

AUTORES:

Gloria Luzón, José Manuel Carmona, Susana Cebrián, Julio Morales y José Ángel Villar

Departamento de Física Teórica, Área de Física Atómica, Molecular y Nuclear

Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza

C/ Pedro Cerbuna 12

50009 Zaragoza

luzon@unizar.es, 976762464

jcarmona@unizar.es 976761264

scebrian@unizar.es, 976761243

jmorales@unizar.es, 976761241

villar@unizar.es, 976761248

TÍTULO:

Uso de material interactivo en la enseñanza de la Física

RESUMEN:

La tecnología Web sirve de soporte a una nueva herramienta de aprendizaje: las Physlets. Estas pequeñas simulaciones Java permiten a los estudiantes observar un problema físico concreto de forma dinámica, controlar los parámetros de la simulación y recoger los datos. No se trata de sustituir ni a los libros de texto ni al profesor, sino de complementar la enseñanza tradicional.

Nuestro grupo de innovación docente, LVF (Laboratorio Virtual de Física), enmarcado en los proyectos PESUZ de la Universidad de Zaragoza ha creado, recopilado, organizado y traducido algunas de estas physlets, con las que se ha montado un CD disponible para los alumnos a través del Anillo Digital Docente y de la página Web de la asignatura de Física de la licenciatura de Química.

En la comunicación se describirá el uso de las physlets en un curso de Física General y su impacto en el aprendizaje de los alumnos.

PALABRAS CLAVE: estrategias de aprendizaje, enseñanza asistida por ordenador, aprendizaje experimental.

1. INTRODUCCIÓN

En el Documento de trabajo sobre *La Educación Superior en el siglo XXI: Visión y Acción*, presentado en la Conferencia Mundial de Educación Superior, UNESCO (1998), se remarca que los fundamentos de una visión universal de la educación superior implican no sólo enseñar sino también educar, dando importancia al concepto de educación a lo largo de toda la vida. La formación básica no debe orientarse a la mera acumulación de conocimientos, sino a la adquisición de competencias y habilidades que no se debe detener tras los años universitarios.

Siguiendo las recomendaciones de la UNESCO, la Universidad del siglo XXI debe enseñar a aprender: aprender a conocer (adquirir conocimientos), aprender a hacer (adquirir habilidades), aprender a vivir juntos (saber trabajar en un contexto social) y aprender a ser (desarrollarse como persona). Así, la universidad está cambiando y los métodos pedagógicos precisan una revisión. El profesor pasa a ser un guía de aprendizaje que canaliza la información y diseña estrategias para alcanzar unos objetivos. El estudiante, por su parte, debe abandonar la pasividad tradicional y transformarse en agente activo de su propio aprendizaje. Además, ahora es posible un aprendizaje atemporal fuera de un espacio físico. Las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) permiten un entorno virtual, utilizando la red de internet como medio de comunicación.

La Universidad de Zaragoza no es ajena a estos cambios y así dentro de su *Programa de innovación y mejora de la docencia (2004-2009)*, Pétriz Calvo (2004), una de sus prioridades es la creación de grupos estables de Innovación Docente como marco para investigar e implantar nuevas formas activas de aprendizaje. El grupo de Innovación Docente LVFUZ (Laboratorio Virtual de Física de la Universidad de Zaragoza) surgió de la convocatoria del “Programa de Enseñanza Semipresencial de la Universidad de Zaragoza” PESUZ 2003. Desde entonces, un grupo de profesores del Área de Física Atómica y Nuclear hemos estado trabajando para la producción de nuevos materiales en el entorno de las TIC y discutiendo estrategias de aprendizaje en las que se pudieran utilizar. En estos momentos tenemos varios cursos en el ADD (Neutrinos y Astropartículas, Física Nuclear de Bajas Energías, Física de Altas Energías y Física

(Químicas)), hemos realizado apuntes electrónicos y animaciones java para la enseñanza de la física, estamos trabajando en una página web divulgativa sobre la física en laboratorios subterráneos e incluso hemos colaborado en el documental “Cazadores de Partículas” realizado por un equipo del ICE de la UZ y emitido por la segunda cadena de TVE.

En esta comunicación nos centraremos en las “FISLETS” o pequeñas animaciones java con finalidad pedagógica insertadas en páginas webs. Se han recopilado FISLETS existentes, ordenado y traducido; también hay algunas de producción propia. Gracias a su formato *html* este material está disponible para los alumnos dentro del ADD, en la página web de la asignatura de Física o en un CD que se pueden descargar desde la misma página.

