

USO DE SIMULACIONES INFORMÁTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA: MOVIMIENTOS ARMÓNICO SIMPLE Y ONDULATORIO

GARCÍA BARNETO¹, AGUSTÍN y BOLÍVAR RAYA², JUAN PEDRO

¹ IES José Caballero Huelva.

² Universidad de Huelva.

Palabras clave: NTIC, simulación, applet, MAS, ondas

OBJETIVOS

El objetivo de la investigación realizada ha sido valorar la eficacia de las simulaciones informáticas en la producción de aprendizajes significativos bajo ciertas condiciones:

- Proceso de enseñanza/aprendizaje (e/a) mediado por ordenador y centrado en el uso de simulaciones informáticas (applets Java)
- Trabajo de los alumnos organizado en torno a una sucesión de pequeñas investigaciones.
- Papel del profesor como orientador del trabajo de los alumnos

MARCO TEÓRICO

Los applets son pequeñas aplicaciones escritas en lenguaje Java que desde hace algún tiempo se vienen empleando para crear simulaciones. Atendiendo a su capacidad interactiva podemos distinguir dos tipos de applets, los que sólo reproducen el fenómeno y los que, además, permiten interaccionar con la simulación y obtener datos de ella (Bohigas et al., 2003). Para el grupo Colos (Zamarro et al., 1998) el uso de las simulaciones en un contexto investigativo supone un valor añadido a las tareas educativas dirigidas a la representación de conceptos abstractos o el control de la escala de tiempos, permitiendo invertir el proceso habitual de enseñanza (que comienza con el tratamiento matemático) al ocultar el modelo matemático subyacente y mostrar el fenómeno a través de una animación gráfica o representación tridimensional. Por otra parte, se ha constatado que alumnos que estudiaron el movimiento oscilatorio con ayuda de simulaciones proyectadas por el profesor sobre una pantalla, no mostraban diferencias significativas cuando eran comparados con otros alumnos que habían seguido un planteamiento tradicional (Otero et al., 2003).

En Febrero de 2004 la OCDE calificaba como decepcionante la utilización de la NTIC en el conjunto de países de la organización. Las dificultades encontradas con la integración de las NTIC en las enseñanzas media y universitaria (Cabero et al., 2003) parecen estar relacionadas con la falta de un cambio profundo en los planteamientos educativos (currículo y didáctica) (Aviram, 2002). Aunque hoy día no conozcamos con precisión las características que ha de tener el nuevo paradigma educativo, parece claro para Reigeluth (2000) que debe apoyarse en:

- Entornos enriquecidos tecnológicamente
- Modelo constructivista del aprendizaje

Como propuesta de síntesis (tecnológica y didáctica) han surgido los entornos virtuales de aprendizaje (Gros, 2004). En este contexto son especialmente interesante los entornos de aprendizaje constructivista (Jonassen, 2000) en los que las simulaciones basadas en applets Java pueden permitir la manipulación de problemas sin necesidad de recurrir a aplicaciones basadas en software propietario.

DISEÑO DE LA EXPERIENCIA

La hipótesis central de la investigación fue la siguiente:

Los alumnos que hacen uso de simulaciones interactivas (applets Java) en un contexto investigativo mediado por ordenador, unen al aumento del interés una mejora en la significatividad del aprendizaje de los conceptos físicos.

Para comprobarla se ha llevado a cabo una experiencia con 40 alumnos de la asignatura de Física Ambiental de 2º curso de la Licenciatura de Ciencias Ambientales (Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva) que consistió básicamente en el tratamiento de los movimientos armónico simple y ondulatorio desde un planteamiento constructivista en un entorno enriquecido tecnológicamente. Para ello las clases se desarrollaron en un aula de ordenadores, donde los alumnos resolvían las actividades planteadas (dirigidas a profundizar en los conceptos físicos y a usar métodos de trabajo coherentes con el proceder científico) por medio de investigaciones que incluían el uso de applets. Entre otras, las tareas realizadas por los alumnos incluían planteamientos de hipótesis, diseño de experiencias, tomas de datos y análisis de resultados.

A continuación se recogen algunos ejemplos de actividades realizadas con los alumnos en el aula:

Act.- La posición de un objeto con MAS obedece a la ecuación: $x = A \sin(\omega t + \delta)$, donde A es la amplitud, ω la frecuencia angular y δ la fase inicial. El applet 1 simula el movimiento de un sistema muelle-masa ideal (oscilador libre) que oscila verticalmente. Establezca una estrategia que nos permita medir, para unas condiciones iniciales dadas, la amplitud (A) y la frecuencia angular (ω) correspondientes.

Act.- ¿Realmente se cumplen las ecuaciones que hemos establecido?, es decir, ¿la previsión que hacen de posiciones futuras son reales?. Diseñar una experiencia que nos permita contrastar la validez de las ecuaciones establecidas con ayuda del applet 1.

