

EL USO DE SIMULACIONES INTERACTIVAS PARA COMPRENDER EL MODELO DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Alfonso Pontes-Pedrajas
Universidad de Córdoba

RESUMEN: Muchos estudiantes encuentran importantes dificultades de aprendizaje en el tema de circuitos eléctricos, de modo que es necesario aplicar estrategias y recursos que les ayuden a superar tales dificultades. Las simulaciones por ordenador pueden ser útiles para representar ciertos aspectos del modelo de corriente eléctrica y para comprender mejor el funcionamiento de tales circuitos. En este trabajo se describe una experiencia docente universitaria, basada en la realización de actividades de aprendizaje reflexivo, con ayuda de un laboratorio virtual de circuitos eléctricos. Los resultados obtenidos muestran un avance en la progresión de las ideas de los alumnos y en la mejora de la comprensión del modelo científico de corriente eléctrica.

PALABRAS CLAVE: Modelos, simulaciones, circuitos eléctricos, aprendizaje reflexivo, evolución conceptual.

OBJETIVOS: En este estudio mostraremos algunos resultados de una experiencia orientada a: (1) Analizar las concepciones previas de estudiantes universitarios sobre circuitos eléctricos y sus dificultades para comprender el modelo de corriente eléctrica; (2) Ensayar una propuesta de enseñanza de la electricidad, basada en actividades que requieren el uso de un programa de simulación, para ayudar a superar tales dificultades; (3) Evaluar la utilidad de la propuesta para favorecer la progresión de las concepciones de los estudiantes en este ámbito.

MARCO TEÓRICO

Numerosas investigaciones educativas sobre las dificultades de aprendizaje en el dominio de la electricidad han puesto de manifiesto, que en el tema de circuitos de corriente eléctrica los estudiantes elaboran de forma intuitiva una amplia gama de ideas alternativas, que persisten a través de diferentes niveles de enseñanza, dando lugar a errores conceptuales resistentes al cambio (Gunstone, Mulhall & McKittrick, 2009).

Para interpretar adecuadamente el funcionamiento de los circuitos eléctricos es necesario que los alumnos comprendan el modelo científico de corriente eléctrica, que se puede formular con diferentes niveles de complejidad según la etapa educativa de los alumnos. En los primeros niveles de enseñanza (fase 1) en los que se estudia la electricidad, por ejemplo a lo largo de la ESO, sería importante que los alumnos llegaran a adquirir conocimientos y construir ideas coherentes con las características del

modelo más básico de corriente eléctrica que se recogen en la Figura 1. En un nivel más avanzado de enseñanza de la electricidad (fase 2), por ejemplo en bachillerato o primer curso de universidad, sería necesario que los estudiantes profundicen en la comprensión del modelo de corriente eléctrica incorporando nuevas ideas relacionadas con las características que se recogen en la Figura 2.

Algunas de las ideas intuitivas más frecuentes de los alumnos sobre los circuitos de eléctricos se basan en concepciones alternativas sobre el flujo de corriente eléctrica (C1.1, C1.5), sobre la noción de circuito eléctrico (C1.1, C1.4) o sobre la función que desempeñan los elementos del circuito (C1.5, C1.6). También se aprecia notable confusión entre magnitudes diferentes como la intensidad de corriente, el voltaje y la energía eléctrica (C1.2, C1.3, C1.7). Por otra parte la mayoría de los alumnos, de diversos niveles educativos, utilizan mecanismos de razonamiento local y secuencial que les inducen a realizar predicciones erróneas en torno al funcionamiento de circuitos eléctricos simples (C2.1, C2.2, C2.4), sobre todo cuando se produce algún cambio en diferentes puntos o elementos del circuito (Pontes y Pro, 2001; Gunstone et al., 2009).