En este trabajo daremos, en primer lugar, una visión personal sobre la docencia de la disciplina de Física en la Universidad del siglo XXI; tras ello describiremos las “FISLETS”, su utilización como estrategia de aprendizaje en un curso de Física General (“Física” en la Licenciatura de Química), el impacto en el proceso de aprendizaje, y problemas que ha conllevado el uso de esta tecnología. Finalizaremos con las conclusiones apreciadas por los autores en el aprendizaje de los alumnos tras utilizar el recurso de las simulaciones y recomendaciones para posibles mejoras.

2. LA DOCENCIA DE LA FÍSICA, UNA VISIÓN PERSONAL

La Física es una ciencia experimental básica cuyo desarrollo es importante para el sistema de ciencia y tecnología de cualquier país moderno, por lo que tiene una fuerte implantación en todos los sistemas universitarios de los países desarrollados. En la docencia de la física no se debe pensar sólo en formar a futuros docentes o investigadores, sino que se debe dotar a los titulados de destrezas y habilidades que los capacite para el desarrollo de un gran espectro de perfiles profesionales.

En particular, los cursos de Física General, introducidos en los primeros cursos de estudios universitarios científico-técnicos, tienen un importante valor instrumental y deberían ser la base de posteriores aprendizajes más profundos. Un curso de Física General ofrece una muy buena oportunidad para introducir a los estudiantes

universitarios en el desarrollo de un aprendizaje integral debido, entre otros factores, a: la amplitud y gran significación de los contenidos de esta materia, la gran cantidad de información disponible, las interconexiones con otras disciplinas y la facilidad para encontrar vínculos con la sociedad. Sin olvidar que en un primer curso universitario los alumnos muestran una disposición más favorable a los cambios, a las innovaciones y al trabajo en grupo.

En el “Libro blanco del Título de Grado en Físicas”, ANECA (2004), se mencionan tres objetivos principales del estudio y aprendizaje de esta materia:

- El estudiante debe ser capaz de establecer analogías, que le permitan resolver problemas nuevos basándose en soluciones conocidas.
- Debe poder realizar modelos simplificados que le permitan analizar una situación compleja y hacer predicciones sobre su evolución. Aprenderá a comprobar la validez de su aproximación y a introducir modificaciones que reduzcan las discrepancias entre sus predicciones y las observaciones.
- Sabrá realizar trabajo en el laboratorio y conocerá la instrumentación y los métodos experimentales más usados. Será capaz de realizar experimentos de forma independiente y describir, analizar y evaluar críticamente los datos obtenidos.

Para que el Proyecto Docente de la disciplina de Física atienda a las necesidades de la sociedad actual, que precisa de personas preparadas tanto a nivel profesional como social o personal, los objetivos antes mencionados deben estar enfocados al desarrollo de competencias específicas entre las que se encontrarían la comprensión de fenómenos físicos, la resolución de problemas, las habilidades matemáticas, las destrezas experimentales y de laboratorio, la capacidad de abstracción y transferencia de conocimientos, la búsqueda y manejo de información o el uso del ordenador. También implican el desarrollo de competencias más genéricas como la capacidad de análisis y síntesis, la aplicación de conocimientos a la práctica, las habilidades de investigación, las habilidades orales y escritas, la capacidad de aprender, el trabajo autónomo, la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones, la creatividad, el trabajo en equipo, la toma de decisiones, la capacidad de crítica y autocrítica, la motivación de logro, la preocupación por la calidad o la planificación y gestión del tiempo. Y, aunque no se extraiga directamente de la redacción de los objetivos del aprendizaje de la Física, se

deberían incluir, en la medida de lo posible, competencias más sociales como las habilidades interpersonales, la capacidad de trabajar en un equipo multidisciplinar, la comunicación con personas no expertas o la conciencia ética y social. La convergencia europea en Educación Superior apunta en este sentido, Tuning (2003).

El desarrollo de un Proyecto Docente para la materia de Física General va más allá del espíritu de esta comunicación que pretende analizar el uso de pequeñas simulaciones como una estrategia de aprendizaje innovadora que forme parte de una metodología mucho más amplia.

