


El uso de Cmaptools en la enseñanza y aprendizaje de modelos científicos: una experiencia educativa en el tema de electrocinética

Alfonso Pontes-Pedrajas^a; Angel Pontes-García^b

^a Dpto. Física Aplicada de la Universidad de Córdoba, apontes@uco.es, 

^b Colab. Honor. Dpto. Informática de la Universidad de Córdoba, angelpontesgarcia@gmail.com

How to cite: Pontes-Pedrajas, A. y Pontes-García, A., 2023. El uso de Cmaptools en la enseñanza y aprendizaje de modelos científicos: una experiencia educativa en el tema de electrocinética. En libro de actas: *IX Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 13 - 14 de julio de 2023. Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2023.2023.16633>

Abstract

This paper describes an educational experience on reflective and collaborative learning of Physics concepts, using concept maps elaborated with the CmapTools program. The experience has been focused on the treatment of the contents of the subject of electric current circuits, in the first year of Engineering. Firstly, the concept maps elaborated by the participants were analyzed in order to use the highest quality maps to discuss in the classroom the complexity of the scientific model of electric current. Secondly, the students' opinions about the experience, collected through a battery of open questions, have been analyzed. When analyzing the results of the experience we observed that the elaboration of concept maps with ICT resources helps students to reflect on the conceptual structure of the scientific models studied in class, favoring the progression of the students' mental models about electric current circuits. We have also observed that the opinions of the participants are quite positive, being able to highlight that the strategies and resources used favor the students' interest and the development of competences in the use of ICT.

Keywords: *Physics teaching, scientific models, electrical circuits, reflective learning, collaborative work, concept mapping, Cmap Tools.*

Resumen

En esta comunicación se describe una experiencia educativa sobre aprendizaje reflexivo y colaborativo de conceptos de Física, en la que se han utilizado mapas conceptuales elaborados con el programa CmapTools. La experiencia se ha centrado en el tratamiento de los contenidos del tema de circuitos de corriente eléctrica, en primer curso de Ingeniería. En primer lugar se han analizado los mapas conceptuales elaborados por los participantes, para utilizar los mapas de mayor calidad para debatir en el aula la complejidad del modelo

científico de corriente eléctrica. En segundo lugar se han analizado las opiniones de los estudiantes sobre la experiencia, recogidas mediante una batería de cuestiones abiertas. Al analizar los resultados de la experiencia observamos que la elaboración de mapas conceptuales con recursos TIC ayuda al alumnado a reflexionar sobre la estructura conceptual de los modelos científicos estudiados en clase, favoreciendo la progresión de los modelos mentales del alumnado en torno a los circuitos de corriente eléctrica. También hemos observado que las opiniones de los participantes son bastantes positivas, pudiendo destacar que las estrategias y recursos utilizados favorecen el interés del alumnado y el desarrollo de competencias en el uso de las TIC.

Palabras clave: *Enseñanza de la Física, modelos científicos, circuitos eléctricos, aprendizaje reflexivo, trabajo colaborativo, mapas conceptuales, Cmap Tools*

1. Introducción y fundamento de la experiencia

En la educación científico-técnica actual se aprecia un avance notable en la aplicación educativa de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), ya que su uso favorece el desarrollo de competencias necesarias para manejarse en la vida cotidiana y se ha demostrado que estas herramientas ayudan a mejorar el proceso de aprendizaje de las ciencias en diferentes aspectos: comprensión de conceptos, simulación de procesos, resolución de problemas, control de variables y contrastación de hipótesis en experiencias virtuales,... (López Quintero *et al.*, 2019).

La valoración del uso educativo de las TIC se ha abordado desde aspectos relativos al qué, al cómo y al para qué de las mismas en las aulas y se ha observado que los resultados no siempre han sido favorables, sobre todo si consideramos las grandes expectativas con las que surgieron creados. Sin embargo, aunque no se hayan alcanzado siempre las metas esperadas, es necesario seguir explorando su utilización efectiva en la educación, considerando que la eficiencia de la aplicación de cualquier recurso depende fundamentalmente del profesorado que lo utilice y de la forma en que lo hace (Trahtemberg, 2004).

En la actualidad nadie duda hoy que las TIC aportan interesantes posibilidades para mejorar la educación, ya que favorecen el acceso inmediato a información de todo tipo, la posibilidad de actualización científica y pedagógica de los educadores, el diseño de materiales didácticos en nuevos soportes que son más accesibles al alumnado y la generación de nuevos recursos (animaciones, simulaciones, entornos de realidad virtual, vídeos...), entre otras muchas ventajas.

Así mismo, en la educación científica las TIC se consideran una vía importante para el desarrollo de competencias y destrezas, pues permiten la creación de situaciones y procesos variados que enriquecen los ambientes donde se desarrolla el aprendizaje de las ciencias (Guzman y Nussbaum, 2009). Por tales razones estamos trabajando, desde hace años, en el diseño y aplicación de propuestas metodológicas que permitan experimentar y evaluar la potencialidad del uso de las TIC en la educación científica universitaria y en la formación inicial del profesorado (Pontes, 2019). En la experiencia que mostramos en este trabajo nos hemos centrado en tratar de mejorar el proceso de aprendizaje de estudiantes de Ingeniería, mediante la elaboración de mapas conceptuales en la enseñanza de la Física, usando recursos digitales accesibles en internet y de fácil manejo.

Los mapas conceptuales constituyen un modelo de representación del conocimiento que ayuda a identificar los conceptos más importantes, las relaciones entre ellos, la forma de organización jerárquica según su dificultad o importancia... y, además, permiten construir una imagen mental de lo que estamos procesando. Por tanto, pueden utilizarse por el profesor a la hora de estructurar la información sobre un tema o pueden servir como estrategia de aprendizaje para los alumnos al estudiar un tema concreto (Moyses, Rivet & Fahlman, 2010; Martínez et al., 2013). El uso educativo de los mapas conceptuales se fundamenta en la teoría del aprendizaje significativo y en el enfoque educativo constructivista (Novak y Cañas, 2005; Guruceaga y González, 2011), ya que tales representaciones ayudan a visualizar los esquemas mentales de los alumnos sobre cualquier tema y analizar su evolución o reestructuración a medida que avanza el proceso formativo.

