



Representación del conocimiento físico del alumnado universitario con ayuda de CmapTools

Alfonso Pontes
Universidad de Córdoba

En este trabajo se describe la primera parte de una innovación didáctica en la educación científica universitaria, orientada a fomentar la aplicación educativa de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la capacidad para reflexionar sobre el conocimiento científico que van construyendo los alumnos. La innovación se ha basado en la utilización de mapas conceptuales, elaborados con el software CmapTools, durante el proceso de aprendizaje del bloque de electromagnetismo en la asignatura de fundamentos físicos de la ingeniería. Los primeros resultados de esta innovación indican que tales actividades fomentan el aprendizaje significativo porque permiten a los estudiantes representar su propio conocimiento y reflexionar sobre sus deficiencias cognitivas para tratar de superarlas. Los recursos usados también favorecen el interés por la física y el desarrollo de competencias en el uso de las TIC.

Palabras clave: física, aplicaciones educativas de las TIC, CmapTools, mapas conceptuales, dificultades de aprendizaje en electromagnetismo.

Representing university students' knowledge of physics with the help of CmapTools

This paper describes the first part of an innovative initiative in science education at university designed to promote the educational applications of Information and Communication Technology (ICT) and its impact on the scientific knowledge being acquired by students. This initiative is based on the use of concept maps made using CmapTools software, as part of the learning process in the section on electricity and magnetism in the subject of Physical Foundations of Engineering. Early findings suggest that such activities promote meaningful learning because they allow students to represent their own knowledge and reflect on their cognitive deficits in order to try and overcome them. The resources used also promote interest in physics and help students develop ICT skills.

Keywords: Physics education, educational applications of ICT, CmapTools, concept maps, learning difficulties in electromagnetism.

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... (Li, 1998; Pontes, 2001).

La valoración del uso educativo de las TIC se ha abordado desde aspectos relativos al qué, al

cómo y al para qué de ellas en las aulas y se ha observado que los resultados no siempre han sido favorables, sobre todo si tenemos en cuenta las grandes expectativas con las que se crearon. Sin embargo, aunque no se hayan alcanzado siempre las metas esperadas, es necesario seguir explorando la utilización efectiva de las TIC en la educación, pues la eficiencia de la aplicación de cualquier recurso depende fundamentalmente del profesorado que lo utilice y de la forma en que lo hace (Marchesi y otros, 2007).

En cualquier caso, nadie duda hoy que las TIC aportan interesantes posibilidades para mejorar la educación: acceso inmediato a información de todo tipo, posibilidad de actualización científica y pedagógica de los educadores, diseño de materiales didácticos en nuevos soportes que son más accesibles al alumnado, generación de nuevos recursos (animaciones, laboratorios virtuales, vídeos...), etc. Las TIC son, por tanto, una vía importante para el desarrollo de diferentes habilidades y destrezas, pues permiten la creación de situaciones y procesos variados que enriquecen los ambientes donde se desarrolla el aprendizaje de las ciencias (Trahtemberg, 2004).

Por tales razones estamos trabajando 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, 2012). En la experiencia que mostramos en este artículo 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 *software* libre accesible desde Internet.

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 organi-

zación 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 (Moreira, 1988). El uso educativo de los mapas conceptuales se fundamenta en la teoría del aprendizaje significativo y en el enfoque educativo constructivista (Novak, 1991; González e Iraioz, 2001), 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.

Para representar el conocimiento del alumnado mediante mapas conceptuales, elaborados con recursos informáticos, usamos el *software* libre CmapTools (Novak y Cañas, 2005; Murgameno y otros, 2011). Este programa ofrece la posibilidad de construir, guardar y modificar mapas conceptuales de una manera sencilla, y la de agregar recursos digitales de todo tipo (documentos, imágenes, vídeos, enlaces web...) para enriquecer su contenido digital. 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 este artículo 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 *software* libre accesible desde Internet

■ Contexto y diseño de la innovación educativa

El proceso de enseñanza y aprendizaje de la física en primer curso de carrera de ingeniería no está exento de dificultades. Al margen de los errores que podamos cometer los profesores, los autores de libros de texto y todas aquellas personas que han creado una gran cantidad de recursos educativos disponibles en Internet (páginas web, libros electrónicos, simulaciones, unidades didácticas interactivas, animaciones...), hay algunos hechos objetivos que conviene tener en cuenta: hay un porcentaje importante de alumnos que no han hecho una elección de carrera adecuada, su nivel de conocimientos previos es bajo (porque no han estudiado física y matemáticas en el curso anterior), tienen poca motivación por el aprendizaje de la física, etc.. La realidad es que cada año nos encontramos con bajos niveles de éxito académico en esta materia, y ante esta situación creemos que no se trata de echar las culpas del fracaso académico a los estudiantes o a los profesores, sino de tomar conciencia del problema e intentar buscar soluciones realistas a esta problemática.