3. LA FÍSICA INTERACTIVA COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE

‘Dime, y olvidaré. Muéstrame, y tal vez recuerde. Involúcrame, y aprenderé’

Proverbio chino

Casi desde la aparición de las primeras computadoras se pensó en el uso educativo de las mismas de la mano de las teorías conductistas en los años 50, Skinner (1956): el material instruccional dirige el proceso requiriendo respuestas activas del estudiante, quien recibe una realimentación instantánea en el uso de los mismos. La instrucción programada debe seguir tres principios fundamentales: el desarrollo del auto-estímulo en el uso de los sistemas, la participación activa del estudiante y la realimentación durante el uso de los sistemas, Pressey (1964). Estas primeras ideas han evolucionado y sufrieron una revolución con la aparición del hipertexto, una nueva forma de organización de la información basada en nodos y enlaces de información textual o multimedia que forman una red que permite aumentar las posibilidades de recorrido, consulta y acceso al material. El usuario puede determinar la secuencia mediante la cual accede a la información, ya no hay un conductismo sino un constructivismo. Además se ha pasado de las propuestas de instrucción individualista a propuestas basadas en el aprendizaje colaborativo gracias a Internet. Parece que el modelo educativo del siglo XXI se encamina hacia la confluencia de los modelos constructivistas de aprendizaje y los entornos enriquecidos tecnológicamente, Reigeluth (2000). El uso de las simulaciones Java en un enfoque constructivista ha sido estudiado en García Barneto y Gil Martín (2006).

Siguiendo las teorías constructivistas, el conocimiento es la construcción de redes estructuradas en torno a ideas clave. El aprendiz *asimila* la información del ambiente gracias a unos estímulos y teniendo en cuenta su zona de desarrollo próximo, para *acomodar* estos nuevos datos en su mente creando nuevas estructuras (mapas cognitivos). El proceso de aprendizaje no se realiza igual en cualquier situación, sino que se ve favorecido por una serie de estrategias y procedimientos. Un entorno de aprendizaje que suponga la implicación activa del estudiante en el proceso, que lo haga responsable de sus logros, garantiza un aprendizaje más profundo. Si bien en un principio el profesor actúa como guía de proceso de aprendizaje su participación debe irse reduciendo hasta conseguir un aprendizaje autónomo, que el estudiante aprenda a aprender.

Las simulaciones interactivas facilitan el aprendizaje en profundidad de los conceptos ya que son los propios estudiantes los que al observar el fenómeno físico y poder interactuar con el modelo, crean sus propias estructuras mentales. Su utilización hace necesaria una implicación del sujeto del aprendizaje y lleva consigo una retroalimentación el mismo. El profesor no sólo participa en el diseño de la simulación, de forma que se enfoque al estudio del fenómeno físico de forma general o de un aspecto particular del mismo, sino que además este material debe estar integrado en su método docente dentro de un entorno de clase presencial que permita una rápida respuesta a los problemas que encuentra el alumno, tanto físicos como tecnológicos, y, además, en la investigación educativa de su estrategia docente.

4. LAS “FISLETS”

Un “Applet” es una pequeña aplicación escrita en lenguaje java que se inserta en un archivo HTML y es ejecutada a través de un navegador que soporte java (las últimas versiones de Netscape o del Explorer traen por defecto el motor virtual de java). La posibilidad de crear animaciones interactivas en un entorno gráfico ha hecho que, entre sus aplicaciones, se halle la simulación de fenómenos físicos con una finalidad pedagógica.

Son numerosos los sitios de Internet donde se pueden encontrar algunas de estas simulaciones: colecciones, simulaciones incluidas en cursos de física o sitios dedicados

al diseño de applets. A continuación reseñaremos algunos de nuestros favoritos, clasificándolos en tres grandes apartados:

A. Colecciones organizadas por temas de física.

Aquí las simulaciones tienen sentido por sí mismas y, aunque se trata de colecciones muy amplias y cubriendo casi todos los temas de física, no están conformadas como unidades didácticas. Es el profesor el que decide cómo usarlas dentro de su programa docente.

-Java Applets on Physics, <http://www.falstad.com/mathphysics.html>, simulaciones de oscilaciones y ondas, acústica, electricidad y magnetismo, electrodinámica, mecánica cuántica y procesado de la señal. Son muy sofisticadas y apropiadas para visualizar fenómenos complejos. No son útiles para proponer ejercicios a los alumnos ya que no admiten datos numéricos. De algunas de ellas se puede descargar el fichero fuente, difícil de modificar a no ser que se tengan amplios conocimientos de java.

