simulación con el fin de observar y analizar las consecuencias que tienen estos cambios sobre el proceso en estudio. Los applets basados en el lenguaje de programación Java (por ejemplo, los del completísimo curso de física por ordenador del profesor Ángel Franco de la EHU-UPV, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>, y descritos en otro capítulo de este libro, los que se recogen en la web <http://baldufa.upc.es/baldufa/lbindex/lbindex.htm> o las animaciones desarrolladas por <http://ticat.ua.es/David-Harrison>) son ejemplos conocidos de dichas aplicaciones.

Entre las capacidades didácticas de las simulaciones de procesos físico-químicos basadas en applets se pueden señalar las siguientes: ayuda a los estudiantes a entender mejor las traslaciones entre las diversas representaciones del fenómeno investigado (representaciones verbales, ecuaciones, gráficos, diagramas, tablas de valores, vectores, etc., fig.1), ayuda a comprender las ecuaciones como relaciones físicas entre medidas, guía al alumno en el proceso de construcción de modelos mentales que simulen sistemas físicos y químicos, y crea un entorno de discusión entre lo alumnos y el profesor. La evaluación de los trabajos realizados con applets es fundamental para orientarnos en las revisiones que debemos introducir para mejorar los resultados de su uso didáctico (Torres et al., 2006).

A pesar del origen reciente de los applets como recurso educativo, en Internet podemos encontrar muchas propuestas de uso libre que abarcan casi todos los temas básicos de la física, y, cada vez más, de la química (basta con usar un buscador, como Google). El problema reside, ahora, en mejorar la facilidad para encontrar el applet que buscamos (Bohigas et al., 2003) y en disponer de criterios de evaluación de materiales pedagógicos digitales (como los que propone la asociación Merlot en su página web, <http://www.merlot.org>) para llevar a cabo una selección óptima. La implementación en el proceso general de E/A es, sin lugar a dudas, la tarea fundamental que queda reservada al docente (Christian y Belloni, 2001; Torres y Soler-Selva, 2003). Los applets son un complemento en este proceso de E/A, y junto con otros recursos que aportan las TIC permiten la innovación y la mejora de los resultados obtenidos (Carnicer, 2003).

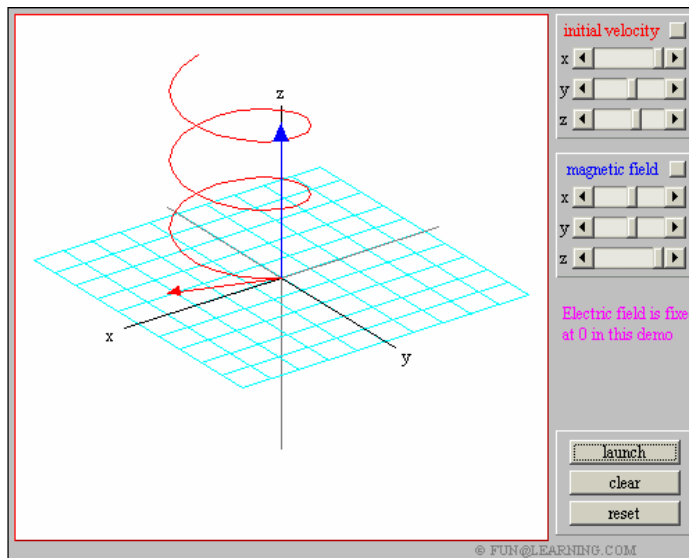


Figura 4.- Ejemplo de applet de física que muestra la trayectoria que describiría una carga en movimiento dentro de un campo magnético. Se pueden modificar los vectores velocidad inicial y campo. (Tomado de <http://thorin.adnc.com/~topquark/fun/JAVA/electmag/electmag2.html>).

Las características de sencillez y poco “peso en bytes” de los applets, y el aumento de las posibilidades de acceso del alumnado a Internet, hacen posible programar indistintamente trabajo dentro del aula y actividades no presenciales. Se han querido destacar en trabajos recientes las potencialidades de esta última opción (Torres et al., 2006). Se propone la elaboración de una ficha guía de trabajo que sitúe el applet dentro de la programación de los contenidos de la asignatura. Se puede constatar que cuando se enfrenta el alumno a un applet, sin una guía, el aprendizaje significativo que consigue el estudiante es escaso, si no nulo. En <http://ticat.ua.es/curie/materials/sixto/sixto.html> se pueden consultar algunas fichas que se han utilizado durante los últimos cursos académicos, en grupos de segundo de bachillerato y, en particular, en el área de física. La intervención del profesorado en el diseño de los materiales docentes (por ejemplo, las fichas que acompañan los applets), insistimos, es fundamental. Y ello exige, por ejemplo, empezar por adecuar el trabajo con los applets a los objetivos de las materias, o reorganizar la programación teniendo en cuenta que contamos con las TIC. Dado que siempre surgen dudas por parte del estudiante a la hora de interpretar el contenido de las fichas, si se ha elegido la modalidad no presencial es conveniente abrir un espacio en Internet de consulta al profesorado y de intercambio de preguntas y respuestas entre alumnos. La creación de una lista de debate o de un blog a principio de curso, en un espacio gratuito de la red, como se comenta en una sección posterior de este trabajo, puede contribuir a resolver ese problema.

Los applets no deben relegar a las actividades de laboratorio, un recurso didáctico insustituible en la enseñanza de las ciencias (Pro, 2006). Sin embargo, muchos autores advierten que las prácticas de laboratorio no están tan presentes en la enseñanza como debieran (Nieda, 2006). Las miniaplicaciones informáticas son un recurso más a disposición del

profesorado que hacen posible la reflexión sobre experiencias hechas dentro y fuera del aula, y que permiten simular pruebas experimentales que no podrían realizarse de otro modo (en particular, en la enseñanza secundaria), por la peligrosidad que entrañan, su coste, la no disponibilidad del equipamiento adecuado, etc. En el proceso de E/A, la diversidad en el uso de recursos didácticos permite aproximarse por diferentes caminos a un concepto fisicoquímico determinado, lo cual resulta muy motivador tanto para el alumnado como para la labor docente del profesorado (Torres, Soler-Selva y Gras-Martí, 2006).

A modo de resumen apuntamos, finalmente, que ha resultado positivo tener en cuenta lo siguiente cuando iniciamos cada curso académico la experiencia de trabajar con aplicaciones informáticas: a) tener información de los conocimientos informáticos y sobre la facilidad de acceso a Internet fuera del aula por parte del alumnado; b) seleccionar cuidadosamente los applets que mejor se ajustan a los objetivos didácticos y al nivel de conocimientos de los alumnos, y c) asegurarse de que la fichas elaboradas por el profesorado contienen instrucciones claras para el estudiante. En muchos casos la elaboración de un informe y una puesta en común en el aula o a través de la red favorece la reflexión y la clarificación de conceptos. El trabajo con applets ha dado buenos resultados en primer curso de bachillerato cuando se ha trabajado en aulas informatizadas del centro, mientras que en segundo curso de bachillerato y con alumnos universitarios se han encontrado muchas ventajas en el trabajo no presencial (Torres i Soler Selva, 2003).

