

# FACILITANDO LA REESTRUCTURACIÓN DE LAS IDEAS SOBRE ENERGÍA Y CALOR DE LOS FUTUROS MAESTROS MEDIANTE EL MODELO DE APRENDIZAJE COMO INDAGACIÓN ORIENTADA.

Carles Furió Más, Cristina Furió Gómez  
*Universitat de València*

## OBJETIVOS

En la investigación son conocidos desde hace más de 20 años muchos trabajos donde se muestran las grandes dificultades que tienen los estudiantes sobre los conceptos de energía y calor. La mayoría de estas investigaciones se han dedicado al estudio de las concepciones alternativas de estudiantes de secundaria o de universidad que han dado lugar a la publicación de artículos (Duit, 1984), de libros (Hierrezuelo y Montero, 1988) y a capítulos de manuales de investigación (Wandersee et al, 1994). Esta línea de investigación ha generado modelos de cambio conceptual que tratan de mejorar el aprendizaje de las ciencias. En este sentido, es importante consistirá en diseñar e implementar nuevos modelos de enseñanza que partiendo del conocimiento de las concepciones personales del alumnado facilite su reestructuración (Pozo et al, 1999). La vivencia de estos nuevos modelos en el aula de futuros maestros favorecerá que conozcan sus propias concepciones personales y, sobre todo, valoren si las estrategias instruccionales utilizadas han servido para reestructurar sus propias ideas iniciales. Así pues, el objetivo básico de este trabajo consistirá en diseñar e implementar una secuencia de enseñanza de orientación socioconstructivista sobre Energía en un curso de 'Ciencias Naturales para Maestros' y evaluar si han reestructurado sus concepciones al explicar hechos cotidianos. En concreto, en este trabajo se plantearán dos cuestiones:

- ¿Cómo diseñar e implementar una secuencia de enseñanza de orientación socioconstructivista para que estudiantes de Magisterio apliquen significativamente los conceptos de energía y calor?
- ¿Cómo averiguar si la implementación de esta secuencia de enseñanza ha resultado efectiva?

## MARCO TEÓRICO

En un trabajo anterior (Furió-Mas y Furió-Gómez, 2009) se fundamentó que el diseño e implementación de una secuencia de enseñanza efectiva de orientación socioconstructivista es una tarea compleja

---

que requiere: seleccionar los objetivos y contenidos del currículum según un hilo conductor basado en la epistemología de la ciencia; tener en cuenta las concepciones y razonamientos de los estudiantes así como sus principales dificultades; aplicar estrategias basadas en un modelo de cambio conceptual; preparar materiales adecuados; dirigir la implementación de la secuencia y evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje respecto a los objetivos perseguidos

Para adquirir las dos primeras competencias indicadas, es bien sabido que el profesor puede apoyarse en el conocimiento de los problemas históricos que se presentaron en la construcción de los conceptos científicos no solo para secuenciar los objetivos y contenidos a incluir en el currículum sino también para predecir posibles preconcepciones que se pueden presentar en los estudiantes. En el caso de la evolución histórica de la idea de energía se han registrado las siguientes concepciones: a) La 'fuerza viva' definida por Leibnitz en mecánica (siglo XVIII) como posible precedente de la energía cinética; b) la energía como 'sustancia básica' propuesta por los energetistas antiatomistas de finales del XIX (Michinel y Alessandro, 1994); c) la energía como capacidad de los sistemas para realizar trabajo y, en general, para producir cambios; d) la energía como algo existente en los sistemas que se transfiere, se transforma, se conserva y se degrada, aceptada por la mayoría de los textos universitarios de Física (Alomar y Malaver, 2007). En el caso de la evolución histórica del concepto de calor se le han atribuido las siguientes concepciones: i) la identificación de calor y temperatura hasta mediado el XVIII; ii) el calor como sustancia existente en los cuerpos similar al calórico; iii) el calor como forma de energía, introducido por los primeros termodinámicos y químicos del XIX y iv) el calor como transferencia de energía interna entre sistemas que están a diferente temperatura. Este conocimiento histórico de los conceptos nos puede dar ideas sobre una hipótesis relativa a una posible progresión en el dominio de estos conceptos. Progresión que se concibe como una reestructuración jerárquica de las concepciones iniciales de los estudiantes a lo largo de la enseñanza (Pozo et al, 1999).

Por otra parte, las estrategias a utilizar en la secuencia de enseñanza a diseñar han de estar fundamentadas explícitamente en algún modelo actual de aprendizaje (Leach y Scott, 2003). En nuestro caso, se aplicará el modelo de aprendizaje como investigación orientada que está dando resultados positivos (Guisasola et al, 2008). Así pues, una vez elaborado el hilo conductor de la secuencia de enseñanza en forma problematizada teniendo en cuenta los objetivos de enseñanza se procederá a elaborar un programa de actividades sobre los contenidos a enseñar y cuyo desarrollo requerirá la discusión de los estudiantes y la mediación del profesor.