-Applet Collection, <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/applets.htm>. Además de temas de física general, incluye electrodinámica y física nuclear. Trata fenómenos físicos de forma simple y permite no sólo ilustrar conceptos sino también realizar ejercicios interactivos para los alumnos. Información neutra sobre la utilización del applet y cuidada estética.

-Java Applets on Physics, <http://www.walter-fendt.de/ph11e/>. Fue de los primeros sitios de animaciones. Son muy buenas las de mecánica y electricidad, ya que permiten un alto grado de interactividad y cálculo numérico. Es posible descargar la fuente.

-General Physics Java Applets, <http://surendranath.tripod.com/Applets.html>. Aunque está en fase de construcción, algunas animaciones, sobre todo de cinemática y dinámica, incluyen una explicación amplia de los fenómenos, con gráficas, experimentos y resultados.

-Learn Physics, <http://www.ngsir.netfirms.com/englishVersion.htm>, recopilación de applets de mecánica, ondas y electromagnetismo. En las páginas, de diseño cuidado y atractivo, se hace una revisión de conceptos. Quizá sea el formato más adecuado para poder programar con ellas un laboratorio virtual o recrear experimentos con los alumnos, ya que no sólo incluye datos numéricos sino que además aparecen gráficas y aparatos de medida.

B. *Cursos o temas de física en formato electrónico.*

En este caso la animación acompaña al texto en el que está insertada. Son libros electrónicos, formales o divulgativos en los que se utilizan applets como un recurso más.

-Física con ordenador, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>, curso de física clásica. Al final de cada apartado de este libro electrónico se suele incluir una simulación interactiva como actividad propuesta para los alumnos en las que pueden hacer predicciones y recoger datos.

-Curso de acústica, <http://www.ehu.es/acustica/>. No es solamente física, sino que está enfocado a la acústica musical, con temas incluso de fisiología (audición). Muy similar en su presentación al anterior.

-Física 2000, <http://www.maloka.org/f2000/cover.html>. Cuestiones sobre Física moderna planteadas en formato diálogo. Incluye applets en cada unidad pensadas como demostraciones.

C. *Diseño de applets con fines educacionales.*

En estas páginas se dan algunos applets básicos muy flexibles sobre los que el profesor debe trabajar para crearse sus propias animaciones y adaptarlas a sus alumnos ya su método de aprendizaje. El objetivo de estas animaciones, a las que llamaremos “Fislets” de forma general, es tener problemas dinámicos. No se pretende sólo que el estudiante visualice la situación sino que además se insta al estudiante a que resuelva el problema utilizando el método científico: considerar el problema conceptualmente, decidir qué método se requiere o qué datos hay que

recoger, y, finalmente analizar los datos, Christian y Belloti (2001). Con esta finalidad se propone utilizar las animaciones desprovistas de datos, pero con gráficas para que los estudiantes, una vez establecidas las hipótesis oportunas, puedan medir, obtener datos y validar o rechazar su idea inicial.

- Physlets, <http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>, clásico sitio en el que se piensa en un uso integral de las animaciones java, desde el diseño hasta el método educativo. En la página web se pueden encontrar, además de ejemplos de las animaciones, múltiples recursos educacionales. Existen libros con animaciones ya preparadas, ilustraciones y ejemplos sobre física general y sobre física cuántica.

- Easy Java Simulations, http://fem.um.es/Ejs/Ejs_es/index.html. Realmente el *EJS* es una herramienta de software para la creación de simulaciones. Estas simulaciones intentan reproducir los diferentes estados que pueda presentar un fenómeno natural. Cada uno de estos estados está descrito por un conjunto de variables que cambia en el tiempo debido a la iteración de un cierto algoritmo. Estas variables se representan en la simulación. Como indica su autor “**Ejs** no ha sido diseñado para hacer la vida más sencilla a los programadores profesionales, sino que ha sido concebido por profesores de ciencias para ser usado por profesores y estudiantes de ciencias”, Esquembre (2004). En la página web se muestran numerosos ejemplos de animaciones creados con esta herramienta.