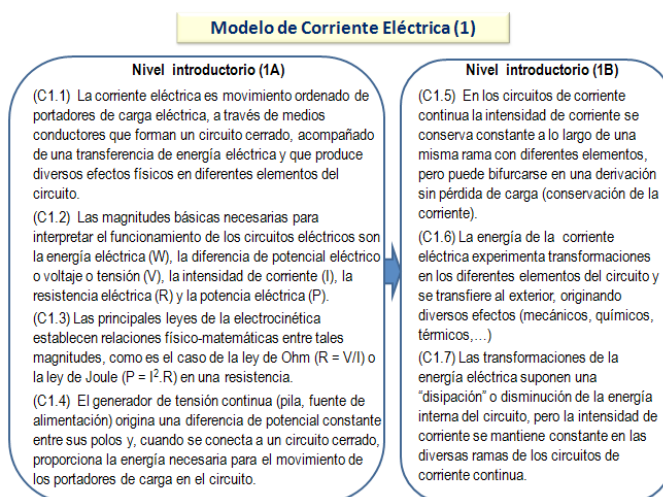


Fig.1. El modelo de corriente eléctrica: nivel introductorio

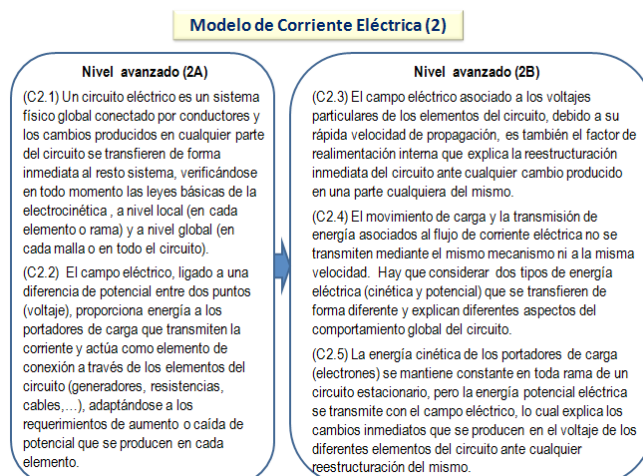


Fig.2. El modelo de corriente eléctrica: nivel avanzado

Para ayudar a los alumnos a superar tales dificultades de aprendizaje se han formulado, desde hace tiempo, diferentes propuestas metodológicas basadas en el enfoque constructivista y que ponen el acento en la necesidad de realizar actividades de enseñanza y aprendizaje orientadas a favorecer la evolución conceptual. Entre tales propuestas nos interesa resaltar en este trabajo aquellas estrategias educativas que emplean modelos analógicos y simulaciones por ordenador para lograr que los alumnos comprendan mejor el funcionamiento de los circuitos (Zeynep & Ibilge, 2011).

Los modelos juegan un papel fundamental en la ciencia y en la enseñanza, actuando como mediadores entre la realidad y la teoría. Por ello consideramos que las analogías y simulaciones pueden ser útiles para representar diferentes aspectos del modelo de corriente eléctrica. En concreto, las analogías se han utilizado como recursos útiles para introducir las ideas fundamentales que configuran este modelo, sobre todo en los primeros niveles de enseñanza (Mei-Hung & Jing-Wen, 2005; Oliva y Pontes, 2011). Por otra parte, la simulación por ordenador de un circuito puede considerarse como una representación icónica modal del sistema físico, permitiendo ilustrar de forma gráfica la estructura del mismo y los elementos que lo integran. También se pueden visualizar algunos aspectos del modelo de corriente eléctrica, utilizando representaciones de carácter analógico a nivel microscópico (movimiento de portadores de carga, flujo de corriente,...) y macroscópico (brillo de lámparas, medidas de magnitudes en instrumentos virtuales,...), como se aprecia en los circuitos de la Figura 3, que se han diseñado con diferentes programas de simulación. En consecuencia las simulaciones pueden ayudar a los alumnos a comprender mejor el funcionamiento de los circuitos eléctricos y a favorecer la progresión de sus ideas sobre la corriente eléctrica (Ronen & Eliahu, 2000).

Sobre esta temática hemos desarrollado propuestas didácticas para la enseñanza de la electricidad, basadas en el uso de laboratorios virtuales, usando preferiblemente recursos de internet como el programa *Ohm Zone* (Pontes, 2013). En esta experiencia hemos utilizado el *Laboratorio Virtual de Circuitos Eléctricos de Corriente Continua*, integrado en el proyecto *PhET Simulations*. Se trata de un software libre y de fácil manejo (<https://phet.colorado.edu/es/>), que utiliza elementos analógicos útiles para representar ciertos aspectos del modelo de corriente eléctrica y que permite al profesor diseñar actividades orientadas a fomentar el aprendizaje por indagación.