3.4. Dentro del aula: Creación de simulaciones con Modellus

Modellus es un potente programa informático de libre distribución (Duarte, 1996), que permite al usuario diseñar, construir y explorar modelos matemáticos interactivos que él mismo crea o que puede descargar de la red. Con ellos se puede modelizar la evolución de fenómenos que involucran conceptos de física, química, biología, etc. Además de la simulación mediante ecuaciones algebraicas o ecuaciones diferenciales, Modellus también permite incorporar fotos, vídeos, gráficos, tablas de valores, etc., con los que contribuir a comprender mejor las distintas representaciones de los fenómenos y los modelos propuestos por las ciencias experimentales, en la línea de lo que se ha discutido en el apartado 3.1 de introducción y en la figura 1.

Las aplicaciones elaboradas con Modellus ofrecen algunas posibilidades que no presentan otras herramientas de las TIC aplicadas a la enseñanza y que ya hemos descrito, como los applets. Así, por ejemplo, el carácter abierto a la creación permite salvar el inconveniente de no encontrar la aplicación informática que mejor se ajusta al fenómeno objeto de estudio. Por otra parte, al ser el docente o el estudiante quienes diseñan la simulación, es posible adaptar ésta a la orientación metodológica particular seguida en el aula.

Una cualidad importante del programa Modellus es su sencillez de manejo. Para crear aplicaciones no se requieren conocimientos específicos de informática, como pueda ser el aprendizaje de un lenguaje de programación. Para alcanzar la formación mínima necesaria es suficiente

probar alguna de las muchas simulaciones disponibles en su página web (<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>). El usuario, sobre todo, tiene que aportar conocimientos de su materia (física, química, etc.) para la construcción del modelo matemático que sustenta la simulación; además, ha de saber aplicar sus ideas y necesidades educativas al diseño de la pantalla donde se muestra la animación. Los conocimientos informáticos pasan a un segundo plano. Los profesores pueden ser autores de su propia biblioteca de modelos o, partiendo de una animación ya elaborada, personalizar los modelos ya existentes para satisfacer las necesidades y adaptarlos a su opción metodológica. Los alumnos pueden ser entrenados, en muy poco tiempo, para modificar las animaciones con las que trabajan.

Veamos un ejemplo de cómo se suele proceder. Supongamos que se quiere elaborar una animación destinada a que el usuario se familiarice con las magnitudes de cinemática que describen el movimiento: posición, velocidad y aceleración. Lo primero que hacemos es entrar en la ventana correspondiente al modelo matemático y escribir las leyes de la física que rigen el fenómeno estudiado; en este caso, las expresiones diferenciales de la velocidad y la aceleración. Al terminar esta parte se abre automáticamente otra ventana en la que introduciremos las condiciones iniciales del problema; en este caso, los valores de la posición y la velocidad iniciales. Una vez hecho esto, ya podemos diseñar la pantalla que mostrará la animación. En ella colocaremos directamente una partícula que realizará el movimiento o, si lo preferimos, la imagen de un vehículo (recordemos que se pueden insertar imágenes). Por un procedimiento elemental, a través de un cuadro de diálogo, asignamos la magnitud posición al móvil. Fijamos una escala para representar el movimiento y, además, planteamos que se muestre dicho movimiento dejando a la vista una huella estroboscópica.

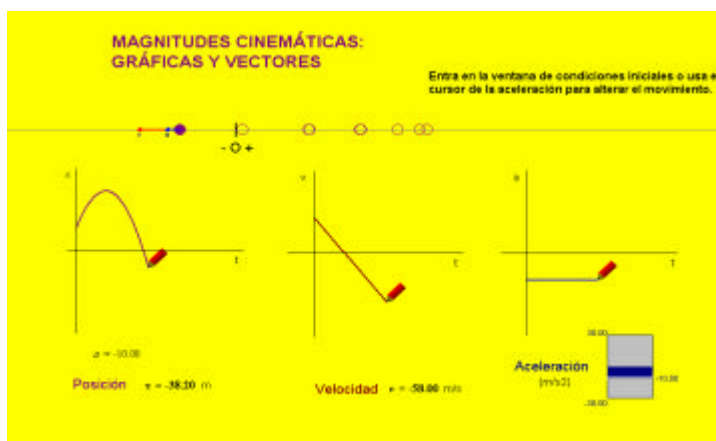


Figura 5.- Simulación realizada mediante el programa Modellus. El círculo simula el movimiento que hemos fijado con las leyes físicas. Las gráficas registran la evolución en el tiempo de magnitudes cinemáticas asociadas.

Ya hemos creado la simulación y la podemos convertir en una simulación interactiva añadiendo a la pantalla algunos cursores. Estos indicarán el valor de determinadas magnitudes y, además, permitirán su modificación, cuando se esté ejecutando el programa (figura 5). Es posible así comprobar cómo afecta al movimiento el cambio introducido. Finalmente, podemos enriquecer la simulación añadiendo gráficas de la evolución en el tiempo de

las magnitudes, medidores directos de distancia, vectores representativos de la velocidad o de la aceleración, textos, etc., todo a partir de cuadros de diálogo intuitivos.

El programa Modellus ofrece muchas posibilidades para crear animaciones de diferentes tipos y con propósitos variados. Entre ellas destaca la capacidad de insertar clips de video, que correrán al tiempo que avanza la simulación. Por ejemplo, mientras se desarrolla un trabajo práctico de laboratorio podemos registrar un determinado proceso en una grabación digital. Después, mediante un programa como el virtualdub (<http://www.virtualdub.org/>), de distribución gratuita, seleccionamos la parte que se quiere insertar en la animación Modellus. El clip elaborado lo trasladamos a la animación correspondiente, figura 6.