Desde esta perspectiva, el uso de mapas conceptuales se puede relacionar con varias líneas de trabajo derivadas del enfoque constructivista en la educación científica, como son la enseñanza-aprendizaje basada en modelización y los estudios sobre los procesos de cambio conceptual, en torno al uso de estrategias docentes que favorecen la progresión de las ideas previas, o la evolución de los modelos mentales de los estudiantes en cualquier tema del currículo (Oliva, 2019). La conexión entre el uso didáctico de mapas conceptuales y la progresión de los modelos mentales de los estudiantes presenta un especial interés en el tema de electrocinética, ya que las concepciones previas del alumnado sobre el funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente continua presentan una notable resistencia al cambio a través de la enseñanza tradicional en diferentes niveles educativos (Metioui *et al.*, 1996; Pontes y Pro, 2001; Mei-Hung y Jing-Wen, 2005).

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 en los que se estudia la electricidad, por ejemplo a lo largo de la ESO, sería importante que los alumnos llegaran a adquirir conocimientos adecuados y construir ideas coherentes sobre las características del modelo básico de corriente eléctrica. En un nivel más avanzado de enseñanza de la electricidad, por ejemplo en bachillerato o primer curso de universidad, sería necesario que los estudiantes profundicen en la comprensión del modelo avanzado de corriente eléctrica incorporando nuevas ideas relacionadas con las características que se han descrito en un trabajo anterior (Pontes, 2017).

Con el fin de ayudar a los alumnos a superar las dificultades de aprendizaje del modelo de corriente eléctrica se han formulado, desde hace tiempo, diferentes propuestas metodológicas basadas en el enfoque educativo constructivista y que ponen el acento en la necesidad de realizar actividades de enseñanza y aprendizaje orientadas a favorecer la progresión de los modelos mentales de los estudiantes (Zeynep & Ibilge, 2011; Balta, 2015; Oliva, 2019). La mayoría de tales propuestas se relacionan con el uso de analogías, simulaciones y otros recursos TIC (como vídeos, realidad virtual o aumentada,...). Sin embargo, se ha prestado poca atención al uso de mapas conceptuales como instrumentos de reflexión y representación del conocimiento del alumnado en torno a los modelos científicos que se utilizan para explicar los fenómenos físicos del ámbito de la electricidad (Pontes, López-Quintero y Varo, 2016; Pontes, 2020).

En nuestra opinión, los mapas conceptuales constituyen una estrategia de aprendizaje individual y colaborativo, que puede favorecer notablemente la construcción de conocimientos significativos entre los alumnos y también permiten hacer estudios comparativos entre la representación del conocimiento que muestran diferentes tipos de estudiantes en torno a los modelos científicos que se utilizan en la enseñanza de la Física, como es el caso del modelo de corriente eléctrica que presenta notables dificultades de aprendizaje significativo para estudiantes de diversos niveles (Pontes, 2020). Por tales motivos, llevamos

varios años trabajando en un proyecto de utilización de recursos TIC para elaborar mapas conceptuales (en soporte digital), que permitan a los estudiantes universitarios representar (de forma individual y grupal) el conocimiento sobre los modelos científicos que se usan en los diversos temas de Física, sintetizar las relaciones entre los conceptos principales de cada tema, fomentar la reflexión y tratar de investigar la evolución del conocimiento previo del alumnado a través del proceso educativo (Guruceaga y González, 2011).

Para representar el conocimiento del alumnado mediante mapas conceptuales, elaborados con recursos informáticos, usamos el software libre CmapTools (Novak y Cañas, 2005; Murga-Menoyo et al., 2011). Este programa ofrece la posibilidad de construir, guardar y modificar mapas conceptuales de una manera sencilla, pudiendo agregar recursos digitales de todo tipo (documentos, imágenes, vídeos, enlaces web,...) para enriquecer el contenido digital de los mismos. También permite a los usuarios colaborar a distancia en su construcción, publicarlos para que cualquier persona pueda acceder a ellos en Internet y hacer búsquedas en páginas web relacionadas con dichas representaciones.

En varios estudios anteriores sobre el uso de CmapTools en el aprendizaje del tema de circuitos eléctricos hemos realizado una primera experiencia donde los estudiantes realizaron mapas conceptuales de síntesis de dicho tema tras su estudio en clase y se analizó, mediante una rúbrica, la calidad de sus representaciones, pudiendo observar que existe una correlación positiva entre el rendimiento del alumnado en la prueba de examen y la calidad de los mapas elaborados por cada estudiante (Pontes et al., 2016). En una segunda experiencia se realizó un estudio basado en un estrategia similar, pero se evaluó el conocimiento previo de los estudiantes sobre los circuitos eléctricos, con una prueba de diez cuestiones abiertas, observando una evolución positiva de los modelos mentales del alumnado tras el desarrollo de la experiencia de aprendizaje con mapas conceptuales (Pontes, 2020). En este trabajo, trataremos de avanzar en esta temática profundizando en el papel que pueden desempeñar los mapas conceptuales colaborativos para reflexionar en el aula, sobre el modelo de corriente eléctrica, valorando también las opiniones del alumnado tras el desarrollo de la experiencia.

2. Objetivos

La finalidad global de este trabajo consiste en utilizar los mapas conceptuales como recursos para mejorar el aprendizaje del modelo científico de corriente eléctrica. Dentro de esta temática nos planteamos los siguientes fines específicos:

- Utilizar los mapas conceptuales elaborados por los participantes, tanto a nivel individual como grupal, como recursos para debatir en el aula la complejidad del modelo científico de corriente eléctrica y tratar de favorecer la evolución de los modelos mentales del alumnado sobre esta temática.
- Analizar las opiniones de los estudiantes sobre la experiencia, recogidas mediante una batería de cuestiones abiertas.