MÉTODO

En el proceso formativo desarrollado en esta experiencia nuestros alumnos utilizan, además del citado software *PhET*, un programa-guía de actividades orientado a favorecer la reflexión y la discusión de cuestiones, problemas o experimentos virtuales en pequeños grupos. Para facilitar el proceso de indagación y desarrollar competencias científicas los estudiantes deben abordar diversos problemas, emitiendo hipótesis y tratando de contrastarlas mediante experiencias virtuales que incluyen el diseño de circuitos y la recogida de datos sobre las magnitudes eléctricas (intensidad de corriente, voltaje,...) que caracterizan a los elementos del circuito. Posteriormente los alumnos deben presentar un informe escrito del trabajo realizado en cada sesión de trabajo y responder a diversas cuestiones integradas en el programa-guía de actividades.

En la primera experimentación llevada a cabo con este software han participado 69 estudiantes de la Universidad de Córdoba, matriculados en la asignatura Fundamentos Físicos de la Ingeniería, durante el curso 2013-14. Al iniciar el tema los alumnos cumplieron un cuestionario de conocimientos previos sobre circuitos eléctricos (pretest), integrado por seis cuestiones semiabiertas de opción múltiple con justificación de respuesta, como las que se muestran en la Figura 4, utilizado en un estudio anterior sobre las concepciones de los estudiantes en electrocinética (Pontes y Pro, 2001).

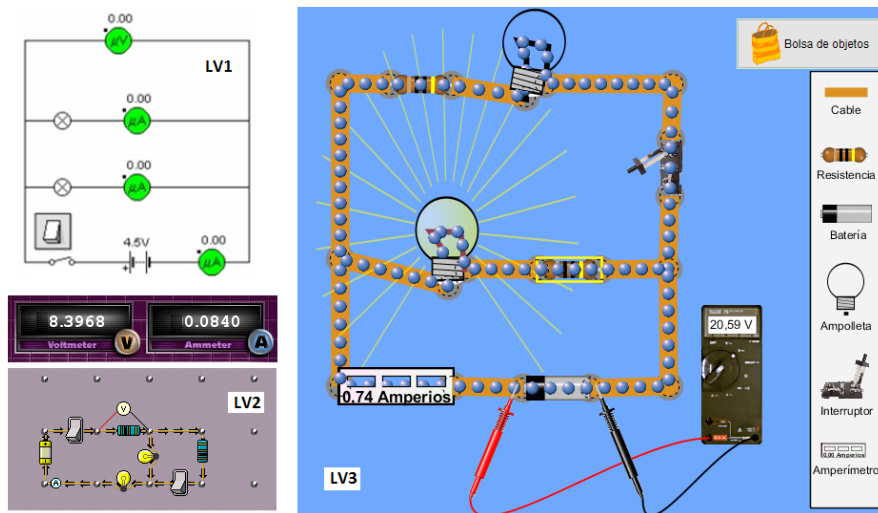
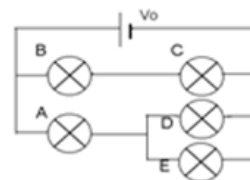


Fig.3. Simulaciones de circuitos eléctricos con diferentes laboratorios virtuales: Crocodile Clips (LV1), Omh Zone (LV2) y PhET Simulations (LV3)

Para analizar los datos recogidos mediante tales cuestiones se ha aplicado una metodología cualitativa, definiendo para cada pregunta tres categorías diferentes a la hora de clasificar las respuestas de los alumnos y que son las mismas utilizadas en el estudio antes citado: (I) Ideas indefinidas, que incluyen explicaciones muy vagas o respuestas en blanco; (II) Ideas erróneas que incluyen concepciones alternativas o razonamientos inadecuados; (III) Respuestas aceptables desde el punto de vista científico.

Q5. En el circuito de la figura, si todas las lámparas son iguales, indicar si el brillo de la lámpara A es mayor, menor o igual que el de la lámpara B.

- a) Las lámparas A y B brillan lo mismo ____
- b) La lámpara A brilla más que B ____
- c) La lámpara A brilla menos que B ____
- d) Otra respuesta ...