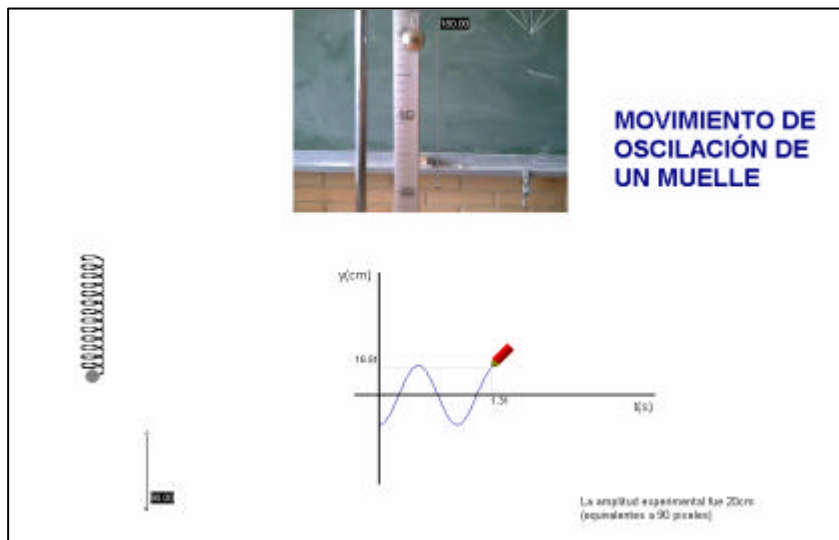


Figura 6.- Ejemplo de inserción de un vídeo en una animación desarrollada con Modellus. Podemos también colocar los objetos y otras herramientas de Modellus. Aquí, una partícula simula el mismo proceso de la filmación. Se ha creado así una animación sobre la práctica de laboratorio.

En general, el uso de las TIC en el laboratorio contribuye a impulsar, antes que entorpecer, el uso de aspectos de la metodología científica (Cortel, 1999). El uso de sensores y programas informáticos adecuados, como los que hemos comentado en la sección 3.2, reduce la tediosa tarea de recoger y representar manualmente las medidas. Se puede así poner el acento en aspectos formativos como la emisión de hipótesis, la invención del diseño experimental, etc. Aquí vemos también que la combinación de vídeos y animaciones añade una ventaja adicional: la comparación directa de la previsión científica que procede de las leyes de la física, expresadas en el modelo fisicomatemático que sustenta la animación, con el proceso real, recogido en el video.

Por otra parte, como el programa proporciona la solución del problema físico (por resolución numérica de las ecuaciones diferenciales que lo definen), aumentan las posibilidades educativas. No es necesario que los estudiantes sepan resolver las ecuaciones algebraicas o ecuaciones diferenciales del problema y, por tanto, podemos centrar la atención en los

planteamientos que fundamentan dichas leyes, en fijar condiciones, etc. Así, es factible ampliar el número de situaciones abordables en la ESO y el Bachillerato sin incremento de la dificultad y, también, por supuesto, en cursos universitarios.

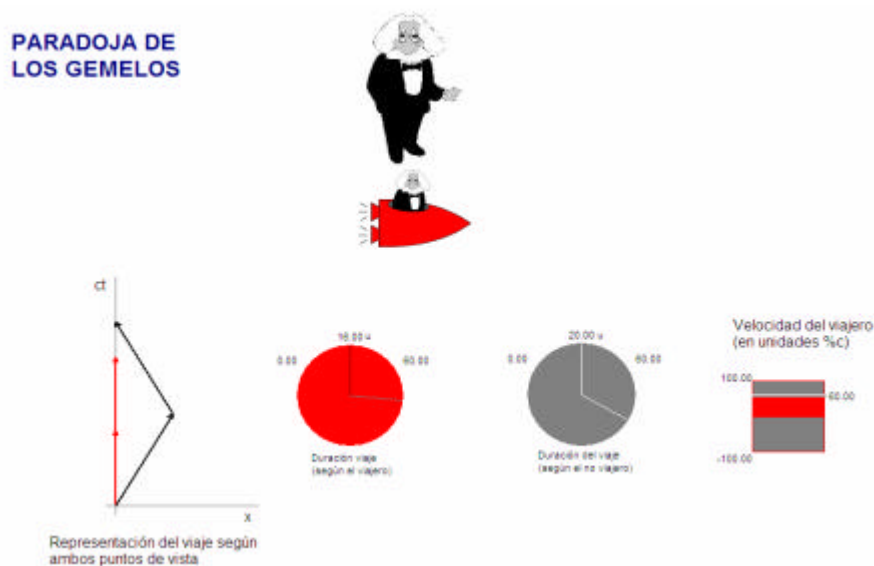


Figura 7.- La paradoja de los gemelos, la contracción de longitudes, etc., pero también el experimento de Michelson y Morley o el principio de equivalencia son tratados con el Modellus.

Hemos hablado de las posibilidades que ofrece el software que describimos, Modellus, de adaptarse a la metodología que sigue el profesorado, e incluso influir en ella, enriqueciéndola. A modo de ejemplo, haremos referencia a la propuesta de dos de nosotros sobre una introducción a la teoría de la relatividad⁴ (Alonso y Soler, 2002, 2005 y 2006). Este trabajo contempla, en particular, la exploración de conceptos e implicaciones de la relatividad, de modo exhaustivo, mediante diagramas espacio-tiempo e impulso-energía. Las animaciones creadas con Modellus (Alonso y Soler, 2005), fig.7, mejoran de manera significativa el trabajo.

En resumen, el programa Modellus permite elaborar animaciones personalizadas y con un grado importante de interactividad; permite a los usuarios alterar el valor de las magnitudes mientras se están ejecutando, modificar las condiciones iniciales del problema e, incluso, sustituir el modelo fisicomatemático. El hecho de que sean los propios docentes (o los propios alumnos) quienes elaboren la aplicación da al producto un valor añadido porque, en principio, facilita la integración coherente de las simulaciones en el modelo de enseñanza.

3.5. Fuera del aula: Listas de debate

Analizaremos ahora la importancia de las listas digitales de discusión como ayudas para el debate necesario que pueda conducir a la toma de decisiones informadas en materias científicotecnológicas en el aula.

⁴ Incluye un programa-guía de actividades, un libro de referencia y un curso de formación del profesorado.

Tomaremos como ejemplo el tema de la globalización y el desarrollo sostenible.

El fenómeno de la globalización se caracteriza por haber impulsado un proceso acelerado de apertura económica mundial, pero también ha permitido entender de manera global los graves problemas que ponen en peligro el futuro de la humanidad: el agujero en la capa de ozono, el calentamiento global, la contaminación ambiental y la degradación de los ecosistemas, el agotamiento de los recursos naturales como los bosques, combustibles fósiles, etc. Esta situación, que ha sido descrita como de emergencia planetaria, ha llevado a la ONU a instituir la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014), desde el supuesto que este modelo de desarrollo permitirá resolver los problemas mencionados y garantizar el desarrollo de la humanidad (UNESCO, 2004), <http://www.oei.es/decada/inicio.htm>.