La evaluación del aprendizaje logrado al implementar la secuencia de enseñanza se basará en el análisis de la reestructuración de las concepciones y razonamientos iniciales de los estudiantes mediante un diseño pretest-postest. Para establecer los niveles de progresión o regresión del aprendizaje logrados por los futuros maestros antes y después de implementar el tema se tendrán en cuenta las investigaciones sobre las concepciones alternativas de estudiantes y profesores (Wandersee et al, 1994; Pacca y Henrique, 2004) y se categorizará empíricamente las concepciones y razonamientos de los futuros maestros mediante análisis fenomenográfico de las respuestas de los estudiantes (Marton, 1981).

## **METODOLOGÍA**

Se ha elaborado un programa con 30 actividades en la implementación de la secuencia de enseñanza sobre el tema 'Energía, Trabajo y Calor' de la asignatura de 'Ciencias para Maestros' que ha impartido uno de los investigadores durante 8 sesiones de 1,5 h en el curso 2012-2013 a un grupo de 41 estudiantes de la Facultad de Magisterio de la Universitat de València. La mayoría de los estudiantes (60%) solo había estudiado Ciencias hasta 3º de la ESO y el 16% lo había hecho hasta 1º o 2º de bachillerato.

Respecto a la selección de objetivos y contenidos del tema es conocido en la didáctica de las ciencias que en la enseñanza del concepto de energía existe una polémica sobre la conveniencia de comenzar introduciendo el concepto de trabajo antes del de energía o viceversa (Duit, 1984). En nuestra opinión, es preferible una introducción simultánea de los conceptos de trabajo y energía. De esta manera se puede establecer una primera definición cualitativa de energía como capacidad de los sistemas para realizar trabajo. El estudio cuantitativo de ambas magnitudes se reducirá al mínimo. Se mostrará que el trabajo que se realiza sobre un sistema puede producir variaciones de energía cinética, potencial o de ambas. La definición mecánica de energía se ampliará al tratar de explicar los efectos caloríficos. Esto, pensamos, puede facilitar la comprensión por el alumnado de la conservación, transformación y degradación de la energía. También se han incluido actividades CTSA en las que se presentan aspectos ambientales, sociales y técnicos de la termodinámica que conectan con los intereses de los estudiantes.

Dado que se ha decidido utilizar un diseño pretest-postest para evaluar el aprendizaje logrado se aplicó antes de comenzar las clases un cuestionario de 5 preguntas abiertas a cada uno de los estudiantes para conocer concretamente cuáles eran sus concepciones iniciales sobre energía y calor y cómo las aplicaban en distintas situaciones. Las preguntas 1 y 2 tienen como objetivos diagnosticar, respectivamente, sus concepciones de energía y los razonamientos usados para explicar la subida vertical de un deportista a lo largo de una soga del gimnasio. Las preguntas 3 y 4 tienen, respectivamente, objetivos similares tales como ver sus ideas sobre calor y sus explicaciones del equilibrio térmico cuando se mezclan dos gases a temperaturas distintas. Con la pregunta 5 más compleja se pretende ver en qué medida el estudiante explica la caída de una bola por un plano inclinado que continua moviéndose por el suelo hasta que se para.

## RESULTADOS

Las respuestas se categorizaron teniendo en cuenta el análisis epistemológico que llevó en la segunda mitad del siglo XIX a la síntesis de las ciencias del calor y de la mecánica y la investigación sobre concepciones alternativas. En el caso de la definición declarativa de energía (ítem 1) se obtuvieron, desde el punto de vista fenomenográfico, las cuatro categorías o niveles conceptuales expuestos en la tabla 1 con un total de 11 atributos. Así por ejemplo, al nivel cognitivo más bajo (1) se le asignaron los 4 primeros atributos a, b, c y d. El atributo (a) de la *energía como fuerza* fue detectada en estudiantes de secundaria de Filipinas y Alemania (Duit, 1984). Los atributos (b) y (d) se encontraron en profesores brasileños de educación media (Pacca & Henrique, 2004). El (c) fue reseñado por Hierrezuelo y Montero (1988) en estudiantes españoles de secundaria. Los atributos de las otras tres categorías sobre energía se presentan en la tabla 1 donde se resumen los porcentajes de los niveles conceptuales obtenidos en el pretest y el postest sobre energía (ítem 1).

