

USO DE SISTEMAS DE RESPUESTA INMEDIATA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS DE TERMODINÁMICA EN LA UNIVERSIDAD

José Luis López-Quintero, Marta Varo-Martínez, Alfonso Pontes-Pedrajas
Universidad de Córdoba

RESUMEN: En este trabajo se describe una experiencia relacionada con el uso de Sistemas de Respuesta Inmediata (SRI) en la enseñanza y aprendizaje de la física universitaria, abordando el tema de termodinámica con cuestiones y debates orientados a detectar concepciones alternativas y fomentar la evolución de ideas del alumnado. Para valorar la progresión del aprendizaje realizado por los participantes se ha diseñado una batería de cuestiones de opción múltiple, cuyas respuestas se han recogido mediante SRI al iniciar el tema (pre-test) y al finalizar su tratamiento didáctico en clase (post-test). En el desarrollo de la experiencia se ha observado un aceptable grado de progreso cognitivo al apreciar diferencias significativas entre las ideas iniciales y las respuestas finales ante cuestiones de cierto calado conceptual.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza universitaria, Termodinámica, Innovación educativa, Sistemas de Respuesta Inmediata, Aprendizaje reflexivo.

OBJETIVOS: (1) Implementar una metodología innovadora en la enseñanza de la física universitaria, basada en el uso de SRI, para trabajar con las ideas de los alumnos en el tema de termodinámica; (2) Valorar el grado de evolución conceptual de nuestros alumnos en el desarrollo de la experiencia.

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

Numerosos estudios sobre las ideas de los estudiantes sobre física indican que tales ideas no siempre se corresponden con las nociones que se desarrollan en las clases. También se observa que muchas de las concepciones personales de los estudiantes en diversos temas de esta materia se mantienen inalteradas tras el proceso de enseñanza habitual (Duit, 1993). Por tanto, explorar las ideas previas de los estudiantes resulta necesario para mejorar los procesos educativos aprendizaje, ya que este enfoque permite adecuar la acción docente al introducir nuevas nociones y confrontarlas con las concepciones personales de sus alumnos, relacionar los contenidos de la enseñanza con los procesos físicos cotidianos y ayudar a construir nuevos esquemas cognitivos coherentes con los modelos científicos.

En el ámbito de la física universitaria la termodinámica es una de las áreas donde se aprecia una importante incidencia de ideas alternativas en el alumnado, dado que conceptos como calor y temperatura guardan cierta relación con las sensaciones sensoriales. En los estudios sobre el tema se ha observado la persistencia de concepciones no científicas entre estudiantes de diversos niveles, porque muchos piensan que los objetos que se “sienten fríos” se encuentran a menor temperatura que su entorno, o que los cuerpos son capaces de almacenar calor dentro de ellos (Alwan, 2011). Ambas concepciones alternativas también se han detectado en el estudio de Van Roon, Van Sprang y Verdonk (1994), quienes advierten que magnitudes como calor o trabajo no representan a los cambios que se producen en las variables de estado, sino que aparecen sólo en procesos de transición y no describen el estado de los sistemas físicos.

Para fomentar la progresión de las concepciones de los alumnos pueden utilizarse diferentes recursos basados en la Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), tales como las simulaciones interactivas, acompañadas de guiones de actividades que favorezcan el aprendizaje reflexivo (Pontes, 2005). Otro recurso interesante es el uso de presentaciones multimedia que incluyen cuestiones de opción múltiple sobre nociones complejas, ya que algunos estudios sostienen que la resolución en el aula de este tipo de actividades favorece el aprendizaje reflexivo y la construcción de conocimientos científicos (Beatty, Gerace, Leonard y Dufresne, 2006). Tales cuestiones suelen combinarse con los llamados “Classroom Response System” (CRS) o Sistemas de Respuesta Inmediata (SRI), integrados por pequeños dispositivos inalámbricos con mandos a distancia, que permiten al alumnado interactuar con las preguntas formuladas por el docente a través de una presentación digital (Barragués, Morais, Manterola y Guisasola, 2013; López-Quintero, Varo, Pontes y Aguilera, 2016).