El tema de la globalización y del desarrollo sostenible es, también, un caso de estudio típico de la corriente educativa CTS (ciencia, técnica, sociedad) o CTSA (con inclusión explícita del medio ambiente en la ecuación). El propósito general de la educación CTSA es formar ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, capaces de tomar decisiones informadas y acciones responsables (Membiela, 2001). Además, "... el enfoque CTS puede considerarse estrechamente relacionado con el concepto de Desarrollo Sostenible cuando el componente S (sociedad) se interpreta como las repercusiones en el medio ambiente y la economía desde un punto de vista social, ético y global, con la finalidad de actuar de forma local" (Sáez y Riquarts, 2001). El movimiento CTSA, que da fundamento al análisis del concepto de desarrollo sostenible, subraya las relaciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad, lo que propicia una contextualización de estas actividades y una revisión de sus impactos sociales, y promueve la formación para la participación responsable e informada de los ciudadanos en políticas científicas y tecnológicas, para un desarrollo más justo y sostenible.

La educación CTS entiende que el contexto social de interacción entre individuos está ampliamente marcado por la ciencia y la tecnología, materializada tanto en productos tecnológicos como en tecnologías de la organización social. Además, el mayor desafío de nuestras sociedades es conciliar una ciencia y tecnología orientada hacia la innovación productiva con la preservación de la naturaleza y la satisfacción de necesidades sociales en un marco de desarrollo sostenible.

La importancia del debate para un aprendizaje sobre la toma de decisiones informadas y acciones responsables

La toma de decisiones, por parte del ciudadano, o por los alumnos de una clase, implica conocimiento del estado del problema, pero también implica la adopción de una postura respecto al mismo después de haber evaluado las opiniones vertidas, a favor y en contra, por todos los miembros del grupo. El requisito de estas opiniones es que deben ser informadas y puestas en conocimiento del grupo, y la misión del profesor es facilitar este proceso (Garriga Elies, 2006).

Para lograrlo, se han propuesto diversas estrategias didácticas. Entre éstas, se recomienda el "trabajo en grupos, exposiciones y debates con diferentes roles asignados a los alumnos" (Solbes y Vilches, 2005). Particularmente, esta estrategia didáctica es muy productiva, pero tiene el inconveniente de que la expresión de una opinión informada requiere de tiempo invertido en la búsqueda de información bibliográfica, por lo que su aplicación debe presuponer necesariamente una interacción asincrónica entre los miembros del grupo. Lo mismo ocurriría si el debate se llevara a cabo entre grupos de trabajo pertenecientes a diferentes instituciones.

La interacción asincrónica mediada por TIC, para efectos de un debate con las características señaladas anteriormente, tiene que cumplir con ciertos requisitos:

- Debe de desarrollarse a través del correo electrónico para que los contenidos sean distribuidos a todos los miembros del grupo.
- Las participaciones deben de quedar registradas y ser de fácil acceso tanto para los miembros del grupo como a cualquier persona que sea invitada o que, por ejemplo, supervise el debate.
- Debe de poderse gestionar fácilmente el registro de usuarios y llevarse a cabo un proceso eficiente de moderación de las participaciones.

Todos estos requisitos se cumplen en los denominados "grupos de discusión" y "blogs" de registro libre en Internet. Los portales en Internet más populares que proporcionan estas opciones son: Google, Yahoo y Blogspot. Ahora, se hará un breve análisis de las características de cada uno.

Google groups. Ingresando a la dirección siguiente:

<http://groups.google.com.pe/grphp?hl=ru&tab=wg&q=> se tiene la oportunidad de registrarse como administrador de un grupo. Eso da derecho a formar los grupos que se considere necesario, así como también ejercer la labor de moderador del grupo. Eventualmente se podrá compartir esta función con los usuarios que se crea pertinente. Los usuarios del grupo pueden ser invitados por el administrador o solicitar al mismo su acceso.

En la figura 8 se muestra un grupo de discusión de docentes de ciencias, <http://groups.google.com/group/Curie?lnk=li>. También se puede ver una lista de discusión en la que participan estudiantes y profesores, principalmente peruanos, en <http://groups.google.com/group/Proyectos-escolares-y-B-learning?lnk=li>.

Yahoo groups. Para crear un grupo de discusión es necesario primero registrarse como usuario de Yahoo (<http://www.yahoo.es>). Una vez registrado, en el menú de opciones del usuario se tiene la oportunidad de crear un grupo con características similares a los creados en Google. El inconveniente que presenta esta opción es que, para acceder a la información, el usuario debe haberse registrado en Yahoo. Este hecho le resta agilidad al acceso a la información.

Figura 8- Aspecto de la entrada a la página Web de un grupo de debate de Google. La lista de discusión de la asociación AEFIQ-Curie de profesores de física y de química, de la que se habla en la sección 3.8.

Blogspot. Para crear un grupo en este servidor hay que ingresar en la siguiente dirección <http://www.blogger.com/start>. Inmediatamente aparece una secuencia de tres pasos para crear una cuenta y comenzar a publicar las entradas. Tiene las características de los grupos creados en Google, en términos de accesibilidad, pero cuenta además con la ventaja de que es visualmente mucho más atractivo. La desventaja (o ventaja, en determinadas situaciones) de este sistema radica en que sólo el administrador puede publicar entradas que abran nuevos debates. Los demás miembros sólo pueden aportar comentarios, limitando así las posibilidades de crear un debate horizontal entre los miembros del grupo. Como ejemplo de lo mencionado puede ser servir el siguiente Blog: <http://cienciacts.blogspot.com/>.

Tarzán

Tarzán está representado por la esfera azul. Él está balanceándose con una liana ingrávica de 55 metros de longitud. Se desprecia la resistencia del aire. Sabemos también que Tarzán pesa \vec{w} , que la fuerza de tensión ejercida sobre la liana es \vec{T} , y que la suma de las dos fuerzas es \vec{S} .

$$\vec{S} = \vec{T} + \vec{w}$$

Clic para comenzar:

Clic para avanzar o retroceder un paso:

Tensión (en unidades de peso de Tarzán): 1.16

Copyright © 2005 David M. Harrison

Figura 9a.- Simulación flash del movimiento del péndulo. Se muestra una posición intermedia cualquiera. (Tomada de <http://ticat.ua.es/David-Harrison/castellano/ClassMechanics/PendulumForces/PendulumForces.html>).

3.6. Fuera del aula: Webteca de recursos digitales

En nuestro grupo se desarrollan diversos proyectos de desarrollo de

materiales digitales y de construcción de un webteca de recursos digitales (o digiteca) para la enseñanza de la física. En concreto, mencionaremos el sitio web denominado Física Básica (<http://www.fisica-basica.net> o <http://www.meet-physics.net>) y, como ejemplo del esfuerzo traductor de materiales de calidad a las diversas lenguas del estado español, el Curso Interactivo de Física del prof. Ángel Franco <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>, las simulaciones flash de física del prof. Don Harrison y el software educativo de temática diversa del prof. Rick Tarara (<http://ticat.ua.es/RTarara>).