3. Metodología y desarrollo de la innovación educativa

Un aspecto importante del proyecto que estamos desarrollando se relaciona con la necesidad de mejorar la participación y la motivación del alumnado en el aprendizaje de la Física. Por ello hemos realizado algunas

experiencias previas (Pontes et al. 2016) que nos permiten considerar que los mapas conceptuales, elaborados con CmapTools, son recursos muy útiles para explicar las relaciones internas entre los conceptos de un tema y permiten desarrollar actividades de reflexión individual y trabajos colaborativos a la hora de estudiar el tema de los circuitos eléctricos, observando que el trabajo realizado en grupo y la exposición pública de mapas compartidos resulta una actividad motivadora para nuestro alumnado. Por ello hemos tratado de avanzar, en esta nueva experiencia sobre el tema, analizando las diferencias de representación del conocimiento de aprendices y expertos, a través de los mapas conceptuales elaborados en el proceso educativo.

Esta innovación metodológica se ha desarrollado en el bloque de contenidos de Electricidad de la asignatura Fundamentos Físicos de la Ingeniería II (FFI2), impartida en el 2º cuatrimestre del 1º curso del Grado de Ingeniería Eléctrica, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba (EPSC). En esta experiencia formativa se aborda la representación del conocimiento en el aprendizaje del tema de electrocinética (circuitos de corriente continua) mediante mapas conceptuales, usando una metodología de enseñanza activa y colaborativa, implementada a partir de un programa-guía de actividades (Pontes, 2020). Tras aprender a elaborar mapas conceptuales individuales en un seminario impartido por el profesorado al inicio de la asignatura y utilizar la herramienta CmapTools para presentar los mapas en formato digital, los alumnos deben elaborar un mapa individual al finalizar cada tema y también pueden presentar de forma voluntaria un mapa cooperativo realizado por dos o tres alumnos que trabajan en grupo. Tales mapas se remiten al profesor a través de la plataforma Moodle de enseñanza virtual. En el apartado de resultados se muestran varios ejemplos de los mapas elaborados durante el desarrollo del tema de electrocinética.

La muestra de alumnado que ha participado en esta tercera experiencia estaba formada inicialmente por 74 estudiantes, inscritos en dos grupos de la citada asignatura (FFI2), pero para este estudio se han recogido datos de una muestra formada sólo por 59 estudiantes del citado curso (8 chicas y 51 chicos, con una edad media de 19,6 años), que han participado en el desarrollo de la innovación educativa con mapas conceptuales y han realizado las diversas tareas propuestas por el profesorado. La participación en la experiencia era voluntaria, pero tenía la compensación de añadir un punto sobre diez en la nota final de la asignatura a cada participante.

Durante el proceso educativo el profesorado ha ido valorando la calidad de los mapas conceptuales elaborados por el alumnado y esta valoración ha contribuido a mejorar la calificación de los participantes en la asignatura. Los criterios de evaluación fueron parecidos a los de otras experiencias educativas similares (Murga-Menoyo et al, 2011): el número de conceptos incluido, la relevancia de estos dentro de las ideas clave del tema, la organización jerárquica de los mismos y el número de relaciones de enlace entre los conceptos. Con este fin se ha usado una rúbrica de evaluación de la calidad de los mapas elaborados por los participantes que recoge en la tabla 1.

El modelo de clasificación de los mapas de los participantes (mostrado en la Tabla 1), que se ha utilizado también en una experiencia anterior (Pontes *et al.*, 2016), nos ha permitido valorar cualitativamente su utilidad como instrumentos de representación del conocimiento sobre el tema de corriente eléctrica y clasificarlos en tres niveles de calidad (Bien-III, Aceptable-II y Deficiente-I), que se comentan con mayor detalle en la sección de resultados.

Por otra parte, a diferencia de las experiencias anteriores sobre esta temática (Pontes *et al.*, 2016; Pontes, 2020), en esta innovación hemos dedicado una clase final de repaso del tema en la que hemos utilizado algunos de los mapas conceptuales de mayor calidad (nivel III), para exponerlos en el aula mediante su proyección en pantalla y pedir a los autores de tales mapas que expliquen su visión global del tema.

Tabla 1. Rubrica de evaluación de los mapas conceptuales elaborados en la experiencia

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

Finalmente, los participantes en la experiencia fueron encuestados para recoger sus opiniones sobre diversos aspectos relacionados con el desarrollo de la experiencia. Para ello se ha utilizado una batería breve de cuestiones abiertas, similar a la utilizada en un trabajo anterior sobre el uso de CmapTools en la enseñanza de la Física universitaria (Pontes *et al.*, 2016), que ha resultado útil para juzgar el desarrollo de esta experimentación y tratar de mejorar la propuesta metodológica en etapas sucesivas.

Las cuestiones planteadas han sido las siguientes: (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 qué competencias y en qué medida se han desarrollado en esta experiencia.

4. Resultados

A continuación se van a analizar, en primer lugar, los tipos de mapas conceptuales elaborados por los participantes, tanto a nivel individual como grupal, valorando su calidad para realizar debates en el aula y favorecer la evolución de los modelos mentales del alumnado sobre el tema de electrocinética. En segundo lugar se van a analizar los resultados de las opiniones de los estudiantes sobre la experiencia, recogidas mediante una batería de cuestiones abiertas que se han mostrado anteriormente.

4.1. Representación del conocimiento individual y grupal sobre electrocinética mediante mapas conceptuales

Tras valorar la calidad de los mapas conceptuales individuales y grupales elaborados por los estudiantes que han participado en esta experiencia, se aprecian resultados parecidos a los obtenidos en una experiencia anterior (Pontes *et al.*, 2016), ya que alrededor de dos quintas partes de los trabajos pueden valorarse como mapas de nivel I, un tercio de los mapas se han valorado como trabajos de nivel II y el resto de los trabajos,

que integran una cuarta parte del conjunto, pueden considerarse como mapas conceptuales de nivel III, ya que incluyen todos los conceptos importantes del tema en una organización jerárquica adecuada y recogen los aspectos esenciales del modelo científico de corriente eléctrica.

En la figura 1 se muestra un ejemplo de mapa conceptual individual, elaborado por un estudiante para sintetizar su visión global del tema, que nos parece es interesante por la capacidad de síntesis mostrada tras el proceso de aprendizaje, incluyendo también algunas relaciones físico-matemáticas que son útiles para ampliar a la descripción del modelo científico de corriente eléctrica. Este tipo de mapas puede considerarse como una representación cognitiva de nivel III o de calidad alta, según la rúbrica de evaluación utilizada en una experiencia anterior (Pontes *et al.*, 2016).