En las últimas décadas este recurso se ha ido incorporando a diversas metodologías interactivas (*blended learning*, *peer learning*...), con el objetivo de fomentar la reflexión y el razonamiento, los debates alumno-alumno y alumno-profesor o el aprendizaje colaborativo. Los SRI permiten a los estudiantes responder de manera simultánea e instantánea a preguntas planteadas por el profesor, siendo las respuestas recogidas por un equipo informático y facilitando así un posterior análisis de las mismas. Algunos autores señalan que tales recursos fomentan la atención y la capacidad de razonamiento individual (Caldwell, 2007). Por otra parte, muchos estudios indican que los alumnos valoran positivamente el uso de estos dispositivos digitales en las aulas, porque favorecen la atención y la motivación, ayudan a amenizar las clases y permiten desarrollar una evaluación continua del aprendizaje (Beatty et al. 2006; Varo, Pontes y López, 2014).

METODOLOGÍA

Contexto y desarrollo de la innovación docente

En el ámbito de la Didáctica de las Ciencias se asume, desde hace tiempo, que los estudiantes deben aprender construyendo activamente nuevos significados a partir de sus conocimiento previos y el desarrollo de actividades que impliquen reflexión, trabajo colaborativo y el uso de recursos motivadores (Beatty et al., 2006). Este enfoque exige realizar un seguimiento del aprendizaje y de las tareas realizadas, desarrollando en el aula actividades que permitan usar los conceptos clave en la resolución de cuestiones relevantes y problemas prácticos. En este contexto se considera que los SRI presentan un gran potencial para fomentar la motivación por la ciencia, la participación del alumnado en las clases y, sobre todo, para mejorar la comunicación entre el profesor y los estudiantes (Caldwell, 2007; Barragués et al., 2013).

Por tales motivos estamos usando los SRI en la enseñanza de la física universitaria, combinando tales recursos con presentaciones multimedia, en las que el profesor incluye preguntas (verdadero/falso,

opción múltiple, etc.) en diversos momentos del proceso formativo. Ello permite a los alumnos contestar a las preguntas propuestas mediante su mando de respuesta individual y que sus respuestas sean almacenadas en el ordenador del profesor. El sistema también genera una base de datos que permite seguir la evolución del aprendizaje de cada alumno, identificar las principales dificultades del grupo y los conceptos que resultan más complejos (López-Quintero et al., 2016).

En esta experiencia se muestra un ejemplo del uso de esta metodología en el tema de termodinámica. La innovación educativa se ha desarrollado en la asignatura Fundamentos Físicos de la Ingeniería, correspondiente al primer curso del Grado en Ingeniería Eléctrica, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba, en la que han participado 36 estudiantes, durante el curso académico 2014/2015. Para introducir los conceptos básicos y principios de la termodinámica se han desarrollado explicaciones teóricas con ayuda de diapositivas digitales y se han ido formulando diversas cuestiones que los alumnos han respondido mediante los SRI, proyectando en pantalla un diagrama de barras con los porcentajes de cada tipo de respuestas. Después se inicia una breve discusión sobre tales datos preguntando a los participantes por los motivos considerados para elegir las diferentes respuestas y se confrontan estos argumentos con la formulación científica del aspecto abordado en cada momento (Varo et al., 2014).

MÉTODO

En este estudio pretendemos valorar la influencia del método aplicado en el aprendizaje del bloque de termodinámica por parte de nuestros alumnos, aunque debe considerarse como un estudio piloto de carácter exploratorio orientado a recoger un primer conjunto de datos que sirvan de base para seguir mejorando la propuesta metodológica en el futuro. Para poder evaluar el grado de cambio conceptual se ha diseñado un pre-test de conocimientos previos sobre termodinámica integrado por 12 ítems (López-Quintero et al., 2016) que los alumnos han respondido usando los mandos SRI, antes de iniciar las explicaciones teóricas del tema. Al finalizar la experiencia se ha pasado a los participantes un post-test más amplio que incluye como subconjunto a las cuestiones iniciales, para poder hacer un estudio comparativo posterior.

RESULTADOS

A continuación se indican algunos resultados obtenidos a través de los cuestionarios. En la figura 1 se muestra una pregunta que hace referencia a la relación existente entre la sensación de frío al tacto de un objeto y su temperatura. En el pre-test se aprecia que un tercio de los alumnos han escogido la respuesta correcta B, pero el resto de los alumnos responden argumentando que la temperatura de los objetos es distinta después de una situación de equilibrio térmico (respuestas A, C y D). En concreto, algo más de la mitad de los participantes eligen las opciones A o D, por considerar que el suelo de cemento está más frío que unas sandalias de plástico. Por otra parte, en los resultados del post-test se observa como la opción correcta relativa a la igualdad de temperaturas es elegida por el 87% de los alumnos, aunque se mantiene un 13% de alumnos que todavía consideran que la temperatura del cemento es menor que la del plástico.