Q6. El circuito de la figura está formado por un generador ideal (tensión fija V_0), una resistencia constante R_1 y una resistencia variable R_2 , cuyos voltajes respectivos se miden con los voltímetros V_1 y V_2 . Si la resistencia R_2 aumenta, predecir si cambian o no tales voltajes:

- a) Sólo sube el voltaje de V_2 ____
- a) Sólo baja el voltaje de V_2 ____
- c) Disminuye el voltaje de V_1 y V_2 ____
- d) Aumenta V_2 y disminuye V_1 ____
- e) Los voltajes V_1 y V_2 no varían ____
- f) Otra respuesta ...

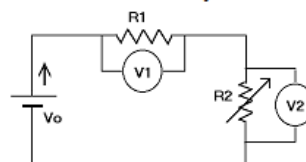


Fig.4. Ejemplos de cuestiones utilizadas en la experiencia

Tras la experiencia los alumnos han contestado a las mismas cuestiones (postest), en el contexto de una prueba de evaluación que también integra otros aspectos del conocimiento físico como la resolución de problemas y diversas preguntas abiertas. La existencia de cuestiones comunes en los

cuestionarios inicial y final, nos ha permitido valorar el grado de evolución conceptual desarrollado por los alumnos en cada tópico y se han recogido datos sobre la utilidad educativa de esta propuesta metodológica. Tras el análisis y la clasificación de ideas de los alumnos en cada prueba se han analizado los datos cuantitativos registrados por categorías con ayuda del paquete SPSS, realizando en primer lugar un análisis descriptivo (frecuencias y porcentajes). Posteriormente se han recodificado los datos de ambas cuestiones (diferenciando sólo entre respuestas que son aceptables y las que no lo son), y se ha aplicado la prueba de contraste no paramétrico de McNemar para analizar las diferencias entre resultados del pretest y del postest.

RESULTADOS

En este trabajo, por limitación de espacio, sólo vamos a presentar los resultados de las cuestiones Q5 y Q6, que permiten ilustrar el tipo de investigación realizada, comparando sus resultados en el pretest y postest para valorar el cambio conceptual que han experimentado los participantes en tales ítems. En la Figura 5 se muestran las frecuencias relativas (porcentajes) por cada una de las categorías de ideas que se han recogido en tales cuestiones al inicio y al final de la experiencia.

Los datos del pretest para tales cuestiones muestran escasos conocimientos científicos sobre circuitos eléctricos, a juzgar por los bajos porcentajes de ideas aceptables en ambos ítems. También se observan porcentajes apreciables de ideas indefinidas y de respuestas erróneas, relacionados con diversas concepciones alternativas, que coinciden bastante con los resultados de un estudio previo (Pontes y Pro, 2001). Tras la experiencia se han observado mejoras notables, al comparar los resultados pretest-postest, porque en ambas cuestiones se aprecian niveles de respuestas aceptables comprendidos entre el 50% y el 60%, junto con una reducción importante de los porcentajes de ideas alternativas o indefinidas respecto a los datos del pretest.

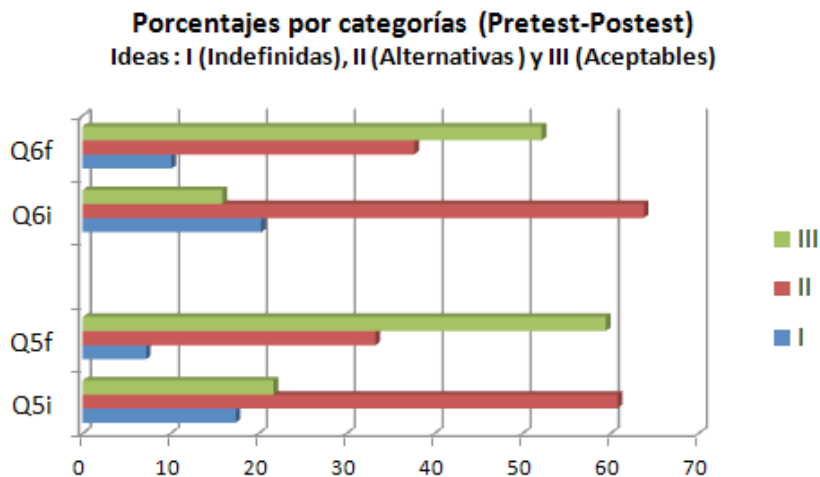


Fig.5. Resultados en algunas cuestiones del pretest (Qi) y postest (Qf)