Todos sabemos que el programa flash permite diseñar animaciones de calidad. Pero no es tan conocido que se puede usar para presentar demostraciones de temas básicos de materias de ciencias, si se incluyen las ecuaciones matemáticas correspondientes para controlar los procesos. El uso de ecuaciones de física adecuadas también permite elaborar juegos de ordenador más verosímiles. En este sentido, las animaciones flash son similares a las que se obtienen con el programa Modellus, aunque el requerimiento de aprender a desarrollar software en flash es, tal vez, más exigente en tiempo que el de aprender a manejar Modellus (véase el curso sobre flash y sus aplicaciones docentes en <http://ticat.ua.es>). Por otra parte, las herramientas y conceptos digitales que se aprenden al tiempo que el programa flash son de carácter transversal, tanto para el docente como para el alumno. El programa flash es uno de los productos estrella para desarrollar aplicaciones en el mundo de Internet, mientras que Modellus es una herramienta de aplicaciones científicotécnicas. Por tanto, cada software tiene, obviamente, sus pros y sus contras.

La figura 9a muestra la pantalla de una simulación típica sobre el movimiento de oscilación de un péndulo. Por supuesto que hay literalmente docenas (si no centenares) de simulaciones disponibles en Internet sobre el péndulo simple y sobre cualquier tema básico de un curso de ciencias. En ésta, en concreto, se muestra el peso, la fuerza debida a la tensión y la fuerza total ejercida sobre la bola de un péndulo. Esta simulación se desarrolló en respuesta a una deficiencia detectada en las imágenes sobre el péndulo simple de la mayoría de los libros de física general, tanto a nivel universitario como de enseñanza secundaria (Santos-Benito y Gras-Martí, 2005, Santos-Benito et al., 2005).

La novedad de la animación presente, sin embargo, reside en que la animación se ha convertido en "Objeto de Aprendizaje", con una breve introducción y un test, que permite la interacción, figura 9b.

Con la adición de una breve información adicional (metadata), así como la posibilidad de experimentar con los parámetros de la simulación y comparar las predicciones con la misma, se puede convertir un material didáctico en un objeto aprovechable en diversos entornos educativos. Esta es, al parecer, una de las líneas de trabajo más prometedoras en el presente. Esta mejora es obra de nuestro equipo de investigación.

Se pueden leer algunas nociones básicas sobre cómo usar Flash para desarrollar simulaciones o demostraciones de Física, en la dirección <http://ticat.ua.es/David-Harrison/catala/FlashPhysicsTutorial.html>.

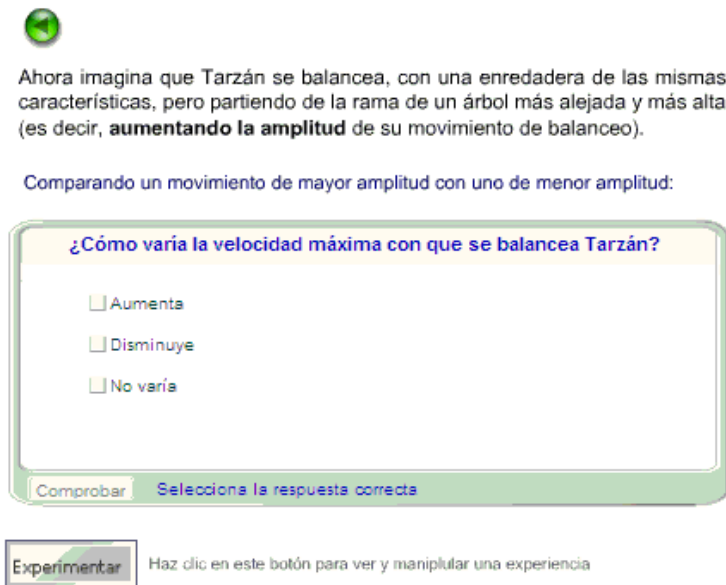


Figura 9b.- Tests interactivos sobre la simulación flash del movimiento del péndulo. http://ticat.ua.es/David-Harrison/castellano/ClassMechanics/PendulumForces/Pendulum_castellano_elena.html

También se han puesto a disposición del público hispanohablante y catalanoparlante, especialmente el alumnado de secundaria que aún no tiene un buen dominio del idioma inglés en el ámbito de la ciencia, las traducciones de algunas simulaciones desarrolladas por el profesor Rick Tarara (<http://ticat.ua.es/RTarara/>) sobre Movimiento, Relatividad especial, etc. Destacamos, por su gran actualidad, y por su carácter interdisciplinar y relacionado con las aproximaciones CTSA a la E/A de las Ciencias, que se menciona en la sección 3.5, el Simulador Mundial de Energía, figura 9c.

Este programa permite, en forma interactiva, planificar y controlar la transición, para un país determinado, desde una sociedad basada en recursos energéticos fósiles hacia una sociedad que sólo utilice energías sostenibles. La simulación incluye datos económicos y energéticos reales, para todo tipo de energías (nuclear, carbón, hidroeléctrica, eólica, etc.), así como factores de eficiencia, ahorro energético, etc. El programa es altamente recomendable como base de trabajo y de discusión de los factores energéticos, económicos, sociales, etc., que involucran las políticas energéticas del presente y del futuro. Y se puede adaptar a todos los niveles educativos, incluido el universitario, en particular también para alumnos de materias o carreras no científicotécnicas (economía, política, etc.).

3.7. Fuera del aula: Entornos virtuales de aprendizaje (EVA)

Recientemente han proliferado las llamadas plataformas de teleformación, o entornos virtuales de aprendizaje (EVA) (Milachay y Gras-Martí, 2006). Se trata de 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 (hipertextos, vídeos, simulaciones, sonido, etc.). Hoy en día se dispone de muchas plataformas de fácil instalación y de uso gratuito, de código libre, y traducidas a multitud de idiomas. Una de las aulas digitales más utilizadas es el aula Moodle

(<http://www.moodle.com>), un producto basado en tecnología PHP-MySQL, pensado para el E-learning, y que la asociación tic@t (<http://www.ticat.org>) utiliza para diseñar una metodología para la impartición de los cursos de formación y de actualización en herramientas TIC, tanto para alumnos como para profesores. También se ofrecen, en el aula Moodle-tic@t, cursos de divulgación científica y cursos sobre temas interdisciplinares.