Asimismo, en la figura 2 se muestran resultados obtenidos en una pregunta que hace referencia a la falsa creencia de que un cuerpo puede albergar calor dentro de sí mismo, así como de su relación con la temperatura. En el pre-test se observa como la respuesta mayoritaria, con un 43% de respuestas, es aquella que contempla como una taza de chocolate a 100 °C contiene mayor cantidad de calor que una taza de helado a -2 °C, mientras que solo un 28% de los participantes eligen la opción correcta:

que ninguno de los dos contiene calor. En el post-test, por el contrario, se observa como esta última opción, sí es respondida satisfactoriamente por un 80% de los alumnos.

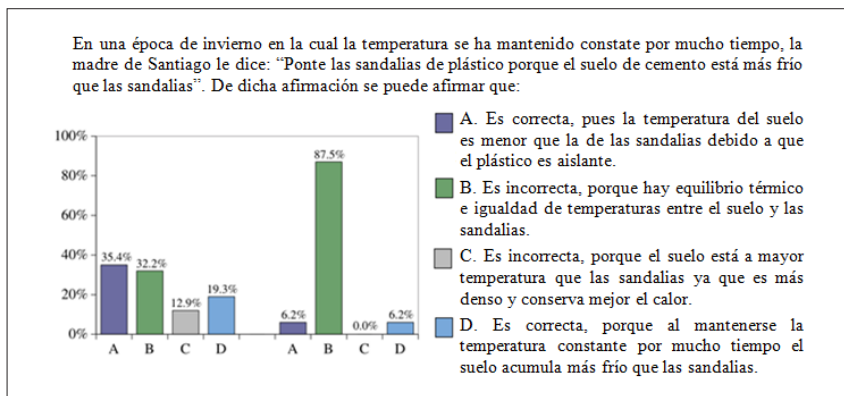


Fig.1. Resultados en pre-test y post-test de una cuestión sobre temperatura

Otra de las cuestiones analizadas es la siguiente: "Cuando se duplica la presión y el volumen de un gas ideal ¿Qué le ocurre a la temperatura?". En este caso en el pre-test solo un 33% de alumnos responde correctamente indicando que la temperatura se cuadruplica. En el post-test, sin embargo, esta cantidad aumenta hasta un 56% de aciertos, donde un 25% de estudiantes apuntan a la opción inversa "se reduce a la cuarta parte". Por otra parte cuando se pregunta "qué ocurre cuando tres cuerpos a distinta temperatura se introducen en un sistema aislado", un 83% de participantes inicialmente intuye que la temperatura final de equilibrio se encuentra en un valor intermedio contenido entre la más alta y la más baja, aumentándose a un 100% de respuestas correctas en el post-test. Los resultados de este estudio indican que hay un grado de evolución conceptual adecuado en torno a los tópicos de termodinámica, aunque en unas cuestiones los resultados son más satisfactorios que en otros, porque hay aspectos donde las concepciones previas de carácter alternativas son más resistentes al cambio.

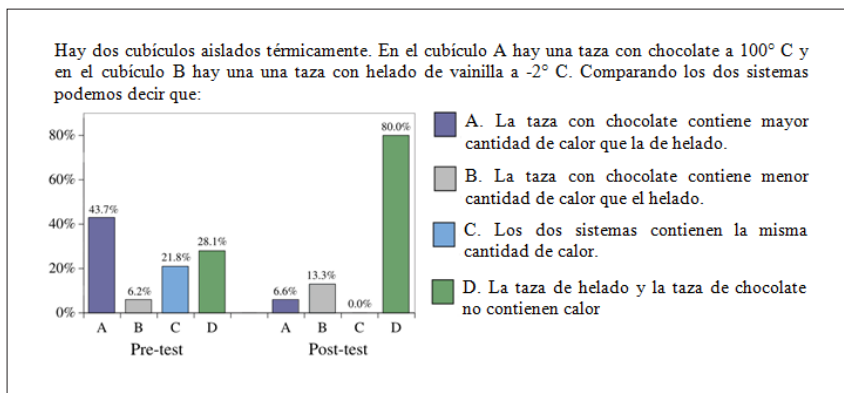


Fig.2. Resultados en pre-test y post-test de una cuestión sobre la noción de calor