-NTNU (Virtual physics laboratory), <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/>, <http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/>, y Open applets, <http://www.opensourcephysics.org/apps/index.html>, ofrecen ejemplos de simulaciones basados en las herramientas anteriores.

4.1 UTILIZACIÓN EN EL CURSO DE FÍSICA DE LA LICENCIATURA DE QUÍMICA

Desde el curso 2000-01 se han utilizado applets como recurso didáctico dentro del programa docente de la asignatura. El laboratorio virtual está disponible como un enlace (<http://www.unizar.es/lfnae/luzon/CDR3/index.htm>) en la página web de la asignatura

(<http://www.unizar.es/lfnae/luzon/miWeb3/indice.htm>). Los subprogramas de Java, base de las páginas que forman la colección, han sido recopilados de Internet y traducidos al castellano. Hay algunos de producción propia con la herramienta *EJS*. En cada una de las páginas se da además una breve explicación del problema físico que trata. En la colección se incluyen applets de mecánica, ondas, termodinámica, electromagnetismo, óptica, física moderna y unas páginas de simulaciones matemáticas. Para todos aquellos que no dispusieran de conexión a Internet o que prefieran trabajar en el propio ordenador se creó un disco compacto con el conjunto de animaciones. Por ello se prefirieron applets que pudieran descargarse e incrustarse en páginas web creadas por nuestro equipo. Tras pedir permiso a los autores, se creó una colección, con un diseño uniforme, y que permite ser visualizada desde un CD. Este CD puede ser descargado desde la página web de la asignatura y desde el curso de la asignatura en el ADD de la UZ.

La creación de estas páginas supuso un gran esfuerzo inicial, pero todavía nos quedaba aprender a utilizarlas en el contexto de una clase bastante masificada, con estudiantes de una licenciatura que no era Física, sin apenas acceso a Internet fuera de la facultad (incluso sin conocimientos de informática a nivel usuario por parte de algunos estudiantes) y dentro de ella (sólo disponible en las saturadas salas de informática). Este primer curso el profesor llevó a clase un equipo portátil y se presentaron estas animaciones en la introducción de las unidades didácticas, como motivación para los alumnos; de la misma forma que se mostraba una presentación *ppt* como esquema-resumen al finalizar. El profesor requería la participación de los estudiantes, haciendo preguntas sobre el fenómeno que se trataba en cada animación y tratando de que los estudiantes presentaran sus propias hipótesis. Tras la discusión inicial, se hacía funcionar el applet y se comentaba el resultado. Pronto se vio que este no era el camino, ya que sólo un pequeño grupo de estudiantes, en torno al 10% de la clase, participaba y el resto se descolgaba de la actividad, e incluso decidían no asistir a clase ese día.

Tras analizar cómo se habían usado las animaciones el curso anterior, que sólo habían servido para implicar a los estudiantes más motivados por el estudio de la física, se decidió cambiar de estrategia. Como profesores, se pretendía que el estudiante participara activamente en el proceso de aprendizaje y las animaciones podían ser una buena excusa para que el alumno se interesara por un determinado tema y se sintiera

capaz de abordarlo. Era imprescindible que el estudiante tuviera contacto “real” con los applets, no bastaba que el profesor hiciera una demostración. Nuevamente volvía a ser válido el proverbio chino: “Involúcrame y aprenderé”.

Así la estrategia que se ha seguido durante varios cursos ha sido la de reservar una de las salas de informática de la Facultad de Ciencias que cuenta con 20 puestos de ordenador: un ordenador para cada dos alumnos en promedio. Al inicio de cada unidad temática: dinámica, termodinámica, electricidad, magnetismo u óptica, se tienen una o dos sesiones en el aula de informática. En estas sesiones, además de visitar sitios web de interés para el tema, que pueden contener imágenes o vídeos de experimentos, se trabaja con las animaciones. La finalidad es que el alumno se introduzca en el tema, tomando él mismo la dirección de este proceso. El profesor, por lo tanto, da unas indicaciones de cuáles son las animaciones interesantes, unas cuantas palabras sobre cada una y deja a los alumnos que continúen de forma autónoma. La interactividad con el ordenador tiene lugar en el entorno de la clase y cualquier duda es resuelta de forma inmediata por el profesor que, cuando lo cree necesario, puede utilizar su ordenador para proyectar la animación, plantear la duda y resolver el problema para todos los alumnos. Se ha observado, además, que los alumnos colaboran entre sí. En definitiva, durante casi una hora, los estudiantes están implicados en el estudio de varios fenómenos físicos, intentan plantear hipótesis, realizar el experimento virtual y analizar los datos: realizan todo un proceso de investigación antes de haber estudiado la materia.

