

El uso de CmapTools en la enseñanza y el aprendizaje de la física

Alfonso Pontes-Pedrajas
Universidad de Córdoba, España

José Luis López-Quintero
Universidad de Córdoba, España

Marta Varo-Martínez
Universidad de Córdoba, España

Resumen

En este trabajo se describe un proyecto de innovación educativa en la enseñanza de la Física universitaria, basado en el uso de mapas conceptuales elaborados con CmapTools, durante el proceso de aprendizaje de los temas del bloque conceptual de electricidad. Han participado voluntariamente 59 estudiantes de primer curso de Ingeniería, que han evaluado la experiencia mediante un cuestionario de preguntas abiertas. Hemos encontrado que los mapas conceptuales favorecen el aprendizaje significativo de conceptos científicos, al permitir a los estudiantes representar su propio conocimiento y reflexionar sobre sus deficiencias cognitivas para tratar de superarlas. También hemos observado que los recursos usados favorecen el interés del alumnado y el desarrollo de competencias en el uso de las TIC.

Palabras clave: *Formación de estudiantes de ingeniería, aprendizaje de la Física, representación del conocimiento, mapas conceptuales, CmapTools*

1. Fundamentación

1.1. La Representación del Conocimiento en la Educación Científica y Tecnológica

La representación del conocimiento de los estudiantes se considera útil para comprender los procesos de aprendizaje y para desarrollar estrategias que ayuden a mejorar la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Entre los diversos tipos de representación existentes se encuentran los mapas conceptuales (Murga-Menoyo, Bautista-Cerro, y Novo, 2011). Éstos consisten en representaciones gráficas del conocimiento donde los conceptos clave de un determinado tema se relacionan jerárquicamente mediante proposiciones o enlaces.

Según varios autores, las tres condiciones esenciales para que un aprendizaje sea significativo son: que los conocimientos previos del alumnado sean el punto de partida para el nuevo aprendizaje, que el material de instrucción tenga sentido para el alumno y que el estudiante realmente asuma su compromiso con el aprendizaje y realice el esfuerzo necesario para construir el conocimiento (Novak y Cañas, 2005).

En el campo de la enseñanza, el uso de los mapas conceptuales se fundamenta inicialmente en la teoría del aprendizaje significativo y se integra en la visión constructivista sobre los procesos educativos (González y Iraizoz, 2001). Así, numerosos trabajos realizados durante las últimas décadas han puesto de manifiesto su utilidad para representar el conocimiento de los estudiantes y su evolución a través del proceso formativo, así como para detectar dificultades de aprendizaje y concepciones erróneas. Tales mapas también han demostrado su utilidad para favorecer la reflexión, la comprensión de conceptos o la integración de nuevas ideas en la estructura cognitiva. Igualmente, estas representaciones fomentan el aprendizaje colaborativo y la motivación del alumnado (Pontes, 2012).

1.2. Los Mapas Conceptuales en la Enseñanza de la Física

El conocimiento conceptual de la Física se encuentra constantemente en conflicto con ideas alternativas procedentes de la experiencia cotidiana. Por ello, es una de las ciencias que supone a los estudiantes una mayor dificultad para su comprensión. En este contexto, los mapas conceptuales han servido de base al desarrollo de numerosas investigaciones relacionadas con: la representación del conocimiento de los estudiantes de Física y su evolución a través de la enseñanza, la evaluación del aprendizaje, la exploración de concepciones alternativas y la influencia positiva en el aprendizaje significativo de conceptos físicos (Pontes, 2014).

Finalmente, el uso de los mapas conceptuales ha experimentado un impulso notable debido a los recursos TIC que pueden utilizarse para diseñar y utilizar tales mapas, entre los cuales se encuentra el software libre CmapTools (Pontes y Varo, 2014). Este programa ofrece la posibilidad de construir, guardar y modificar mapas conceptuales de una manera sencilla, pudiendo agregar recursos digitales de todo tipo.

2. Fines y características de la experiencia educativa

Inmersos en este contexto, en la Universidad de Córdoba (España) se ha desarrollado un proyecto de innovación centrado en la elaboración de materiales didácticos y el uso de recursos TIC, implementadas mediante software libre. En este marco hemos realizado una experiencia sobre el uso de mapas conceptuales, elaborados con el software CmapTools, llevada a cabo en la asignatura Fundamentos Físicos, correspondiente al primer curso de Ingeniería Eléctrica. La primera fase de experimentación de este proyecto la hemos centrado en estudiar el uso de CmapTools para representar el conocimiento que poseen los alumnos sobre diversos temas del dominio de la electricidad, con objeto de analizar las dificultades de aprendizaje mostradas en sus mapas conceptuales (Pontes, 2014).