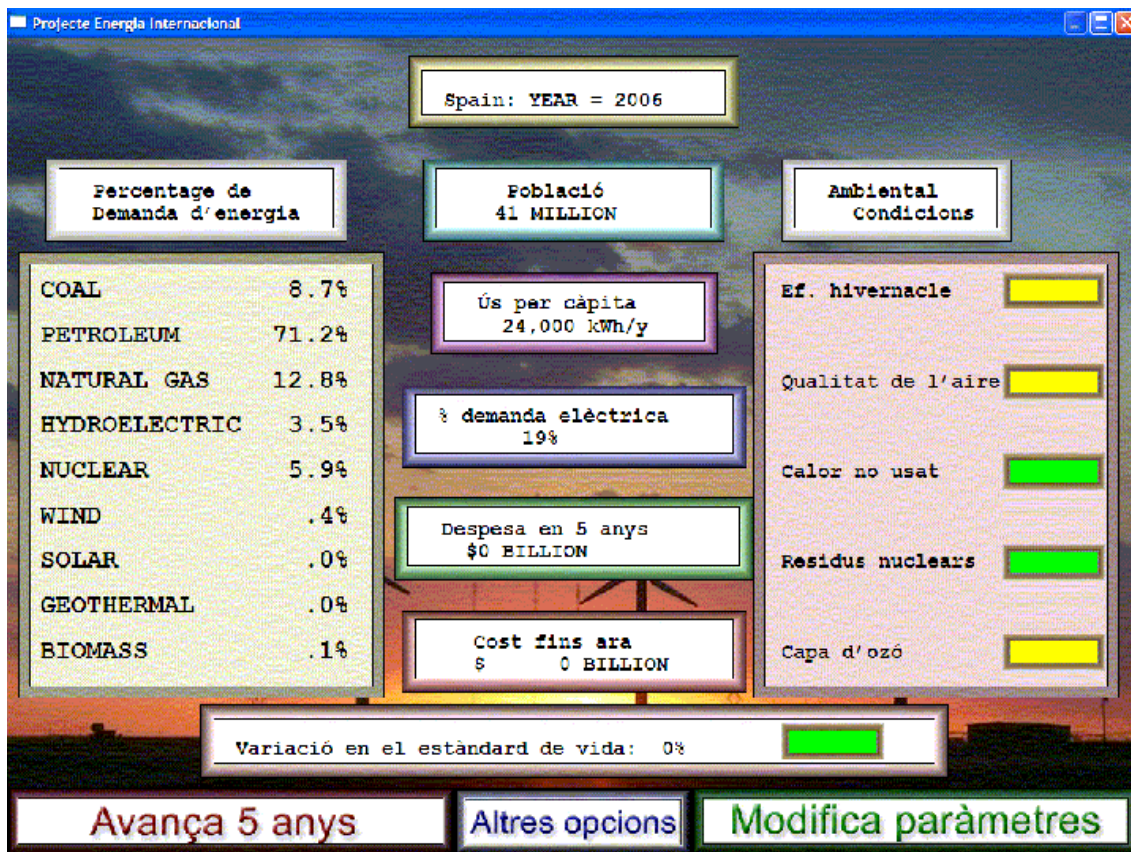


Figura 9c.- Energía Internacional: juego de simulación con datos reales. Archivo ejecutable de 6 Mb que se puede descargar de <http://ticat.ua.es/RTarara/>. El objetivo es diseñar un sistema de distribución de energía para un país/región del mundo para los próximos 100 años, de manera que se elimine gradualmente el uso de las energías fósiles.

Los EVA actuales son cada vez más sencillos de usar por parte del profesor y de los alumnos. Aparte de las opciones de gestión típicas (por ejemplo, matriculación, anuncios de secretaría, señas personales y expediente, etc.), las plataformas tienen las opciones de docencia habituales: anuncios del curso, tutorías, enlaces, tests y encuestas, materiales, sesiones de trabajo, etc.

Entre los objetivos de los cursos ofrecidos por la asociación tic@t, que se desarrollan en formato no presencial para evitar limitaciones relacionadas con la dificultad de horarios y con la pérdida de tiempo en desplazamientos, y para poder atender al mayor número de alumnos posibles, podemos mencionar los siguientes:

- Promover y favorecer el uso de las TIC en todas las actividades docentes y discentes.
- Aprender a buscar información en Internet, y a aprovechar recursos para el aula.
- Familiarizarse con las herramientas informáticas de que se dispone y aprender a incorporarlas en los programas de actividades de los alumnos.
- 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.
- Reelaborar los materiales didácticos disponibles y adaptarlos al entorno virtual.
- Crear materiales transferibles y adaptables a cualquier nivel educativo.
- Desarrollar materiales didácticos de trabajo diario, de evaluación continuada y de evaluación final.
- Conocer las aplicaciones didácticas que proporcionan las plataformas virtuales de aprendizaje.
- Facilitar la investigación didáctica en la acción.

Diseñadas de forma conveniente, las actividades de los cursos 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.

Herramientas

Como se comenta en la sección 3.5, el apartado de debates asíncronos (independientes del tiempo) de la plataforma Moodle permite participar en las discusiones propuestas por el profesor, basadas en materiales curriculares o en temas suscitados por él mismo o por sus alumnos. Los debates constituyen un medio más para comunicarse, aprender y colaborar, y contribuyen a evaluar el aprendizaje.

Con la herramienta de tutorías se pueden realizar consultas virtuales al profesor. 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.

En cuanto a los controles o exámenes, los hay 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.

Metodología

Desde hace algunos años llevamos adelante parte de nuestra labor docente e investigadora desde tic@t, nuestra plataforma de teleformación

basada en Moodle, figura 10.

La metodología tic@t de trabajo se basa en tres pilares: la tutorización, la no presencialidad y el trabajo al ritmo del alumno, en cualquier momento del año. La metodología está basada en resultados de investigación y estudios piloto de los miembros del equipo, y de publicaciones diversas de investigación educativa (por ejemplo, Gras-Martí et al., 2003 y 2004) en la enseñanza no presencial y en las tecnologías asociadas.

La flexibilidad es otra característica de estos cursos. Cada curso tiene una dedicación media de trabajo personal de 20-30 horas a lo largo de cuatro semanas; pero no hay ningún calendario de trabajo impuesto. El alumno desarrolla las tareas a su ritmo. Se cuenta con una gran experiencia: más de 3000 alumnos-curso (entre alumnos de la Universitat d'Alacant y de otras universidades, y profesores de secundaria del estado español).



Figura 10.- Pantalla de entrada al aula Moodle de tic@t, <http://ticat.ua.es/aula> o <http://www.ticat.org/aula>

La tutorización es un elemento esencial en los cursos no presenciales, pues constituye uno de los elementos más importantes que afecta el grado de satisfacción de los estudiantes en un curso en línea. Las discusiones y las tutorías en línea refuerzan también la autoestima de los estudiantes cuando reciben una retroalimentación rápida y adecuada que les estimula a contribuir con sus ideas, opiniones o cuestiones. La función tutorial en cursos NP tiene una relevancia especial y se ha basado en cuatro elementos:

- 1) Foros de debates.
- 2) Correo electrónico tutor-alumno.

3) Encuestas periódicas sobre la marcha del curso y la opinión de los alumnos: nivel de participación, temas más importantes tratados en los debates, etc.

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

La evaluación de la actividad formativa desarrollada dentro de la asociación tic@t está originando un número creciente de publicaciones en revistas de todo tipo: http://ticat.ua.es/publicacions_projecte_ticat.pdf.