4.2 PROBLEMAS DETECTADOS

Una de las principales limitaciones con que nos encontramos desde el principio fue la escasa disponibilidad de ordenadores. En este contexto, las animaciones no se han utilizado para diseñar actividades de aprendizaje en las que los estudiantes afianzaran los conocimientos adquiridos en el tema correspondiente. Se utilizan como una introducción que les haga interesarse por la materia. De esta forma los estudiantes tardan más tiempo en entender el fenómeno físico en el que están trabajando y se hace más necesaria la ayuda del profesor. En el tiempo reservado en la sala de informática se avanza poco y se requiere volver a utilizar las animaciones en casa sin respuestas inmediatas del profesor a las dudas que pudieran plantearse.

También han surgido problemas en cuanto al uso de los applets como recurso de aprendizaje. La utilización de este recurso ha ido siguiendo una evolución tras el análisis de resultados observados cada curso:

- I. Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, el interés de los alumnos fue casi nulo cuando se intentó incluir las animaciones como demostración en una clase magistral, aunque en formato electrónico. En este caso, ni siquiera se descargaron el CD desde la página web de la asignatura para repetir la actividad en su casa.

- II. En cambio se mostraron mucho más receptivos cuando se les ofreció la oportunidad de interactuar con las animaciones en el entorno de una sesión de clase. Sin embargo, algunos estudiantes seguían sin participar en la actividad. Entre las razones para esta no-implicación se observaron:
 - a. Desconocimiento del fenómeno que se estaba tratando y/o del mecanismo de interacción con la animación.
 - b. La utilización del ordenador para navegar por páginas web ajenas al tema tratado en clase.
 - c. La ausencia intencionada de la clase en la que se trabajaba en el aula de informática, ya que la actividad “no contaba para el examen”.

- III. Para evitar estos problemas en estos momentos se siguen varias soluciones:
 - a. Se hacen grupos de trabajo de unas cinco personas, aunque el grupo cuente con varios ordenadores. De esta forma realizan un trabajo colaborativo, por lo que las dudas se suelen resolver dentro del mismo grupo por iguales, y, por otra parte, el profesor está más disponible ya que surgen menos problemas. Además, como añadido, disminuye la tentación de visitar otros sitios web.
 - b. Se contabilizan en la nota final del curso actividades relacionadas con las animaciones que los alumnos deben realizar fuera de las horas lectivas.

- IV. En próximos cursos queremos que los alumnos se impliquen incluso en el diseño de animaciones. Por ello se ha propuesto para alumnos de 5º curso un Trabajo

Académicamente Dirigido (TAD) enfocado a la realización de applets en los que se estudien fenómenos de Física Nuclear y de Partículas.

4.3 IMPACTO EN EL APRENDIZAJE

Durante las sesiones de interacción de los estudiantes con las animaciones java se ha trabajado en el desarrollo de prácticamente todas las competencias específicas que se han mencionado al hablar de la docencia en física: la comprensión de fenómenos físicos, destrezas experimentales y de laboratorio, la resolución de problemas, la capacidad de abstracción y transferencia de conocimientos o el manejo del ordenador. Por supuesto, también se pretenden conseguir competencias más genéricas como las habilidades de investigación, la aplicación de conocimientos a la práctica, la capacidad de análisis y síntesis, el trabajo autónomo y en equipo, la toma de decisiones, la motivación por el logro o la capacidad de aprender.

Estas horas de trabajo en un laboratorio virtual, tienen un cierto impacto en el desarrollo de las siguientes sesiones en el aula habitual de la clase. Los estudiantes al comienzo del tema ya han realizado una aproximación, siguiendo un método científico, a los fenómenos físicos que se van a trabajar. Y han trabajado en equipos con la ayuda-guía del profesor. Según se extrae de conversaciones con los alumnos, estos:

- están más motivados y les es más fácil captar los conceptos,
- se han acercado al fenómeno sin necesidad de matemáticas, ya que en algunos casos las deficiencias en esta materia bloquean el aprendizaje en Física,
- se han hecho ya un esquema mental de cómo se podría tratar el fenómeno en un laboratorio real,
- se muestran más participativos ya que el aprendizaje ya ha comenzado: se tiene una base sobre la que discutir y se planten más dudas,
- se ha roto la barrera profesor-alumno ya que ha habido un contacto más cercano durante las sesiones de informática,
- se van habituando a discutir los problemas en grupo.