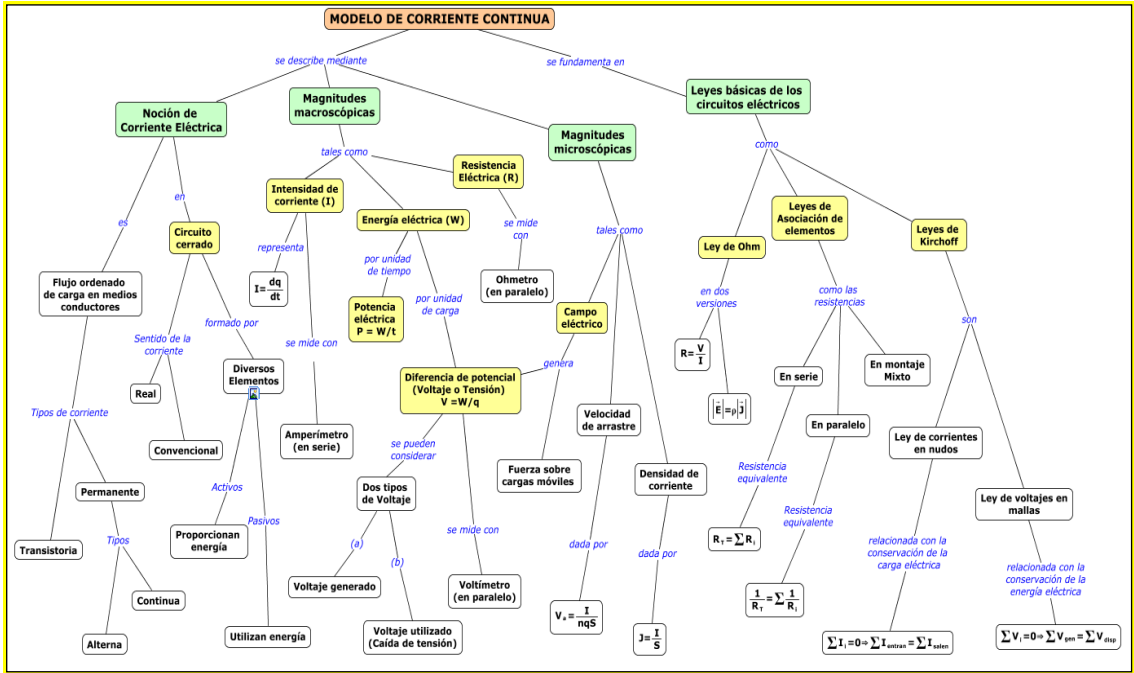


Fig. 1 Ejemplo de mapa conceptual individual sobre el tema de circuitos eléctricos

A continuación se describe un ejemplo de mapa conceptual grupal (MCG), elaborado en colaboración por dos alumnos que han tratado de sintetizar su visión conjunta del tema de circuitos eléctricos, mostrando una red semántica más amplia que la del caso anterior. La calidad del mapa MCG también es muy buena (nivel III), pero incluye numerosas ideas y relaciones internas entre la mayoría de los conceptos desarrollados en el tema de circuitos eléctricos, de modo que el mapa global inicial resultaba muy extenso y poco adecuado para utilizarlo como recurso de comunicación en la clase de revisión final. Por ello se ha pedido a los estudiantes que procedan a desglosar el mapa inicial en cuatro partes más específicas que se muestran en las figuras 2, 3, 4 y 5 con objeto de proyectarlas en la pantalla y comentarlas en clase, a nivel de gran grupo.

En la figura 2 se muestra la primera parte del citado mapa colaborativo, que se centra en representar las relaciones internas entre los conceptos relacionados con la noción general de corriente eléctrica y las magnitudes macroscópicas y microscópicas que se utilizan para explicar el funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente continua.

El uso de Cmaptools en la enseñanza y aprendizaje de modelos científicos: una experiencia educativa en el tema de electrocinética

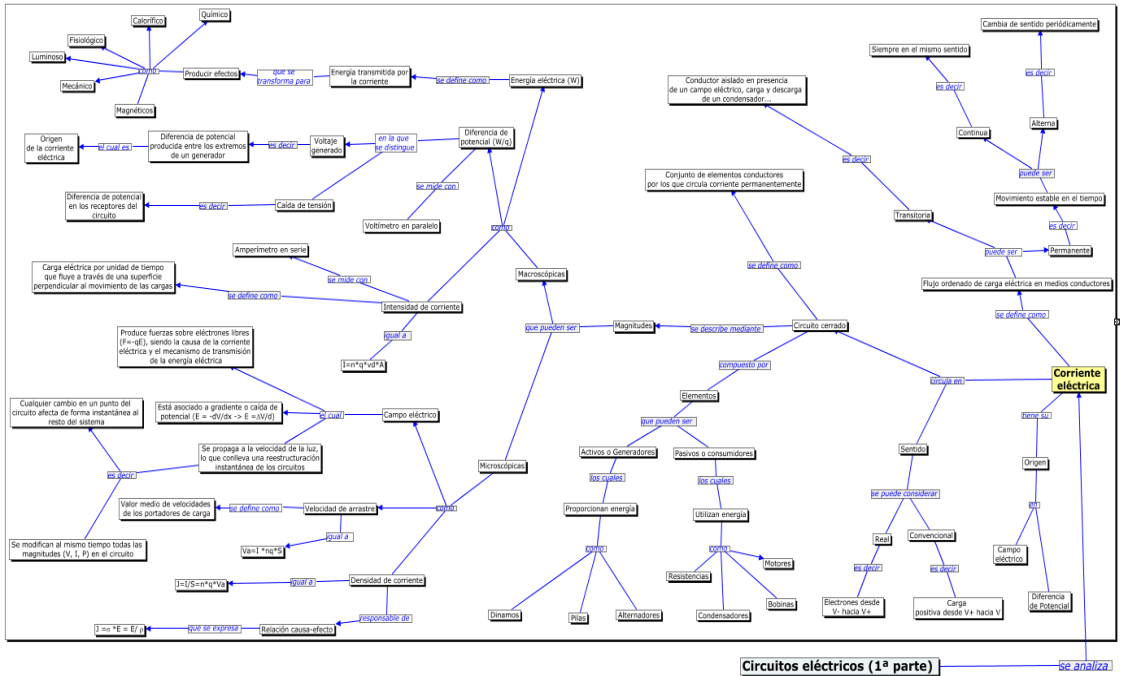


Fig.2: Primera parte del mapa conceptual colaborativo

En la figura 3 se muestra la segunda parte del citado mapa colaborativo, que se centra en mostrar las relaciones internas entre los conceptos relacionados con la noción de energía eléctrica y las transformaciones energéticas en los circuitos eléctricos.