CONCLUSIONES

En este trabajo se han mostrado los primeros resultados de una experiencia piloto sobre el proceso de aprendizaje de conceptos de termodinámica en primer curso de universidad, destinada a utilizar los mandos SRI para promover clases participativas en la enseñanza de la física y favorecer la evolución concep-

tual del alumnado en esta temática. Desde una perspectiva constructivista sobre el uso de las TIC (Pontes, 2005), en la que se pretende movilizar las ideas de los alumnos, el SRI se ha usado en esta experiencia como instrumento enriquecedor del ambiente de aprendizaje porque ayuda a mejorar la comunicación en el aula, favorece la interacción de los estudiantes con el profesor y permite recoger datos interesantes del proceso de aprendizaje (Cadwell, 2007). El método aplicado ha fomentado que los participantes se involucren más en el análisis de cuestiones donde se deben aplicar los conceptos clave del tema y al mismo tiempo se manifiestan sus concepciones personales, favoreciendo la reflexión y la evolución cognitiva, como se ha puesto de manifiesto en otros estudios similares (Barragués *et al.*, 2013).

Como instrumentos de recogida de datos se han utilizado un pre-test y un post-test, al inicio y al final del tema, que han permitido analizar la evolución conceptual de los estudiantes, constatando una mejora interesante respecto a cursos anteriores. Aunque se trata de un estudio de carácter exploratorio y la muestra es pequeña, pensamos que los primeros resultados de la experiencia han sido positivos y que el hecho de incluir debates en las aulas sobre cuestiones de interés físico supone una mejora en el proceso de evolución conceptual (López-Quintero *et al.*, 2016). También hemos observado que los SRI enriquecen el ambiente de aprendizaje al permitir a los alumnos reflexionar sobre los conceptos que se van introduciendo en la clase y ayudan a recoger datos interesantes sobre el proceso de aprendizaje, permitiendo al profesor conocer las dificultades de comprensión de cada concepto e incorporar esta información a los debates que se desarrollan en el aula (Varo *et al.*, 2014). Pero esta propuesta metodológica se encuentra aún en fase de implementación y estas conclusiones son provisionales. Por ello consideramos necesario seguir investigando sobre esta temática para comprender mejor la influencia de los diversos factores implicados en todo este proceso.

REFERENCIAS

- Alwan, A. A. (2011). Misconception of heat and temperature among physics students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 12, 600-614.
- Barragués, J.I, Morais, A., Manterola, M.J. y Guisasola, J. (2013). Una propuesta de uso de un “Classroom Response System (CRS)” para promover clases interactivas de Cálculo en la universidad. *Educación Matemática*, 25 (1), 63-110
- Beatty, I. D., Gerace, W. J., Leonard, W. J., y Dufresne, R. J. (2006). Designing Effective Questions for Classroom Response System Teaching. *American Journal of Physics*, 74(1), 31-39.
- Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips. *CBE-Life sciences education*, 6(1), 9-20.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions. Developments and trends. III International Seminar of Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. (Cornell University, Ithaca).
- López-Quintero, J.L., Varo, M., Pontes, A. y Aguilera, M.J. (2016). Uso de Sistemas de Respuesta Inmediata para la exploración de conocimientos previos en alumnos universitarios de ciencias. *Actas del I Congreso Virtual Internacional sobre Educación, Innovación y TIC: EDUNOVATIC 2016* (pp.109-117). Madrid: Redine
- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las nuevas tecnologías de la información en la educación científica. 2ª Parte: Aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 302-315.
- Van Roon, P. H., Van Sprang, H. F. y Verdonk, A. H. (1994). ‘Work’and ‘heat’: On a road towards thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 16(2), 131-144.
- Varo, M., Pontes, A. y López, J.M. (2014). El uso de los sistemas de respuesta interactiva como recurso educativo para la enseñanza de la física en los estudios de ingeniería. *Memorias de Proyectos de Innovación Educativa (2013-2014)*. Universidad de Córdoba.