No nos es posible cuantificar el impacto de esta estrategia docente en los resultados académicos finales, ya que no se ha efectuado un estudio riguroso y estadístico. Es difícil comparar con los resultados de otros grupos de la misma asignatura que no

utilizan animaciones java en sus clases, ya que ni el profesor, ni el número de alumnos, ni su tipología son los mismos. Por otra parte, hemos preferido extraer más datos a partir de conversaciones con los estudiantes, donde pueden dar una información más amplia y detallada, así como proponer cambios, en lugar de realizar encuestas cerradas. En alguna ocasión se ha utilizado el foro de la asignatura en el ADD para establecer un diálogo sobre el uso de animaciones. Además, el profesor ha observado con detalle el desarrollo de las clases en las que se han trabajado fenómenos de los que se había tratado en las sesiones interactivas. La valoración, tanto por parte del profesor como de los estudiantes, del impacto del material interactivo en el aprendizaje de la física ha sido muy positiva.

5. CONCLUSIONES

En un entorno educativo en el que el acento se pone en el proceso de aprendizaje, en la adquisición de competencias que transformen al estudiante en personas preparadas en su faceta personal, social y profesional, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) van ganando terreno a los métodos tradicionales de enseñanza. Creemos que las animaciones interactivas pueden constituir una estrategia de aprendizaje importante y muy útil en física, que enseñe a los alumnos a aprender a aprender, a construir de forma autónoma y colaborativa las estructuras mentales que les lleven a avanzar en el proceso de aprendizaje. El papel del profesor en este caso debe comenzar por diseñar (o seleccionar) los applets adecuados en cada momento, ayudar a que se formen grupos de trabajo, responder de forma precisa e inmediata a las dudas que se planteen y, por último, estudiar en cada momento los resultados obtenidos al emplear esta estrategia con el fin de actuar sobre el proceso en el futuro.

En esta comunicación se han presentado las animaciones interactivas como una estrategia de aprendizaje innovadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Física siguiendo un modelo constructivista de este proceso. El material, gracias a su formato de archivos *html*, se ofrece a los alumnos en la página web de la asignatura, en el Anillo Digital Docente o en un soporte de Disco Compacto. Se ha descrito con detalle su utilización en las clases, así como los problemas detectados. Los profesores han realizado un ejercicio de análisis, crítica y revisión de la estrategia al finalizar cada curso docente de manera que se han ido introduciendo cambios para que las “Fislets”

consiguieran que el alumno se implicara de una forma más efectiva en el desarrollo de muchas de las competencias que forman parte de los objetivos del estudio de la materia de física.

REFERENCIAS

ANECA (2004): Título de Grado en Física, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.

CHRISTIAN, W. Y BELLONI, M. (2001): Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material, Prentice Hall.

ESQUEMBRE, F. (2004): Creación de simulaciones interactivas en java, Prentice Hall.

GARCÍA BARNETO, A. Y GIL MARTÍN, M. R. (2006): "Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas", Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 5 N° 2, pp.: 304-322

PÉTRIZ CALVO, F. (2004): Programa de mejora e innovación de la docencia (2004-2009) en el marco de la convergencia al Espacio Europeo de Educación Superior, Universidad de Zaragoza.

PRESSEY, S. L. (1964). "Autoinstruction: Perspectives, problems and potentials" Theories of learning and instruction: the sixty third yearbook of the National Society for the Study of Education". University of Chicago Press, pp.:355-356

REIGELUTH, CH. (2000). "¿En qué consiste la teoría de diseño educativo y cómo se está transformando?". Diseño de la instrucción. Teoría y Modelos. Madrid: Aula XXI Santillana, pp.:15-40

SKINNER, B. F. (1954). "The science of learning and the art of teaching" Harvard Educational Review, 24(2), pp.: 969-977

TUNING (2003): Tuning Educational Structures in Europe,
<http://tuning.unideusto.org/tuningeu/>

UNESCO (1998): La educación superior en el siglo XXI: Visión y acción. Conferencia Mundial de Educación Superior