Al realizar un análisis comparativo de tales datos se aprecian diferencias bastante significativas, desde el punto de vista estadístico, entre los resultados del pretest y postest. Sin embargo, no consideramos estos resultados del todo satisfactorios, ya que algunas de las concepciones alternativas detectadas en tales

cuestiones se resisten al cambio y persisten todavía en niveles que oscilan entre el 30% y el 40%, lo cual es un poco preocupante si se tiene en cuenta el esfuerzo docente hecho para superar tales dificultades y el tipo de actividades realizadas con ayuda del laboratorio virtual. Esto indica que la comprensión global del modelo de corriente eléctrica sigue resultando bastante difícil a los estudiantes universitarios y, por tanto, debemos seguir mejorando las estrategias y recursos de enseñanza-aprendizaje en este tema.

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos presentado el desarrollo de una innovación educativa, que forma parte de un proyecto de investigación más amplio^(*), en la que hemos tratado de mejorar el proceso de aprendizaje significativo del modelo de corriente eléctrica y desarrollar competencias científicas, con ayuda de un laboratorio virtual interactivo, en primer curso de ingeniería. Tras el desarrollo de la experiencia hemos observado que los recursos utilizados y la metodología empleada fomentan la reflexión de los alumnos durante el aprendizaje y ayudan a mejorar el proceso educativo, en concordancia con los resultados de estudios anteriores sobre el uso de laboratorios virtuales en electricidad (Ronen & Eliahu, 2000; Zeynep & Ibilge, 2011). También apreciamos que el enfoque de aprendizaje por indagación basado en actividades y el uso reflexivo del software propuesto favorecen en cierta medida la evolución conceptual de los participantes, aunque se mantienen algunas dificultades de aprendizaje en torno al modelo de corriente eléctrica. Tales dificultades pueden estar relacionadas con deficiencias en la formación previa, la falta de esfuerzo personal o la carencia de motivación de algunos alumnos para profundizar en el estudio y comprensión del tema de electrocinética.

Pero este estudio constituye una primera aproximación al tratamiento de una temática compleja porque sólo se han recogido datos sobre los conocimientos, previos y posteriores al proceso de instrucción, en torno a problemas concretos que presentaban ciertas dificultades (Pontes y Pro, 2001). Quedan, sin embargo, muchos aspectos por abordar en torno al proceso de modelización que realizan los alumnos al construir conocimientos sobre electrocinética y al papel que pueden desempeñar las analogías y el entorno visual en dicho proceso. Sobre tales aspectos trataremos de avanzar en posteriores etapas de este proyecto de investigación.

AYUDAS

Este estudio forma parte del Proyecto de investigación EDU2013-41952-P, denominado “Desarrollo y evaluación de competencias científicas mediante enfoques de enseñanza en contexto y de modelización. Estudios de caso”, de la convocatoria de Proyectos I+D 2013-17.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GUNSTONE, R., MULHALL, P. & MCKITTRICK, B. (2009). Physics Teachers' Perceptions of the Difficulty of Teaching Electricity. *Research in Science Education*, 39(4), 515–538
- MEI-HUNG, Ch. & JING-WEN, L. (2005). Promoting Fourth Graders' Conceptual Change of Their Understanding of Electric Current via Multiple Analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429-464
- OLIVA, J.M. y PONTES, A. (2011). Analogías para el aprendizaje del modelo de circuito eléctrico y de los procesos de modelización en física. *Actas de XXXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física y Encuentro Ibérico de Enseñanza de la Física* (213-214). Santander: RSEF.

- PONTES, A. y de PRO, A. (2001). Concepciones y razonamientos de expertos y aprendices sobre electrocinética: consecuencias para la enseñanza y la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 103-122.
- PONTES, A. (2013). Ohm Zone: Un laboratorio virtual para el aprendizaje de la electricidad y la formación del profesorado de secundaria. *Alambique*, 75, 76-83
- RONEN, M. & ELIAHU, M. (2000). Simulation—a bridge between theory and reality: the case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 14–26
- ZEYNEP, U. & IBILGE, D. (2011). The Effect of Combining Analogy-Based Simulation and Laboratory Activities on Turkish Elementary School Students' Understanding of Simple Electric Circuits. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(4), 320-329.

