

# ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL PROGRAMA DE SIMULACIÓN *MOBILE* EN EL APRENDIZAJE POR INVESTIGACIÓN DE LA FÍSICA EN BACHILLERATO

SIERRA<sup>1</sup>, J.L. y PERALES<sup>2</sup>, F.J.

<sup>1</sup> IES Híponova. Montefrío. Granada.

<sup>2</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada.

---

**Palabras clave:** Tecnología de la información y comunicación; Simulación por ordenador; Aprendizaje exploratorio.

## OBJETIVOS

- Elaborar un programa informático de simulación fundamentado en la Didáctica de las Ciencias Experimentales y en la ingeniería de software.
- Diseñar actividades de investigación adecuadas para ser abordadas por el alumnado con ayuda del simulador didáctico.
- Evaluar la eficacia de una metodología para la enseñanza de la mecánica newtoniana en bachillerato basada en la realización de actividades de investigación por parte del alumnado con ayuda de un programa informático de simulación y bajo la dirección del profesor.
- Fomentar el aprendizaje cooperativo entre los estudiantes.
- Introducir a los estudiantes de bachillerato en la cultura científica actual que concibe la simulación por ordenador como una herramienta fundamental para la investigación y la experimentación.
- Elaborar nuevos instrumentos de diagnóstico, tales como: un test de exploración sobre conceptos de mecánica newtoniana, un cuestionario de evaluación de software educativo y una encuesta sobre el uso y el conocimiento del ordenador.

## MARCO TEÓRICO

Como afirma Giordan (1999), una democracia exige a sus ciudadanos tener acceso a un nivel de conocimiento científico suficiente, sobre todo en una sociedad hipertecnificada como la actual, que les permita adoptar sus propias decisiones, así como formarse una opinión fundamentada acerca de los debates suscitados en su comunidad.

En consecuencia, la educación científica no puede limitarse a la adquisición de saberes puramente formales, sino que también debe procurar la adquisición de una actitud asentada en la capacidad de asombro, la confianza en sí mismo y el espíritu crítico, así como de habilidades científicas experimentales. Esta preocupación por la alfabetización científica de los ciudadanos se ha concretado en España a través del *Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria*, constituida en el seno de la Comisión de Educación, Cultura y Deporte 543/000012 (BOCG Senado nº 445 del 5 de junio de 2002 y BOCG Senado nº 660 del 22 de mayo de 2003).

A pesar de la creciente importancia concedida a la educación científica, los resultados ofrecidos en el informe PISA de 2000 y 2003 ponen de manifiesto cierto fracaso escolar en las disciplinas científicas, acompañado de un creciente rechazo de los estudios científicos y de actitudes negativas hacia la ciencia. Las asignaturas optativas y los itinerarios científicos son escogidos cada vez más por una minoría de estudiantes de educación secundaria.

Paradójicamente, durante los últimos años la ciencia viene despertando el interés de la ciudadanía, como se refleja en la gran aceptación de los museos interactivos de ciencia y la incorporación de contenidos científicos en la publicidad y la televisión.

Por consiguiente, el papel preeminente desempeñado por la imagen dinámica en la actual sociedad del conocimiento puede y debe ser aprovechado para la alfabetización científica (Perales, Vílchez y Sierra, 2004), especialmente mediante el uso en el aula de los programas informáticos de simulación de fenómenos físicos.

Asumiendo que la educación científica debe facilitar a las personas una interpretación racional del mundo en el que viven, la simulación por ordenador facilita la puesta en relación de la realidad y los modelos científicos, entre lo concreto y lo abstracto. Asimismo, los simuladores didácticos permiten actividades de manipulación de modelos que favorecerán la adquisición de conocimientos conceptuales y procedimentales (Sierra, 2000; Sierra y Perales, 1999, 2003).

Njoo y de Jong (1993) consideran el aprendizaje exploratorio como la metodología didáctica más adecuada para que el alumnado resuelva pequeños trabajos de investigación con el apoyo del software de simulación. Sin embargo, los estudios sobre aprendizaje exploratorio con simulaciones por ordenador no informan de éxitos concluyentes. Njoo y de Jong identifican dos razones que justifican la relativa ineficacia del simulador como recurso didáctico: en primer lugar, los procesos implicados en el aprendizaje exploratorio son difíciles para el alumnado, y por otra parte, éste no es tan activo como asumimos, por lo que, aun teniendo las destrezas necesarias, los alumnos no suelen aplicarlas.

Esta situación puede ser superada si el simulador didáctico implementa determinadas medidas instructivas (White, 1998) relacionadas con: a) la graduación de la dificultad; b) la riqueza conceptual de los fenómenos representados y la variedad de propuestas de investigación para el alumno; c) las ayudas ofrecidas por el software y su opcionalidad.