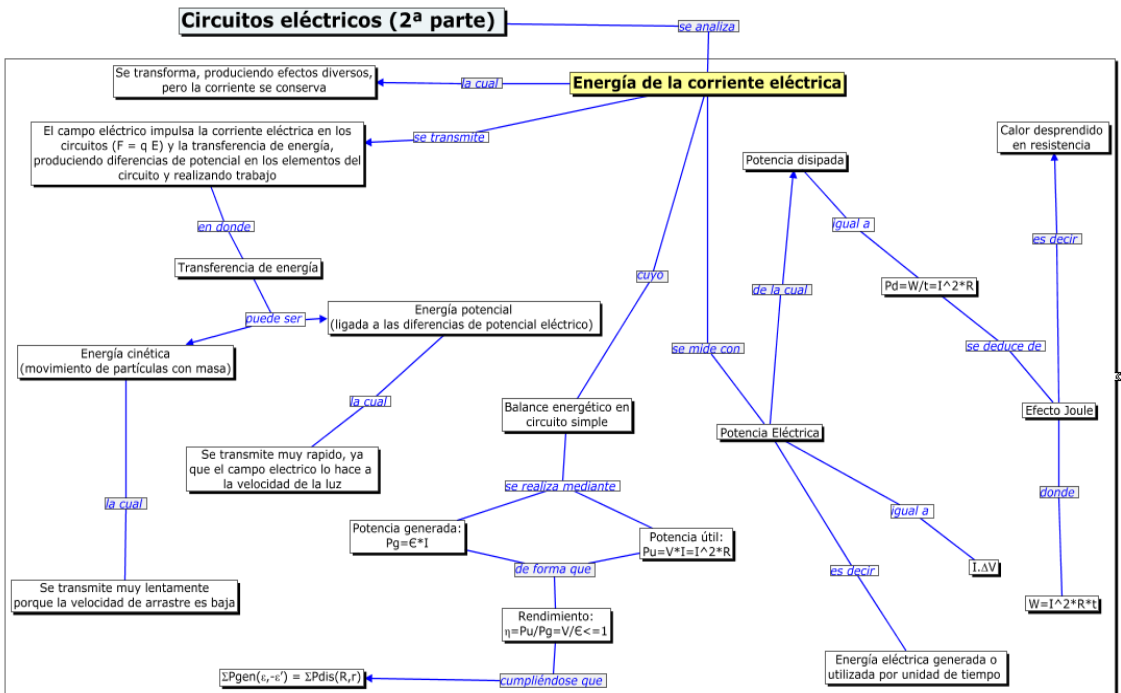


Fig.3: Segunda parte del mapa conceptual colaborativo

En la figura 4 se muestra la tercera parte del citado mapa colaborativo, que se centra en describir las relaciones internas entre los conceptos relacionados con dos importantes elementos de los circuitos eléctricos como son el generador y las resistencias.

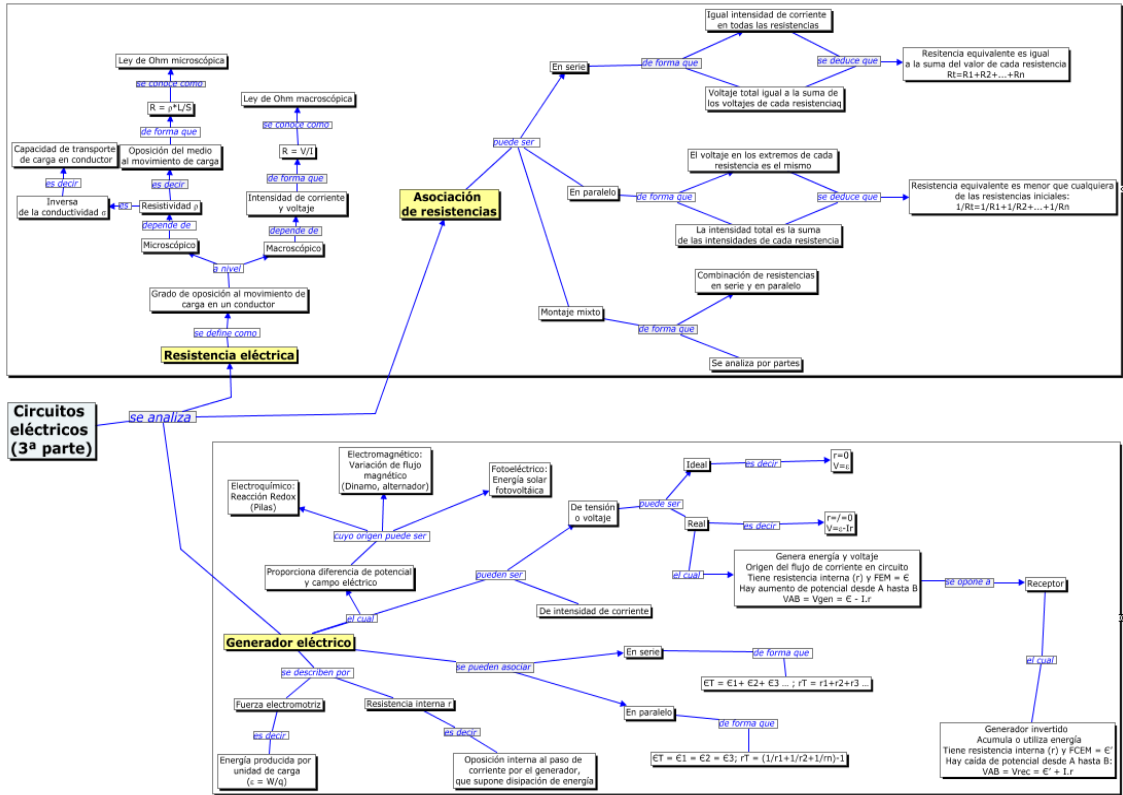


Fig. 4: Tercera parte del mapa conceptual colaborativo

En la figura 5 se muestra la cuarta y última parte del citado mapa colaborativo, en la que se representan contenidos del tema relacionados con las leyes de Kirchoff y el régimen transitorio de un circuito de corriente continua integrado por un generador, una resistencia y un condensador conectados en serie.