2.1. Objetivos

Los objetivos globales del proyecto en los que estamos trabajando actualmente, son los siguientes: a) Familiarizar a los alumnos con las técnicas de representación del conocimiento, para favorecer un aprendizaje reflexivo y significativo de la ciencia y la tecnología; b) Investigar las deficiencias de aprendizaje que manifiestan los estudiantes a través de los mapas conceptuales y ayudarles a superarlas; c) Fomentar la capacidad de trabajar en equipo elaborando mapas conceptuales colaborativos; d) Desarrollar competencias generales en el uso de las TIC, aprendiendo a manejar el programa CmapTools.

Por otra parte, los objetivos específicos del estudio que presentamos en este trabajo son los siguientes: 1) Describir los aspectos metodológicos del proceso de utilización de mapas conceptuales en el aprendizaje de la Física, valorando cualitativamente los resultados de la primera fase de la experiencia; 2) Analizar las opiniones de los estudiantes sobre el proceso formativo seguido y las competencias generales desarrolladas, con objeto de ir mejorando su formación en sucesivas etapas del proyecto.

2.2. Metodología

La primera fase de la experiencia -expuesta en este trabajo- se llevó a cabo durante los cursos 2010-11 y 2011-12 en la asignatura Fundamentos de Física de 1º curso de Ingeniería Eléctrica, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba (España).

Para desarrollar el primer objetivo se impartió, al principio de curso, un seminario de tipo práctico dirigido a explicar la finalidad educativa de los mapas conceptuales y a familiarizar a los alumnos con su elaboración. De esta forma, tras explicar las ideas clave de los temas y realizar en clase diversas tareas de aplicación (resolución de problemas y cuestiones), se les propuso a los alumnos que, con ayuda del profesor, realizaran individualmente mapas conceptuales de los diversos temas del bloque de electricidad.

Tras realizar los primeros mapas individuales, los alumnos formaron grupos de dos o tres personas para reelaborar los mapas individuales, trabajando de forma cooperativa, intercambiando ideas y tratando de alcanzar acuerdos sobre los conceptos y relaciones a incluir en cada mapa.

Al final del proceso, se evaluó la calidad de los mapas conceptuales individuales y grupales, suponiendo entre un 10 y un 20% de la calificación final de la asignatura, dependiendo de que se tratase de trabajos individuales y/o de trabajos realizados en equipo.

Finalmente, para recoger las opiniones de los alumnos sobre esta experiencia de innovación docente, y mejorar la propuesta de trabajo en etapas sucesivas, los participantes han cumplimentado el cuestionario abierto mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1. Cuestionario empleado para conocer las opiniones de los estudiantes

Ítems	Enunciados
Q1	Cómo valoras el uso de mapas conceptuales en el aprendizaje de la Física. Indica que ventajas e inconvenientes has encontrado al realizar individualmente este tipo de mapas.
Q2	¿En qué medida crees que la realización de mapas conceptuales ha contribuido a mejorar el proceso de aprendizaje de la Física?
Q3	¿Qué opinión te merece el software (CmapTools) utilizado para elaborar mapas conceptuales en formato digital? ¿Qué ventajas y qué problemas has encontrado para aprender a utilizar esta herramienta?
Q4	¿Crees que las actividades realizadas en esta innovación educativa contribuyen al desarrollo de algunas de las competencias generales expuestas en la guía docente de esta asignatura? Señala que competencias y en qué medida se han desarrollado en esta experiencia.

2.3. Participantes

En esta primera fase de la experiencia los alumnos han participado de forma voluntaria. Durante el curso 2010-11, 23 estudiantes se implicaron de una forma significativa, llegando a elaborar un total de 56 mapas individuales sobre diversos temas del bloque de electricidad, si bien sólo se formaron tres equipos voluntarios que realizaron un total de 8 mapas grupales. En el curso siguiente, participaron 36 estudiantes, que realizaron 85 mapas individuales y 13 grupales. De esta forma, la muestra de participantes asciende a 59 estudiantes, de una población de estudio constituida por un total de 176 estudiantes matriculados en 1º curso de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Córdoba. La muestra representa a dos tercios, aproximadamente, de los alumnos que hacen un seguimiento razonable de la asignatura y asisten regularmente a las clases.