Tabla 1.  
Porcentajes obtenidos en el ítem 1 sobre energía

Niveles conceptuales de los estudiantes sobre energía (ítem 1)	% en el pretest (N= 41)	% en el postest (N= 41)
1. Energía como fuerza (a) que hay en los cuerpos (b) para facilitar la vida(c) y que se utiliza para mover, iluminar,... (d).	63.4	14.6
2. Energía como efecto producido en un cuerpo (e) después de realizar un trabajo (f) y que genera luz o calor (g).	19.5	7.3
3. Energía como capacidad de los sistemas o cuerpos para realizar trabajo (h) y/o cambios en la materia (i)	9.8	70.7
4. Energía como algo presente en varias formas (j) que se transmite, transforma y/o conserva (k).	7.3	7.3

---

Como puede apreciarse en la tabla 1 la mayoría de los estudiantes presentan inicialmente concepciones alternativas sobre energía (más del 80%) siendo minoritarias las concepciones próximas a las aceptadas científicamente (menos del 20%). Después de la implementación de la secuencia de enseñanza estos porcentajes se han invertido.

En el ítem 2 relativo a la subida de un deportista por una soga del gimnasio, las explicaciones usadas por los estudiantes se clasificaron en 5 niveles: 1) Explicación basada en la identidad entre energía (E) y fuerza (F) donde la fuerza del deportista es superior al peso; 2) Explicación en la que se sigue identificando E con F y se introducen términos poco significativos de energía potencial o cinética; 3) Argumentación donde se relaciona el trabajo hecho por el deportista (W) con su ascenso; 4) Se relaciona el W con el aumento de la energía cinética del deportista y 5) Se relaciona W o la E corporal (química) con el  $\Delta E$  potencial gravitatoria. Los tres primeros niveles de explicación más bajos obtuvieron un total de 85% en el pretest y se redujeron a un 50% en el postest. Sin embargo, estos primeros resultados se pueden considerar positivos puesto que el 15% de las explicaciones de los niveles 4 y 5 en el pretest han pasado a ser aproximadamente el 40% en el postest.

En las respuestas obtenidas en el ítem 3 sobre la definición de calor del pretest y postest se categorizaron 4 niveles conceptuales: 1) El calor (Q) como sensación opuesta al frío (a) o como temperatura (b); 2) Q como efecto de la fricción de cuerpos/partículas (c) cuando se utiliza energía (d); 3) el Q como energía (e) existente en los cuerpos (f) y 4) Q como forma de transferir energía entre cuerpos (g) a distinta temperatura (h). Los porcentajes de respuestas de los niveles 3 y 4 obtenidos en el pretest fueron 39% y 19.5%, respectivamente. En el postest estos mismos niveles 3 y 4 alcanzaron, respectivamente, el 31.7% y 53.6%. Destaca el alto porcentaje de respuestas de nivel 4 en el postest. En el análisis de las respuestas al ítem 4 sobre equilibrio térmico se obtuvieron también 4 niveles que se expondrán en la presentación del trabajo.

## CONCLUSIONES

Como respuesta a las preguntas planteadas en los objetivos se concluye que la implementación de la secuencia de enseñanza del tema basada en el modelo de aprendizaje como investigación orientada ha resultado bastante eficaz tanto respecto a la enseñanza como por los resultados en el aprendizaje. Los avances logrados en la aplicación de los conceptos de energía y calor suponen un primer paso positivo en la reestructuración de las concepciones de la mayoría de los estudiantes. También se han previsto modificaciones para mejorar la enseñanza realizada como, por ejemplo, ampliar el número de clases porque no se pudo abordar la degradación de la energía o recapitular más sobre los conceptos de interacción y fuerza gravitatorias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alomá, E. y Malaver, M. (2007). Análisis de los conceptos de energía, calor, trabajo y teorema de Carnot en textos universitarios de Termodinámica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (3), 387-400.
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school, empirical result from Phylippines and West Germany. *Physics Education*, 19, 59-66.
- Furió Más, C. y Furió-Gómez, C. (2009). ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación constructivista? *Educación Química*, nº extraordinario de junio, 246-251.
- Guisasola, J., Furió, C. & Ceberio, M. (2008). Science Education Based on Developing Guided Research. En M.V. Thomase (Ed.), *Science Education in Focus*. N.Y.: Nova Science Publishers, Inc.

- 
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1988). *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la física y química*. Barcelona: Ed. Laia y M.E.C.
- Marton, F. (1981). Phenomenography-describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10, 177-120.
- Michinel, J.L. & D'Alessandro, A. (1994). El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 369-380.
- Pacca, J. L.A. & Henrique, K.F. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), 159-166.
- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A. & Sanz, A. (1999). When conceptual change does not mean replacement: different representations for different contexts. En W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero, (Eds.), *New trends on conceptual change*. Londres: Elsevier.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. & Novak, J.D. (1994). Research in alternative conceptions in Science. En D. Gable (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N.Y.: McMillan Publishing Co.