Ya se ha comentado que al finalizar el tratamiento del tema se ha organizado una sesión de repaso en el que se han proyectado en primer lugar varios mapas conceptuales individuales, solicitando a sus autores que expliquen su visión global del tema. Después se ha abierto un debate, a nivel del gran grupo de clase, destinado a analizar las diferencias entre tales tipos de mapas y comentar las posibles deficiencias cognitivas o las aportaciones que puedan servir para mejorar la comprensión del modelo científico de corriente eléctrica. Se ha observado que los mapas individuales suelen hacer una representación bastante sintética del modelo científico de corriente eléctrica, sin abordar la representación de algunos aspectos que pueden ser importantes para la comprensión de dicho modelo.

Después se ha expuesto en clase un ejemplo de mapa colaborativo, para ilustrar las ventajas educativas del trabajo en grupo. Por lo general, los mapas grupales tienden a ser más extensos lo cual puede ser un inconveniente para la comunicación si se proyectan de forma completa, por ello aconsejamos a los estudiantes representar las diversas partes del modelo global en un conjunto de mapas más específicos, donde se muestran con mayor detalle y profundidad las numerosas relaciones internas entre los todos los

conceptos que integran este modelo científico. Para analizar las relaciones internas, expresadas en tales mapas, se ha pedido a los alumnos del grupo que expongan ante el resto de la clase su visión del contenido científico de tales representaciones. Esta actividad didáctica ha servido para realizar una revisión global del tema, abriendo algunos debates interesantes sobre las ideas más relevantes del modelo de corriente eléctrica y se han aclarado las dudas que pudieran quedar en torno a este tema.

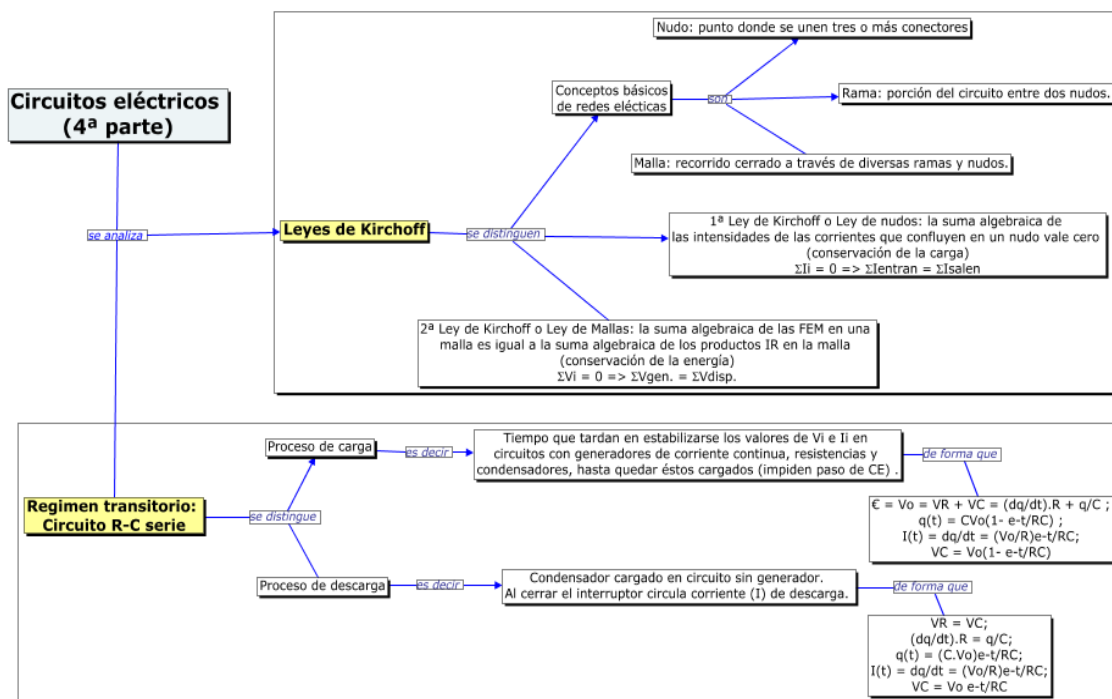


Fig.5: Cuarta parte del mapa conceptual colaborativo

En el apartado de metodología se han definido los criterios de evaluación cualitativa de la calidad de los mapas conceptuales que se comentan en esta experiencia (Tabla 1). Por limitaciones de espacio no es posible desarrollar de forma extensa el análisis de resultados de este complejo proceso de evaluación, que será abordado de forma exhaustiva en un trabajo posterior más específico. Pero aquí podemos adelantar un breve resumen de tales resultados.

(A) En relación con los mapas individuales, todos los participantes han entregado un mapa, de modo que se han evaluado 59 trabajos de este tipo, que han sido valorados de la forma siguiente:

- En el nivel inferior (I) tales mapas no incluyen todos los conceptos relevantes del tema, También se aprecian ausencias de ideas importantes o se expresan claramente confusiones, errores y modelos metales de carácter alternativo. Dos quintas partes, aproximadamente, de los mapas individuales evaluados en la experiencia se han registrado en esta categoría.
- En el nivel medio (II) los mapas individuales incluyen la mayoría de conceptos relevantes del tema, aunque la organización jerárquica del mapa es algo deficiente y se observan algunas

relaciones conceptuales poco significativas o se aprecian algunas ideas confusas. En esta categoría se han registrado algo más de un tercio de los mapas individuales evaluados en la experiencia.