3. Resultados

3.1. La representación del conocimiento físico mediante mapas conceptuales y su relación con el aprendizaje de la electricidad

A partir de los criterios de evaluación propuestos por otros autores, se ha elaborado un modelo de clasificación de los mapas de los participantes (tabla 2), que nos permite valorar cualitativamente su calidad y clasificarlos en tres niveles de calidad (I, II y III).

Tabla 2: Criterios de clasificación de los mapas conceptuales de los estudiantes

Nivel	Criterios de valoración utilizados
III (Bien)	(i) Los mapas incluyen todos los conceptos importantes del tema. (ii) La organización jerárquica del mapa es adecuada. (iii) Las relaciones entre los conceptos del tema son claras y significativas
II (Aceptable)	(i) Los mapas incluyen la mayoría de conceptos relevantes. (ii) La organización jerárquica del mapa es deficiente. (iii) Algunas relaciones entre los conceptos del tema son poco significativas y algunas ideas están confusas
I (Deficiente)	(i) Los mapas no incluyen todos los conceptos relevantes del tema (hay ausencias importantes. (ii) La organización jerárquica del mapa es poco adecuada. (iii) Muchas relaciones entre conceptos no son significativas. (iv) Se aprecian importantes confusiones, errores y concepciones alternativas

En la tabla 3 se muestran los datos (frecuencias y porcentajes) del conjunto de los mapas individuales, clasificados por nivel de calidad tras haber sido evaluados por tres profesores diferentes y adjudicarles el valor medio de cada nota individual. En términos generales la proporción de mapas deficientes (I), aceptables (II) y buenos (III) en ambos cursos es bastante

parecida, lo que permite agrupar los datos. Pero en el segundo curso observamos una ligera mejora del número de mapas buenos o aceptables, respecto del primer curso, a consecuencia de los comentarios del profesorado relativos a los fallos observados en el curso anterior.

Tabla 3: Mapas individuales y grupales evaluados en esta experiencia

Tipos de mapas	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Individuales (N=141)	58 (41,1%)	47 (33,3%)	36 (25,5%)
Grupales (N=21)	--	9 (42,9%)	12 (57,1%)

Se observa que, aunque los estudiantes universitarios aprenden rápidamente a elaborar mapas conceptuales de forma individual y a utilizar el software CmapTools, muchos alumnos no le dedican el tiempo necesario para poder sintetizar y visualizar el conjunto de relaciones semánticas existentes entre conceptos. Por otra parte, se deduce que los mapas elaborados colaborativamente presentan mayores niveles de calidad que los individuales, aunque su número en esta primera fase de la experiencia es bastante reducido para generalizar este resultado. A modo de ejemplo en la Figura 1 se muestra un mapa sobre circuitos eléctricos de corriente continua, elaborado por un estudiante.