3.8. Fuera del aula: Investigación en la acción, y difusión – La asociación Curie

Como docentes, la evaluación de la actividad formativa es un elemento esencial, que nos ha permitido afinar aspectos de la metodología de trabajo con nuestros alumnos en el aula y fuera del aula. Las publicaciones científicas del grupo, citadas unas líneas más arriba, recogen algunas de las evaluaciones a que hemos sometido a las herramientas docentes digitales que se han presentado aquí. También nos interesamos por la difusión de las innovaciones docentes que sometemos a prueba en nuestro trabajo.

La investigación sobre el uso de las TIC en la E/A se presta también a proyectos del tipo Investigación en la Acción en el aula o fuera de ella. Estas acciones de investigación, aunque puede que no tengan la estructura formal de una investigación didáctica, ni su duración, ni los objetivos más amplios de un programa de investigación tradicional, pueden tener un gran impacto en términos de mejora de las prácticas docentes. En esta línea se han estudiado, por ejemplo, cuestiones de género en la interacción virtual (Cano-Villalba y Gras-Martí, 2006) y otros muchos aspectos de la docencia con herramientas TIC (véanse las referencias a nuestro grupo en otras secciones de este trabajo, y en el documento siguiente http://ticat.ua.es/publicacions_projecte_ticat.pdf).

Asociaciones

Como ejemplo de agrupación de colegas que fomenta la investigación e innovación en el aula, hablaremos brevemente de una asociación. Como ya sabemos, la creación de agrupaciones o asociaciones de individuos con intereses u objetivos similares siempre ha sido una de las formas más naturales y extendidas de compartir experiencias y de divulgar conocimientos.

Hace más de once años nació la asociación AEFiQ-Curie (Associació per a l'Ensenyament de la Física i la Química - Curie), <http://www.curiedigital.net>, para rellenar uno de los grandes vacíos que tiene nuestra sociedad: las agrupaciones de finalidad científica y, más concretamente, las relacionadas con la enseñanza de la física y de la química. Pertenecen a ella profesores de física y química de IES y algunos de Universidad, ingenieros, biólogos o maestros, además de un algunos estudiantes de ciencias).

Materiales

Uno de los objetivos más importantes de la asociación AEFiQ-Curie es generar materiales curriculares de física y de química y colgarlo en la Web para uso de todos los miembros (¡y también no miembros!). En particular, los materiales elaborados están a disposición de los profesores que quieran hacer uso de ellos en sus clases. Se intenta fomentar el manejo de este tipo de materiales frente al uso exclusivo de los libros de texto impulsados por

las editoriales ya que muchos de los textos tradicionales no cumplen con las necesidades del profesorado-alumnado concreto que los va a utilizar.

Desde el principio nos hemos propuesto crear en esta asociación una base de datos con materiales aprovechables para la docencia, y para favorecer el intercambio de experiencias y de material didáctico. Los materiales son colgados en la página web de la asociación (<http://www.curiedigital.net>) y en la página Física Básica mencionada anteriormente (<http://www.fisica-basica.net>).

El libro digital

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; 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 aplicación de la tecnología E^xAC, 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 vía Internet (Campanario, 2003). En la página del proyecto de Física Básica, <http://www.fisica-basica.net>, que se deriva del proyecto tic@'t, se recogen muchos ejemplos y materiales aprovechables para la confección del libro digital del profesor para varios niveles educativos.

Formación de los socios

Otro de los objetivos de la asociación AEFiQ-Curie es contribuir a la formación de sus miembros a través de cursos presenciales, semipresenciales y a distancia, los cuales se llevan a cabo a través de la plataforma de cursos tic@'t.

La web Curiedigital

La zona de intercambio de materiales, la página web de la asociación, <http://www.curiedigital.net>, comenzó su andadura en el año 1997. Entonces, sólo contaba con unos cuantos enlaces a otras páginas web de interés y con las noticias de última hora sobre las actividades de la asociación. En la actualidad, en cuanto a materiales digitales, fig.11, cuenta con:

- Centenares de artículos generados, mayoritariamente, por sus socios. En la sección CurieDigital, se encuentran todos los artículos o ponencias presentados en las jornadas anuales de la asociación.
- Materiales docentes elaborados por profesores de secundaria o universitarios de física, química, biología, etc., y que emplean en sus clases.
- Tesis doctorales en didáctica de las ciencias, materiales para oposiciones al cuerpo de profesores, etc.

Es de destacar la sección de Actas de las Jornadas anuales de la asociación. En el año 2006 se celebraron las 10as jornadas y las comunicaciones que se presentan se publican puntualmente cada año. Esta base de trabajos constituye un material de apoyo al profesor de gran

interés, porque refleja experiencias llevadas a cabo en el aula, muchas veces con la correspondiente evaluación de la actividad, y con consejos sobre cómo transportarla al aula.



Figura 11.- Página de entrada a la web Curie Digital, <http://www.curiedigital.net>

3.9. Conclusiones

La progresiva incorporación de las TIC a la enseñanza es un proceso generador de cambios sobre los que conviene reflexionar (Otero et al., 2003; Gros, 2004). No resultará intrascendente incorporar los elementos de las TIC a nuestras clases y debemos estar vigilantes a los efectos (en sentido positivo o negativo) de estas novedades. El ingente potencial de las TIC nos sugiere que, bien incorporadas, mejorarán nuestras clases.

La enorme cantidad de recursos invita, tal vez, a la desesperación y al abandono de todo intento de aproximación por parte del docente, si uno no es ya un cierto "TIC-ahólico". Es importante, sin embargo, usar el sentido común: ante la ingente y rápidamente cambiante cantidad de recursos digitales con que cuenta potencialmente el docente, y dada la relativa inercia que muestra nuestra profesión, así como sus limitaciones (tiempo, medios, formación básica y avanzada en TIC, etc.), lo aconsejable es ir probando estos recursos de manera paulatina, poco a poco, y siempre dentro de una planificación docente clara y meditada. Esta planificación debe incluir, como elemento esencial, el tiempo y los mecanismos necesarios para la evaluación de la experiencia de incorporación controlada del recurso concreto. Estas evaluaciones son muy importantes, así como su posterior divulgación para provecho (positivo o negativo) del resto del colectivo docente, y no han de ser necesariamente onerosas en esfuerzos y en tiempo. Aquí se han citado algunas de esas evaluaciones.

Sólo la puesta en práctica de innovaciones docentes, sosegadamente pero sin descanso, nos permitirá avanzar en la mejora del proceso de E/A que todos ansiamos, y en la mayor calidad profesional y satisfacción por nuestro trabajo.