Act.- Al objeto de que te familiarices con las hojas de cálculo y la construcción de gráficos, te proponemos que representes la posición, velocidad y aceleración de un MAS en función del tiempo. Para ello selecciona los valores que desees de la amplitud, frecuencia angular y fase inicial y, una vez establecidas las ecuaciones $e=f(t)$, $v=f(t)$ y $a=f(t)$, abre una hoja de cálculo y construye las representaciones indicadas al menos para un ciclo completo del movimiento.

Act.- Plantear en términos de hipótesis de qué factores cabe esperar que dependa el periodo de un sistema muelle-masa ideal. Diseñar las experiencias necesarias y proceder a comprobarlas con ayuda de los applets 1 y 2.

Como material didáctico los alumnos dispusieron de:

- Colección de applets Java facilitado en un CD
- Programa-guía de actividades

Consultadas diferentes colecciones de applets sobre el tema, fue seleccionado el Curso de Acústica (<http://www.ehu.es/acustica/>) (Grupo de Acústica de la Universidad del País Vasco) como soporte informático para que los alumnos desarrollaran su trabajo tanto en el aula como en sus casas. Sin embargo, dado que a nuestro juicio las instrucciones que acompañaban a los applets no servían para articular un proceso de e/a apoyado en la investigación de los alumnos, diseñamos al efecto un programa-guía de actividades (Gil y Martínez-Torregrosa, 1987). Éste desarrollaba los contenidos por medio de un conjunto de actividades (tomas de datos, planteamientos de hipótesis, diseño de experiencias, ejercicios, ..) que debían resolverse con ayuda de las simulaciones.

La evaluación de la experiencia se ha realizado en base a dos instrumentos:

- Cuestionario relativo al conocimiento de aspectos básicos de los movimientos armónico simple y ondulatorio. Respondido por los alumnos antes y después del trabajo con los applets
- Cuestionario relativo a diversos aspectos del proceso de enseñanza aprendizaje y la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación . Respondido por los alumnos después del trabajo con los applets

CONCLUSIONES

Resultados del cuestionario relativo al conocimiento de aspectos básicos de los movimientos armónico simple y ondulatorio

El cuestionario tenía quince preguntas, cinco relativas al MAS y diez al movimiento ondulatorio. En todas ellas se solicitaba, además de la respuesta (normalmente a seleccionar entre cuatro opciones), una justificación de la misma y una estimación del grado de confianza que merecía (valorado de 0 a 10).

De sus resultados pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1. En relación con los movimientos armónico simple y ondulatorio, los alumnos poseen un marco conceptual propio en el que destacan las siguientes concepciones alternativas:
 - Creen que el periodo de un péndulo viene afectado por la masa y las condiciones iniciales
 - Predicen como si la posición del MAS variara linealmente con el tiempo
 - Predicen como si la velocidad del MAS variara linealmente con la posición
 - Suponen que la posición y la velocidad de un pulso de onda varía sinusoidalmente con el tiempo
 - Admiten relación entre la frecuencia y la velocidad del movimiento ondulatorio y, como consecuencia, aceptan que en la primera tiene influencia el medio.
 - Creen que la longitud de onda no puede ser mayor que la longitud del medio que la contiene
2. En general el proceso de e/a centrado en el uso de simulaciones como instrumento para desarrollar pequeñas investigaciones, contribuye a la mejora del aprendizaje de los conceptos físicos y al aumento en la confianza depositada en las respuestas. Sin embargo:
 - Salvo casos excepcionales (interferencia ondas estacionarias), cuando esa mejora se produce, puede considerarse moderada (según nuestros datos en torno a un 30 %). Es el caso de la difracción, longitud de onda en las ondas estacionarias, movimiento de las partículas durante la propagación del sonido, gráfico v-t de las ondas, energía MAS y la relación entre el periodo del MAS y las condiciones iniciales.
 - Cuando la simulación incide sobre creencias erróneas muy arraigadas en los alumnos, el efecto positivo, si existe, es muy escaso. Tal es el caso de las relaciones lineales que suponen entre posición y tiempo y velocidad y posición en el MAS. También es el caso de la supuesta variación sinusoidal que tendrían la posición y la velocidad con el tiempo en el movimiento ondulatorio, resultado de la confusión con el MAS y con la forma ondulada que adquieren algunos medios materiales al ser alcanzados por ciertas ondas transversales. También es el caso de la creencia de que el medio de propagación afecta a la frecuencia del movimiento ondulatorio, producto de la confusión entre velocidad y frecuencia.

- Las simulaciones pueden reforzar o provocar creencias erróneas en ámbitos conceptuales vecinos a los tratados en los applets. Tal es el caso de la influencia de la masa en el periodo del péndulo, error que ha sido reforzado después de estudiar las variables que influyen en el sistema muelle-masa ideal, o el del movimiento transversal de las moléculas del aire provocado por la propagación de un rayo de luz, idea previa inexistente que ha sido creada después de analizar la propagación del sonido a través de una columna gaseosa. Los alumnos extienden los significados más allá del ámbito que sirvió para darles sentido.
- Cuando los alumnos tienen un buen conocimiento previo acerca de un fenómeno físico, las simulaciones tienen poco efecto de mejora sobre los aprendizajes. Tal es el caso de la refracción o el del concepto de longitud de onda.