## **DESARROLLO DEL TEMA**

Aunque en países de nuestro entorno cultural se han realizado distintas investigaciones con resultados dispares acerca del aprendizaje de la Física en educación secundaria con simuladores de fenómenos físicos, en España son escasos los estudios sistemáticos en esta línea.

Es por ello que esta investigación pretende evaluar la eficacia de la simulación por ordenador en el aprendizaje adquirido por estudiantes de Bachillerato, tanto de contenidos conceptuales de mecánica newtoniana como de procedimientos y actitudes científicas, en el contexto de un aula de ordenadores típica de un instituto de educación secundaria.

El modelo didáctico asumido en la investigación está basado en la resolución de problemas cualitativos y abiertos de mecánica newtoniana, concebidos como trabajos de indagación científica bajo la dirección y supervisión del profesor.

En esta situación de aprendizaje el ordenador presenta la dualidad de ser herramienta cognitiva de ayuda a la investigación, a la vez que laboratorio virtual donde el estudiante realiza sus investigaciones. El ordenador actúa como mediador entre un modelo físico oculto y el estudiante, que desempeña un papel activo

al controlar y servirse del software para descubrir por sí mismo a través de una estrategia de investigación guiada por el profesor.

El programa de simulación *Mobile* que se utiliza en el aula, ha sido diseñado y desarrollado por el profesor tomando en consideración los fundamentos de la didáctica de las ciencias experimentales y la ingeniería de software. Básicamente, este programa constituye una versión evolucionada de *Dinamic* (Sierra, 1997) que incorpora importantes mejoras técnicas y didácticas.

*Mobile* simula el movimiento de hasta tres cuerpos simultáneamente, implementando distintos entornos de simulación con modelos físicos de distinta complejidad: unos permiten sólo el estudio cualitativo del fenómeno físico y otros un análisis cuantitativo más avanzado.

La actividad investigadora llevada a cabo por el estudiante con el simulador está dirigida mediante una secuencia de problemas que el profesor previamente ha planteado e incorporado en la base de datos del simulador. Asimismo, el alumno puede solicitar ayuda al programa para desarrollar su investigación.

Independientemente del modelo físico asociado a la actividad planteada, todos los entornos de simulación ofrecen al alumno la posibilidad de modificar distintas variables relevantes.

El programa presenta dos áreas de trabajo:

- a) *Entorno de diseño de actividades*, accesible sólo al profesor mediante una clave, para elaborar las fichas de trabajo conteniendo los enunciados de los problemas, el tipo de simulador necesario y las ayudas que recibirá el alumno sobre la investigación a realizar.
- b) *Entorno de usuario*, accesible tanto al alumno como al profesor, que dispone de un ámbito experimental y otro teórico:
  - b.1) *Cuaderno de Trabajo*, donde el alumno podrá llevar a cabo distintas tareas, tales como: abrir una ficha de trabajo, escribir sus hipótesis acerca de los problemas, escribir sus conclusiones tras haber experimentado con el simulador y grabar su cuaderno de trabajo.
  - b.2) *Laboratorio virtual*, que constituye el simulador propiamente dicho, donde el alumno realiza sus experimentos para comprobar sus propias hipótesis de investigación. Este entorno experimental ofrece al alumnado imágenes dinámicas de interés didáctico, tales como: gráficos de magnitudes físicas en tiempo real, representaciones vectoriales y trayectoria del móvil.

Con objeto de evaluar la eficacia didáctica del programa de simulación, las siguientes variables son diagnosticadas entre el alumnado participante en la experiencia:

- *Conocimiento conceptual*: obtenido a partir del test sobre conceptos de mecánica newtoniana diseñado por el profesor (Sierra, 2003).
- *Conocimiento procedimental*: obtenido a partir del test sobre procedimientos científicos TIPS (“*Test of Integrated Process Skills*”) elaborado y validado por Dillashaw y Okey (1980).
- *Actitud hacia la ciencia*: obtenida a partir de un test de escala tipo Likert elaborado y validado por Penichet y Mato (1999).
- *Conocimiento de informática*: obtenido a partir de un test elaborado por el profesor para evaluar el nivel de conocimiento del alumnado sobre distintos programas informáticos (Sierra, 2003).
- *Nivel de razonamiento lógico*: obtenido a partir del test de razonamiento lógico elaborado y validado por Acevedo y Oliva (1995).
- *Rendimiento académico*: obtenido de las calificaciones en la asignatura de Física y Química.