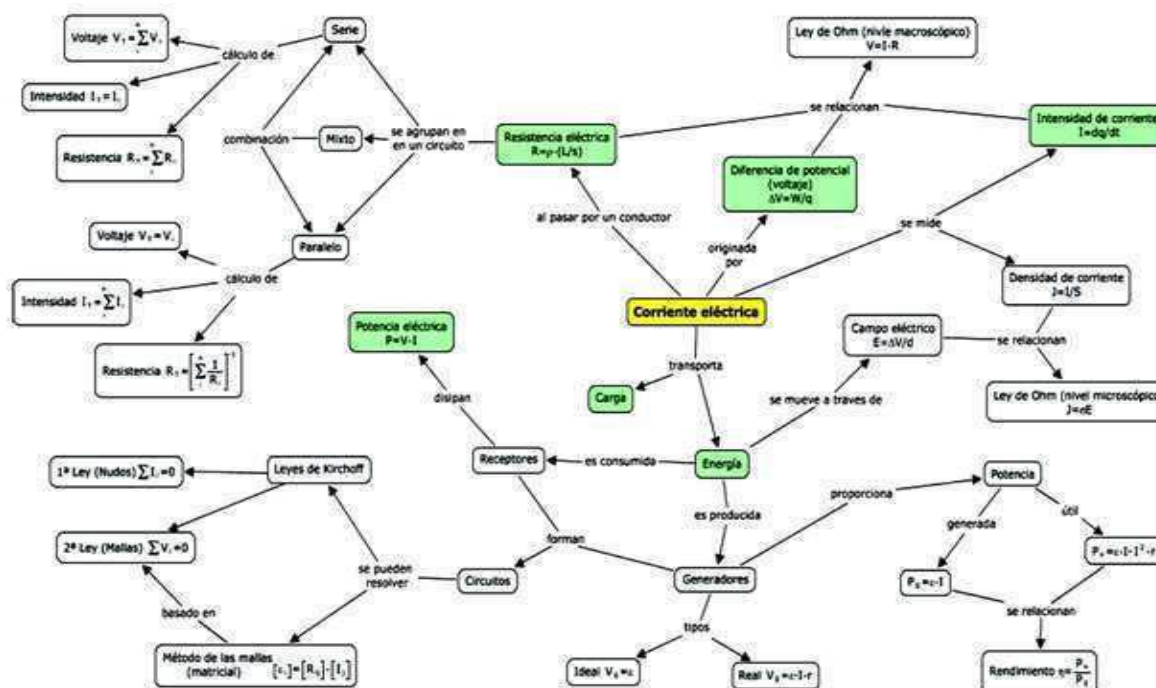


Figura 1. Ejemplo de mapa conceptual (CmapTools)

El citado mapa se ha valorado en el nivel III (bien), porque el alumno incluye y distingue todos los conceptos relevantes del tema (diferenciando los niveles macroscópico y microscópico), los relaciona correctamente desde el punto de vista cualitativo (“la corriente eléctrica transporta carga y energía”) e incluye bastantes relaciones cuantitativas (ley de Ohm, potencia, leyes de Kirchoff,...). Por otra parte entre las proposiciones que se derivan de la lectura textual de este mapa, en general, no se aprecian ideas que puedan considerarse como concepciones alternativas. Tampoco hemos apreciado deficiencias en la técnica de elaboración de este mapa, porque hay una diferencia clara entre conceptos (nodos) y nexos de unión (palabras de enlace).

El análisis de los mapas conceptuales esta la experiencia docente nos lleva a considerar que el desarrollo de tales actividades educativas permite visualizar la estructura cognitiva de los alumnos y detectar deficiencias de aprendizaje. Asimismo, aunque los datos disponibles pueden no ser suficientes para obtener conclusiones finales, se observa de forma incipiente una correlación entre la calidad de los mapas conceptuales individuales de nuestros alumnos y la calificación obtenida en el examen de dicho bloque, especialmente en los contenidos de tipo teórico.

3.2. Opiniones del alumnado sobre la experiencia

A continuación se comentan brevemente los principales resultados obtenidos en la encuesta que los participantes cumplieron voluntariamente sobre el uso de mapas conceptuales y CmapTools en el proceso de aprendizaje de conceptos físicos (tabla 1).

Por lo que respecta a la pregunta Q1, casi tres quintas partes de los encuestados (59,9%) hacen una valoración bastante positiva del uso de mapas conceptuales en Física. Entre las ideas que exponen podemos resaltar que se han sentido “motivados al aprender la técnica”. También señalan que “han experimentado dudas durante el aprendizaje”, destacando que “la elaboración de mapas conceptuales requiere reflexión y esfuerzo intelectual, pero es bueno para aprender”.

En segundo lugar, la mayoría de los encuestados (67,8%) hacen también una valoración positiva de los mapas conceptuales como estrategias de estudio (Q2), ya que no sólo ayudan a “mejorar el aprendizaje de los temas de Física”. Concretamente, indican que “favorecen la organización de la memoria y la recuperación de la información”. Por otra parte, algunos alumnos valoran la “importancia de las sugerencias del profesorado para comprender las deficiencias de los primeros mapas individuales para poder mejorarlos después”.

Respecto al uso de CmapTools como recurso informático para la elaboración de mapas conceptuales (Q3), alrededor de cuatro quintas partes de los participantes encuestados (79,6%) muestran un alto grado de satisfacción sobre la utilización de esta herramienta, señalando ventajas concretas de este software más de la mitad de los encuestados (54'2%), y siendo muy pocos (6,7%) los que apuntan ligeros inconvenientes. Entre las ventajas del programa señalan que: “aunque surgen problemas y dudas al principio, es relativamente fácil aprender a usar CmapTools”, y “los mapas se pueden guardar y ampliar o mejorar después”.