Resultados del cuestionario relativo a diversos aspectos del proceso de enseñanza aprendizaje y la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación

Del análisis de este cuestionario podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. La mayoría de los alumnos consultados (universitarios de 2º curso que en un 68 % no habían cursado la asignatura de Física de 2º de Bachillerato) explican el bajo rendimiento habitual en la asignatura de Física con el argumento de que los conceptos físicos son difíciles de entender.
2. La metodología empleada por el profesor tiene repercusión sobre la atención y el rendimiento de los alumnos. Éstos conceden mucha importancia al trabajo en grupo y a la realización de investigaciones durante su periodo de formación universitaria (aspecto este último nada habitual según los alumnos).
3. La forma de evaluar tiene incidencia tanto en la atención de los alumnos como en su presencia en las aulas. En general los alumnos creen que los exámenes habituales promueven aprendizajes memorísticos y no miden lo que realmente saben.
4. Los alumnos usan poco las NTIC. Fuera del ámbito educativo el ordenador se usa normalmente para escuchar música, usar correo electrónico, chatear, etc. En relación con los estudios los alumnos reconocen que no usan habitualmente las NTIC, agudizándose el rechazo cuando la tarea está relacionada con el aprendizaje de los conceptos y procedimientos científicos.
5. Junto al reconocimiento de que los profesores no hacen uso habitual de las NTIC en el proceso de e/a, los alumnos están de acuerdo en que el ordenador en el aula aumenta el interés por la Física, que las simulaciones ayudan a resolver los problemas de aprendizaje y facilitan la comprensión de los conceptos físicos, sobre todo si se incluyen en el desarrollo de una investigación. Esta opinión favorable que muestran los alumnos queda matizada por las siguientes consideraciones
 - El uso de las NTIC pasa por el acceso de los alumnos a ciertos recursos básicos como es, en este caso, el ordenador. No todos ellos disponen de un ordenador en casa, hecho que dificulta el uso de los applets fuera del ámbito académico.
 - Antes de usar los applets los alumnos han de tener una formación informática (uso de hojas de cálculo, procesadores de texto, etc) y científica (relacionada con el tema en estudio) previa que les permita comprender y analizar el fenómeno simulado.
 - Los applets han de estar insertos en un programa de actividades que le dé sentido, en caso contrario se convierten en jueguecitos. Además, en su desarrollo, los alumnos han de encontrarse orientados por un profesor.
 - El uso de las simulaciones requiere tiempo y para sacarles provecho exigen estudio y dedicación.
 - Aunque son pocos, no todos los alumnos encuentran ayuda en las simulaciones, los hay que en lugar de ellas prefieren clases teóricas.

El uso del modelo constructivista de resolución de problemas en un entorno enriquecido tecnológicamente tiene una influencia muy positiva sobre el interés y la motivación de los alumnos, y es percibido por éstos como una posible solución a sus dificultades de aprendizaje. Todos los alumnos que han utilizado las simulaciones interactivas, independientemente de sus preferencias por un estilo docente u otro, reconocen que son útiles para mejorar la comprensión de los conceptos físicos. El uso individual de simulaciones interactivas (applets) en un contexto investigativo mejora realmente el aprendizaje de los conceptos físicos, sin

embargo, queda margen de progreso y, mientras no se perfeccionen los aspectos educativos de las simulaciones, corremos el riesgo de provocar errores no deseados.

BIBLIOGRAFÍA

- AVIRAM, R. (2002): ¿Conseguirá la educación domesticar a las TIC?. *Ponencia presentada en el II Congreso Europeo de Tecnología de la Información*, Barcelona, junio 2002.
- BOHIGAS, X., JAÉN, X. y NOVELL, M. (2003) Applets en la enseñanza de la Física . *Enseñanza de las ciencias* 21(3), 463-472
- CABERO, J., CASTAÑO, C., CEBREIRO, B., GISBERT, M., MARTINEZ, F., MORALES, J.A., PRENDES, M.P., ROMERO, R. y SALINAS, J. (2003) Las nuevas tecnologías en la actividad universitaria, *Píxel-Bit* 20, 81-100.
- GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1987) Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 3, 3-12
- 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*. Vol 5
- JONASSEN, D. (2000) El diseño de entornos constructivistas de aprendizaje. En Ch.Reigeluth, (2000): *Diseño de la instrucción. Teoría y modelos*. Madrid: Aula XXI Santillana.
- OTERO, M.R., GRECA, I.M. y 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)
- REIGELUTH, Ch (2000) ¿En qué consiste la teoría de diseño educativo y cómo se está transformando?. En Ch.Reigeluth, (2000): *Diseño de la instrucción. Teoría y modelos*. Madrid: Aula XXI Santillana.
- ZAMARRO, J.M., MARTÍN, E., ESQUEMBRE, F. y HÄRTEL, H (1998) Unidades didácticas en Física utilizando simulaciones interactivas controladas desde ficheros HTML. *Comunicación IV Congreso RIBIE*, Brasilia.