- En el nivel superior (III) los mapas individuales de los alumnos incluyen todos los conceptos importantes del tema, mostrando una organización jerárquica adecuada y se observa que las relaciones entre los conceptos del tema son claras y significativas, de modo que se recogen los aspectos esenciales del modelo científico de corriente eléctrica, como puede observarse en el ejemplo mostrado anteriormente en la Figura 1. Alrededor de una cuarta parte de los mapas individuales desarrollados por los estudiantes se han incluido en esta categoría.

(B) En relación con los mapas colaborativos, elaborados en pequeños grupos, en esta experiencia se han recogido solamente 12 trabajos voluntarios del tema de circuitos eléctricos, que se han valorado de la forma siguiente: Nueve trabajos (75 %) se han incluido en la categoría III y tres en la categoría II (25 %). En general, se puede considerar que la calidad media de los mapas colaborativos es bastante buena, destacando en particular el ejemplo de MCG desglosado en las figuras 2, 3, 4 y 5, que podría considerarse una representación amplia y bastante acertada del modelo científico de corriente eléctrica, en torno al tema de circuitos de corriente continua.

4.2. Valoración de la experiencia a través de las opiniones del alumnado

El segundo objetivo de este trabajo consiste en analizar las opiniones de los estudiantes sobre la experiencia, recogidas mediante una batería de cuestiones abiertas, sobre el uso de mapas conceptuales y CmapTools en el proceso de aprendizaje de los modelos científicos de la Física, que se han expuesto en el apartado de metodología. Han completado de forma voluntaria esta encuesta 53 sujetos, que representan casi el 90% de la muestra experimental. Por limitaciones de espacio, en este trabajo no es posible desarrollar de forma extensa el tratamiento de los datos recogidos en torno a este objetivo, que se analizarán con mayor detalle en un trabajo posterior más específico, pero podemos adelantar una síntesis de los principales resultados.

Al preguntarles a los estudiantes en la primera cuestión cómo valoraban el uso de mapas conceptuales en el aprendizaje de la Física y pedirles que señalaran las ventajas e inconvenientes que habían encontrado al realizar individualmente los mismos, la mayoría de los participantes (57,7 %) hacen una valoración bastante positiva, indicando que se han sentido motivados al aprender a elaborar mapas conceptuales y encuentran su elaboración como una actividad interesante. Muchos de estos estudiantes señalan que es importante la práctica reiterada en realizar mapas y tener paciencia hasta conseguir un buen producto. Otros indican que han experimentado dudas y confusiones durante el aprendizaje de esta técnica, o que les cuesta cierto trabajo seleccionar los conceptos y las ideas principales de un tema. También consideran algunos alumnos que lo más difícil es sintetizar y estructurar el conocimiento que se desea representar en forma de mapa conceptual.

En la segunda cuestión se pregunta a los estudiantes si creen que la realización de mapas conceptuales ha contribuido a mejorar el proceso de aprendizaje de la Física. La mayoría de los sujetos encuestados (63,5 %) consideran que los mapas conceptuales mejoran bastante la comprensión de los contenidos de un tema y sirven como técnica de estudio, muchos también creen que favorecen la organización de la memoria y la recuperación de la información, mientras otros estudiantes piensan que los mapas conceptuales de Física requieren esfuerzo pero ayudan a relacionar conceptos, aclarar las ideas o a diferenciar bien unos conceptos de otros. Muchos de estos alumnos valoran la importancia de las críticas o sugerencias del profesorado para comprender las deficiencias de los primeros mapas individuales y poder mejorarlos después. Algunos estudiantes también opinan que la elaboración de mapas conceptuales requiere reflexión y esfuerzo intelectual, pero es bueno para comprender mejor los conceptos y modelos científicos. En general casi todos

los participantes consideran que esta experiencia educativa ha sido útil, porque ha mejorado el aprendizaje de los temas de Física y creen que podrían utilizar esta técnica para estudiar otras materias de la carrera.

La tercera cuestión planteada se refería al uso de CmapTools como recurso informático para la elaboración de mapas conceptuales en formato digital, pidiendo a nuestros alumnos que indicaran las principales ventajas o utilidades de dicho recurso. En esta cuestión la gran mayoría de los sujetos encuestados (80,8 %) muestran un alto grado de satisfacción, señalando que -aunque surgen problemas y dudas al principio- resulta relativamente fácil aprender a usar CmapTools en la elaboración de mapas digitales. Otros destacan la gran ventaja de estos mapas es que se pueden guardar, ampliar o mejorar su organización después. Algunos también apuntan como cualidad interesante la posibilidad de agregar otros recursos digitales como textos, imágenes o vídeos a los conceptos de un mapa. Algunos comentan que los dibujos, colores y formas usados en los mapas de CmapTools hacen que la información resulte visualmente más útil.

En la última cuestión de la encuesta les preguntamos a los estudiantes si creían que las actividades realizadas contribuían al desarrollo de algunas competencias generales expuestas en la guía docente de la asignatura. En este caso observamos que la mayoría de los participantes (59,6 %) también consideran que el uso de CmapTools favorece bastante el desarrollo de destrezas en el uso de las TIC y quienes han realizado mapas colaborativos señalan que la experiencia ha servido para fomentar la capacidad de trabajo en equipo. Algunos estudiantes también asumen que el diseño de mapas conceptuales por parte de los alumnos favorece la capacidad de aprender por uno mismo.

Estos resultados sobre las opiniones de los estudiantes presentan un notable grado de convergencia con los datos obtenidos, mediante una encuesta similar, en experiencias anteriores sobre el uso de mapas conceptuales en la enseñanza universitaria de la Física (Pontes *et al.*, 2016; Pontes, 2020).