Finalmente, respecto a la contribución de este tipo de actividades y recursos al desarrollo de competencias (Q4), sólo el 64'4% de los encuestados contestan a este asunto y señalan que sí se han desarrollado algunas competencias interesantes como “la capacidad de aprender por uno mismo”, “la capacidad de trabajo en equipo” entre aquellos alumnos que han realizado mapas colaborativos y “el desarrollo de destrezas en el uso de las TIC” gracias al uso de CmapTools.

5. Conclusiones

En este trabajo se describe una innovación didáctica en la educación científica universitaria, orientada a mejorar el proceso de aprendizaje de los conceptos básicos de electricidad en un primer curso de ingeniería y la motivación de los estudiantes por el estudio de la Física mediante la elaboración de mapas conceptuales. Del análisis de tales mapas (141 mapas individuales y 21 grupales) se puede concluir que:

- Los mapas conceptuales individuales que realizan los estudiantes favorecen el aprendizaje significativo de conceptos físicos, pues permiten a los alumnos reflexionar sobre sus dificultades.
- Los mapas conceptuales, si bien suponen un mayor trabajo para el profesorado que ha de valorarlos, constituyen una herramienta de gran interés para mejorar el proceso de evaluación, pues permiten diferenciar entre estudiantes con diferentes niveles de comprensión y visualizar las deficiencias o los avances producidos en el proceso de aprendizaje.

Por otra parte, las opiniones de los participantes sobre algunos aspectos del proceso formativo nos indican que se han desarrollado algunas competencias generales que son útiles como son el trabajo en grupo y el uso de las TIC. En concreto podemos destacar que:

- Los mapas conceptuales elaborados en grupo fomentan la interacción entre el alumnado, favorecen el aprendizaje cooperativo y la capacidad de trabajo en equipo.
- El uso de CmapTools supone una aplicación realista y efectiva de las TIC en la educación científica, ya que fomenta las habilidades comunicativas y favorece la integración de diversos elementos multimedia.
- Igualmente, creemos que contribuye a mejorar la formación del profesorado universitario que ha intervenido en el proyecto de innovación.

Finalmente hemos de indicar que esta experiencia sólo constituye la primera etapa de un proyecto de investigación más amplio, de modo que los resultados obtenidos en esta fase, aunque nos parecen satisfactorios, debemos asumirlos aun con cautela. Para continuar profundizando en esta línea de trabajo, durante la segunda etapa intentaremos mejorar el proceso de evaluación de los mapas conceptuales individuales y trataremos de investigar la relación entre la calidad de tales mapas y otros aspectos del proceso de aprendizaje significativo, como son la comprensión de conceptos fundamentales o la resolución de problemas de Física.

En posteriores etapas trataremos de estudiar con mayor detalle la influencia del trabajo colaborativo en el aprendizaje y en la motivación del alumnado. Al mismo tiempo vamos a diseñar nuevos instrumentos de recogida de opiniones y ampliar el número de participantes, con objeto de obtener conclusiones más útiles para el avance de la investigación sobre la representación del conocimiento y sus aplicaciones en la enseñanza de la Física universitaria.

Referencias

- González, F. M. y Iraizoz, N. (2001). Los mapas conceptuales y el aprendizaje significativo. *Alambique*, 28, 39-51.
- Murga-Menoyo, M.A.; Bautista-Cerro, M.J. y Novo, M. (2011). Mapas conceptuales con Cmap Tools en la enseñanza universitaria de la educación ambiental. Estudio de caso en la UNED. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 047-060.

- Novak, J. D. y Cañas, A. J. (2005). Construyendo sobre Nuevas Ideas Constructivistas y la Herramienta CmapTools para Crear un Nuevo Modelo para la Educación. En <http://www.ihmc.us/>
- Pontes, A. (2012). Representación y comunicación del conocimiento con mapas conceptuales en la formación del profesorado de ciencia y tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 108-125.
- Pontes, A. (2014). Representación del conocimiento físico del alumnado universitario mediante mapas conceptuales elaborados con CmapTools. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. N° 76, pp. 34-42.
- Pontes, A. y Varo, M. (2014). Educative experience about the use of concept mapping in science and environmental teacher training programs. *Journal of Teacher Education for Sustainability*. 16(1), 102-116.