La experiencia educativa se desarrolla durante el curso académico 2002-03 en el IES *Abdera* de la localidad almeriense de Adra, participando un grupo de 19 alumnos de primer curso de bachillerato.

Inicialmente los alumnos se familiarizan con el simulador y cumplimentan los pre-tests conceptual, procedimental y actitudinal, así como los tests de conocimientos informáticos y de razonamiento lógico.

Las actividades de investigación son realizadas por parejas de estudiantes con el programa *Mobile*.

Las últimas sesiones son dedicadas a cumplimentar los post-tests conceptual, procedimental y actitudinal.

## CONCLUSIONES

Las observaciones efectuadas en el aula muestran que los estudiantes cuando se inician en la realización de trabajos de investigación y experimentan con el simulador tienden en ocasiones a modificar variables del fenómeno que no son relevantes para contrastar sus hipótesis. De ahí que los entornos informáticos de simulación, como Mobile, que implementan una diversidad suficiente de modelos físicos con distinto nivel de complejidad sean eficaces al orientar la actividad experimental del alumnado. Cada modelo implementado en el programa se corresponde con una determinada pantalla informativa para el estudiante, de manera que la secuencia de trabajos propuestos de investigación requiere que el alumno experimente con distintos modelos de dificultad progresiva.

Algunos alumnos reconocen ser incapaces de explicar ciertas observaciones efectuadas en la pantalla del ordenador que refutan sus hipótesis iniciales acerca del fenómeno investigado. En estas situaciones, el programa Mobile ofrece al alumno distintos niveles de ayuda específica para cada trabajo de investigación que se aborde.

El conocimiento conceptual de mecánica newtoniana mejora significativamente tras la realización de los trabajos de investigación con ayuda del simulador. Asimismo, se detecta una mejora significativa en la respuesta de los estudiantes al 40 % de los ítems del cuestionario sobre conceptos de mecánica, así como una evolución en las categorías de respuestas dadas que reflejaría una modificación de las ideas previas del alumnado.

En cuanto al nivel de conocimiento procedimental, se detecta una mejora significativa tras la realización de los trabajos de investigación con simulador. Asimismo, se detecta una mejora significativa en la respuesta dada por los estudiantes a una tercera parte de los ítems del test sobre procedimientos.

Aunque la actitud hacia la ciencia mejora tras la realización de los trabajos de investigación con simulador, esta diferencia no es estadísticamente significativa. No obstante, se observa una evolución de las creencias científicas del alumnado hacia un planteamiento más próximo al pensamiento científico.

Por último, el estudio no detecta una influencia estadísticamente significativa del razonamiento lógico, el rendimiento académico y el conocimiento informático sobre los resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, J.A. y OLIVA, J.M. (1995). Validación y aplicaciones de un test de razonamiento lógico. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 48(3), 339-351.
- DILLASHAW, F.G. y OKEY, J.R. (1980). Test of the Integrated Science Process Skills for secondary science students. *Science Education*, 64(5), 601-608.
- GIORDAN, A. (1999). *Une Didactique pour les Sciences Expérimentales*. Paris : Éditions Belin.
- NJOO, M. y DE JONG, T. (1993). Exploratory Learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (8), 821-844.
- PENICHER, A. y MATO, M.C. (1999). Las actitudes del alumnado de secundaria hacia las ciencias experimentales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 22, Octubre, 9-16.
- PERALES, F.J., VÍLCHEZ, J.M. y SIERRA, J.L. (2004). Imagen y educación científica. *Cultura y Educación*, 16(3), 289-304.
- SIERRA, J.L. (1997). Dinamic: Un programa didáctico para la simulación en 2-D de la dinámica de una partícula confinada bajo distintos campos de fuerza. *Revista Española de Física*, 11 (1), 57-59.
- SIERRA, J.L. (2000). Informática y enseñanza de las ciencias. En Perales, F.J. y Cañal, P. (Dirs.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.

- SIERRA, J.L. (2003). *Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la física en bachillerato*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- SIERRA, J.L. y Perales, F.J. (1999). Validation à petite échelle d'un environnement d'apprentissage par découverte fondé sur la simulation de phénomènes physiques, dans l'enseignement secondaire. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, vol. 93, n° 814, 809-821.
- SIERRA, J.L. y Perales, F.J. (2003). The effect of instruction with computer simulation as a research tool on open-ended problem solving in a Spanish physics classroom of 16-year-olds. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 22(2), 119-140.
- WHITE, B.Y. (1998) Computer Microworlds and Scientific Inquiry: An alternative approach to Science Education. En Fraser, B.J. y Tobin, K.G., *International Handbook of Science Education*, 295-315. Kluwer Academic Publishers.