5. Conclusiones

En este trabajo hemos seguido profundizando en la línea de investigación educativa emprendida en estudios anteriores sobre el uso de CmapTools en el aprendizaje del tema de circuitos eléctricos. En una primera experiencia sobre el tema los estudiantes realizaron mapas conceptuales de síntesis de dicho tema tras su estudio en clase y se analizó, mediante una rúbrica, la calidad de sus representaciones, pudiendo observar que existe una correlación positiva entre el rendimiento del alumnado en la prueba de examen y la calidad de los mapas elaborados por cada estudiante (Pontes *et al.*, 2016). En una segunda experiencia se desarrolló una estrategia educativa y se evaluó el conocimiento previo de los estudiantes sobre los circuitos eléctricos, con una prueba de diez cuestiones abiertas, observando una evolución positiva de los modelos mentales del alumnado tras el desarrollo de la experiencia de aprendizaje con mapas conceptuales (Pontes, 2020). En esta tercera experiencia hemos avanzado en esta temática introduciendo una actividad final de comunicación en el aula, para mostrar las diferencias entre los mapas conceptuales individuales y los de tipo colaborativo. También se ha utilizado la exposición en público de tales mapas para reflexionar sobre las dificultades de aprendizaje del modelo de corriente eléctrica y fomentar la evolución de los modelos mentales del alumnado. Finalmente se han valorado, de forma cualitativa, las opiniones del alumnado tras el desarrollo de la experiencia.

En relación con el primer objetivo de este estudio hemos observado que los mapas conceptuales constituyen una estrategia de aprendizaje individual y colaborativo, que puede favorecer notablemente la construcción de conocimientos significativos entre los alumnos y mejorar la comunicación educativa entre profesores y

alumnos. Tales mapas pueden utilizarse como recursos docentes de primer orden para representar el conocimiento sobre un tema, explicar relaciones entre los conceptos del mismo, fomentar la metacognición mediante actividades de reflexión sobre la complejidad de los modelos científicos e investigar la progresión de los modelos mentales del alumnado tras el proceso educativo.

Con relación al segundo objetivo, tras analizar las opiniones del alumnado sobre la experiencia mediante varias cuestiones abiertas, consideramos que los participantes han mostrado una valoración positiva de la innovación metodológica realizada y de los recursos utilizados por parte de quienes han participado, lo cual coincide con resultados recogidos en otros estudios relacionados con el uso de mapas conceptuales y de CmapTools en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la ciencia (Murga-Menoyo *et al.*, 2011; Nousiainen, 2012).

Los resultados obtenidos en torno a la evaluación de la calidad de los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes y en torno a sus opiniones sobre el desarrollo de la experiencia son convergentes con los obtenidos en anteriores estudios sobre esta temática (Pontes *et al.*, 2016; Pontes, 2020), aunque cabe destacar la mejora en el nivel de algunos mapas colaborativos que se aproximan bastante a la representación del conocimiento de profesores expertos en el tema. En trabajos posteriores trataremos de extender esta metodología de trabajo al estudio de otros temas de Física y a la formación de estudiantes de postgrado.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los siguientes proyectos de investigación: Proyecto IMEPREMEC sobre “*Implicación de los estudiantes en prácticas reflexivas de modelización en la enseñanza de las ciencias*”, financiado por el Plan Nacional de I+D+i (EDU 2017-82518-P, periodo 2018-2022) y Proyecto EACEM sobre “*La enseñanza-aprendizaje de las ciencias desde enfoques de modelización: del aula de ciencias a la formación del profesorado*”, pendiente de aprobación por el Plan Nacional de I+D+i (periodo 2023-2026).

Referencias Bibliográficas

- Balta, N. (2015). Development of 3-D Mechanical Models of Electric Circuits and Their Effect on Students' Understanding of Electric Potential Difference. *European Journal of Physics Education*, 6(19), pp.15-24
- Gimenez, J. & Thondhlana, J. (2012). Collaborative writing in engineering: Perspectives from research and implications for undergraduate education. *European Journal of Engineering Education*, 37 (6), pp. 471-487.
- Guruceaga, A. y González, F. (2011). Un módulo instruccional para un aprendizaje significativo de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(2), pp.175-190.
- Guzman, A. y Nussbaum, M. (2009). Teaching Competencies for Technology Integration in the Classroom. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(5), pp.453-469
- López Quintero, J.L., Pontes, A. & Varo, M. (2019). Las TIC en la enseñanza científico-técnica hispanoamericana: Una revisión bibliográfica. *Digital Education Review*, 35, pp. 229-243.
- Martinez, G., Perez, A. L., Suero, M. I. & Pardo, P. J. (2013). The Effectiveness of Concept Maps in Teaching Physics Concepts Applied to Engineering Education: Experimental Comparison of the Amount of Learning Achieved with and without Concept Maps. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), pp. 204-214.

- 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), pp. 429-464
- Metioui, A., Brassard, C., Levasseur, J. y Lavoie, M. (1996). The persistence of students' unfunded beliefs about electrical circuits: the case of Ohm's law. *International Journal of Science Education*, 18 (2), pp.193-212.
- Moyses, D. D., Rivet, J. L. & Fahlman, B.D. (2010). Using Concept Maps to Teach a Nanotechnology Survey Short Course. *Journal of Chemical Education*, 87(3), pp. 285-290.
- 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), pp. 047-060.
- Nousiainen M. (2012). Making concept maps useful for physics teacher education: analysis of epistemic content of links. *Journal of Baltic Science Education*, 11(1), pp.29-42.
- 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/>
- Oliva, J.M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), pp.5-24.
- 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), pp.103-122.
- Pontes, A., López-Quintero, J.L., Varo, M. (2016). El uso de CmapTools en la enseñanza y el aprendizaje de la Física. *Actas del 1º Congreso Virtual Internacional de Educación, Innovación y TIC* (pp. 564-573). Redine: Madrid.
- Pontes, A. (2017). El uso de simulaciones interactivas para comprender el modelo de corriente eléctrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(Nº Extra), pp. 4371-4377.
- Pontes, A. (2019). Recursos TIC para la innovación educativa en la enseñanza de la Física universitaria. *Proceedings Book: III International Seminar of Science Education* (pp.253-259). Oporto: U.Porto Edições.
- Pontes, A. (2020). Una experiencia con mapas conceptuales y CmapTools sobre aprendizaje de modelos físicos. En E. López-Meneses, D. Cobos, L. Molina, A. Jaén y A.H. Martín (Eds.) *Claves para la Innovación Pedagógica ante los nuevos retos: Respuestas en la vanguardia de la práctica educativa*, (pp. 3173-3182). Barcelona: Octaedro.
- Trahtemberg, L. (2004). El impacto previsible de las nuevas tecnologías en la enseñanza y la organización escolar. *Revista Iberoamericana de Educación*. 24, pp.37-62
- 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), pp. 320-329.