3.10. Referencias bibliográficas

Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.

http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen1/Numero_1_1/Educa_cient_ciudadania.pdf

Alonso, M., Soler, V. (2002). *Construyendo la Relatividad*, Sirius, Madrid. Versió en català: (2006). *Construïm la relativitat*, Universitat d'Alacant, Col·lecció Joan Fuster, Alacant.

Alonso, M., Soler, V. (2005). Materiales interactivos para la enseñanza de elementos de Relatividad: unidad didáctica, applets y presentación PowerPoint. El CD obtuvo el primer premio en el apartado de materiales didácticos del VI Concurso Nacional de Ciencia en Acción.

Alonso, M., Soler, V. (2006). La relatividad en el bachillerato. Una propuesta de unidad didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (3), 439-444.

Bohigas, X., Novell, M., Jaén, X., Blanco, J. (2003). Getting Information on the WWW for Educational Purposes: Problems and a Possible Solution, *Interactive Educational Multimedia*, 7, 29-45.

<http://www.ub.es/multimedia/iem>

Campanario, J.M. (2003). Metalibros: La construcción colectiva de un recurso complementario y alternativo a los libros de texto tradicionales basado en el uso de Internet. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 2, Artículo 5.

<http://www.saum.uvigo.es/reec>

Cano-Villalba, M. y Gras-Martí, A., Estudi de cas sobre perspectives de gènere en els debats virtuals, amb una eina de recerca didàctica interdisciplinària i de suport a la docència: tic@'t, (pendiente de publicación, Editorial Marfil, 2006).

Carnicer, A. (2003). Aprender física a la xarxa. *Revista de Física*, 3 (4), 36-37.

Casey, J. M. (1997). *Early literacy: The empowerment of technology*. Englewood, CO

Christian, W., Belloni, M., (2001). *Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material*. New Jersey: Prentice Hall.

Cortel, A. (1999). Utilización de la informática en el laboratorio, *Alambique*, 19, 77-87.

De Pablos, J. y Jiménez, J. (1998) (eds.). *Nuevas Tecnologías, Comunicación Audiovisual y Educación*. Barcelona: Cedecs.

Duarte, V. (1996). *Modellus*, Universidad de Lisboa, <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>.

Garriga Elies, E. (2006). Educación ambiental, comunicación y participación ciudadana. Simposio Internacional de educación Ambiental. Quito.

Gras-Martí, A., Soler-Selva, V.F. (1998). Laboratori assistit amb calculadora gràfica (LACG). *Revista de física*, 2, 40-43.

Gras-Martí, A., Soler-Selva, V.F. (2000). Integració del laboratori assistit amb calculadora gràfica (LACG). *Revista de física*, 2, 36-40.

Gras-Martí, A., Cano-Villalba, M. (2003) TIC en la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Comunicación y pedagogía*, 190, 39-44.

Gras-Martí, A.; Cano-Villalba, M., Pardo Casado, M, Celdrán Mallol, A., Santos Benito, J.; Miralles Torres, J.A., Caturla Terol, M.J. (2003). La evaluación, como ejemplo de integración de las TIC en la enseñanza. *Comunicación y pedagogía*, 190, 46-49.

Gras-Martí, A., M. Cano-Villalba, C. Cano Valero (2004). Cursos de TIC per al professorat: anàlisi comparatiu de les modalitats presencial, semipresencial i no presencial. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3, 1, Artículo 3.

<http://www.saum.uvigo.es/reec>

Gros, B. (2004). La construcción del conocimiento en la red: Límites y posibilidades. Teoría de la educación. Educación y cultura en la sociedad de la información. *Revista electrónica de la Universidad de Salamanca*, 5. <http://www3.usal.es/~teoriaeducacion/DEFAULT.htm>

Juan, A., Juliá, M., Jover, E., Prats, G., Pons, I., Martínez, B. (2003). El vídeo digital como recurso didáctico para el estudio de la cinemática del movimiento. *Curie digital*, 53-65.

<http://ticat.ua.es/curie/curiedigital/2003/2003.htm>

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* (pp. 308-326). Buckingham: Open University Press.

Membiela, P. (2001). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. En Membiela, P. (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp. 91-104). Madrid: Narcea.

Milachay, Y., Gras-Martí, A. (2006). Instalación y gestión de plataformas virtuales para el desarrollo de Proyectos Escolares de Ciencia Internacionales. En Educación, Enerxía e Desenvolvemento Sostible, Coordinadors J. Mendoza Rodríguez i M.A. Fernández Domínguez, ICE Universidade de Santiago de Compostela, Colección Informes e Propostas Nº 18, 407-424.

Nieda, J. (2006). Los trabajos prácticos diez años más tarde, *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 48, 25-41.

Otero, M.R., Greca, I.M., Lang De Silveira, F. (2003). Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en física: un estudio comparativo. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1), Artículo 1. <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Pro, A. (2006). Actividades de laboratorio en el aprendizaje de la física: ¿un capricho o una necesidad?. *Aula de Innovación Educativa*, 150, 7-13.

Sáez, M. J., Riquarts, K. (2001). Educación científica para el Desarrollo Sostenible. En Membiela, P. (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp. 47-60). Madrid: Nancea.

Santos Benito, J.V., Gras-Martí, A. (2003). Conocimientos de física de alumnos universitarios: influencia de las reformas educativas. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), Artículo 3. <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Santos-Benito, J.V., y Gras-Martí, A. (2005). Ubiquitous drawing errors in the Simple Pendulum. *The Physics Teacher*, 43, 466-468.

Santos Benito, J.V., A. Gras-Martí, V.F. Soler Selva (2005). Recursos para la enseñanza del péndulo simple: imágenes, mediciones, simulaciones y guías didácticas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 22 (2), 165-189.

Solbes, J. y Vilches, A. (2005). Preparación para la toma de decisiones y relaciones CTSA. IES J. Rodrigo Botet, Manises y IES Sorolla, Valencia.

Soler-Selva, V. F., Gras-Martí, A. (2003). Experimentació amb tecnologia E^XAC des d'una orientació de l'ensenyament com a investigació. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 173-181. www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521v21n1p173.pdf

Soler-Selva, V. F., Valdés-Castro, P., Becerra-Labra, C., Cano-Villalba, M., Gras-Martí, A. (2004). La experimentación asistida con calculadora (EXAC): una vía para la educación científicotecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, <http://www.rieoei.org/deloslectores/553Soler.PDF>

Torres, Á., Soler-Selva, V. F. (2003). Internet i applets per a la física de 2n de batxillerat, VII Jornadas de la AEFiQ-Curie. <http://www.curiedigital.net>

Torres, Á., Soler-Selva, V. F. i Gras-Martí, A. (2006). Avaluació de miniaplicacions de física (physlets) com a complement d'activitats d'aula, *Revista de Física*, 3, (10), 47-52.

UNESCO (2004). Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014. Draft International Implementation Scheme. <http://www.oei.es/decada/inicio.htm>