Por ello, para tratar de mejorar la participación y la motivación del alumnado en el aprendizaje de la física, hemos diseñado un proyecto de innovación educativa basado en la utilización de mapas conceptuales, elaborados con CmapTools, como recursos docentes del profesor para explicar las relaciones internas entre los conceptos de un tema y como actividades de reflexión individual y de trabajo en grupo que pueden realizar los estudiantes a la hora de estudiar cada tema del programa. También intentamos que nuestros alumnos lleguen a visualizar, gracias a sus propios mapas, las deficiencias de aprendizaje y la evolución en la construcción del conocimiento sobre los diferentes temas de la asignatura. En definitiva pretendemos mejorar el proceso de

enseñanza-aprendizaje de la física universitaria y, al mismo tiempo, desarrollar algunas competencias generales comprendidas en el proceso de implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

La primera experimentación de esta innovación se ha llevado a cabo durante el segundo semestre del curso 2011-1012, en la asignatura fundamentos físicos de la ingeniería II, de los estudios de graduado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Córdoba. El número de alumnos matriculados oficialmente en la asignatura era 103, pero a clase sólo han asistido habitualmente la mitad. 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. Para los alumnos suponía realizar al menos dos mapas conceptuales individuales y uno colectivo de cualquiera de los temas del bloque de electricidad y magnetismo, en el que los alumnos universitarios presentan importantes dificultades de aprendizaje (Pontes y Pro, 2000).

Al comenzar la experiencia se impartió un seminario de tipo práctico destinado a explicar la finalidad de los mapas conceptuales y la técnica de elaboración (Novak y Cañas, 2005), mostrar ejemplos con diferente grado de dificultad y aprender a utilizar el programa CmapTools. También se explicó la forma de subir tareas del alumnado a la plataforma Moodle usada como aula virtual en la Universidad de Córdoba (ucmoodle). En la imagen 1 se recogen las nociones fundamentales trabajadas en el citado seminario. Tras constatar el dominio técnico y la familiarización del alumnado con esta herramienta propusimos a los asistentes del citado seminario que participaran voluntariamente en la innovación desarrollando, en horas de trabajo no presencial, las actividades que se indican en el cuadro 1.

En esta primera experimentación se implicaron de forma significativa 23 estudiantes de esta asignatura, llegando a elaborar un total de 56 mapas individuales sobre los diversos temas. Sólo dos estudiantes realizaron mapas de los 6 temas del bloque y la mayoría elaboró menos de tres mapas. En este primer ensayo sólo se formaron tres grupos operativos que realizaron 8 mapas grupales.

Así pues, en esta primera experimentación los alumnos participantes han trabajado voluntariamente en la elaboración de mapas conceptuales, en horas no presenciales dedicadas al estudio de la asignatura, utilizando el *software* libre y gratuito CmapTools, que había sido instalado previamente en sus ordenadores personales. Anteriormente se habían explicado en clase los conceptos teóri-

cos de cada tema y se habían realizado actividades de aplicación de tales conceptos: cuestiones, problemas y experiencias reales o simuladas. Los

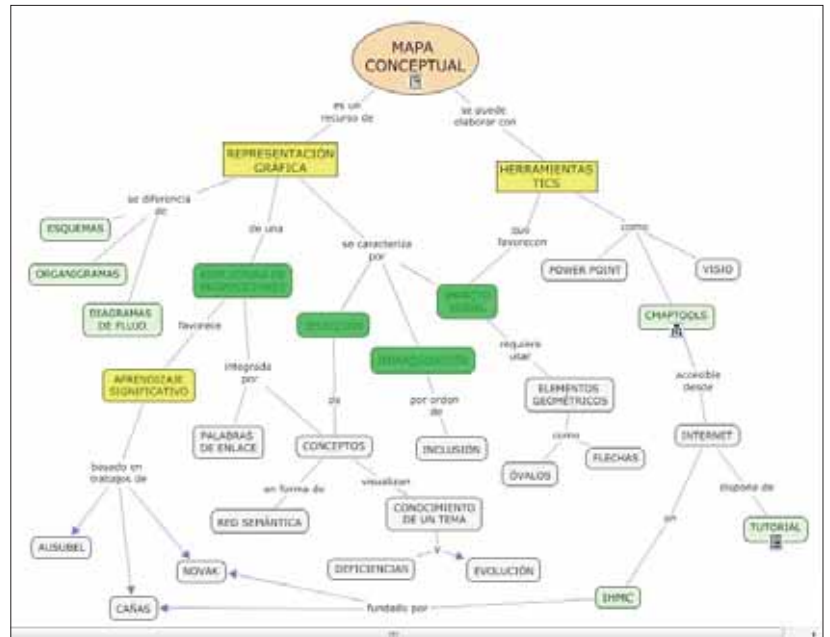


Imagen 1. Noción de mapa conceptual representada en CmapTools

- A1.** Elegir al menos dos temas de la asignatura, del bloque de electricidad y magnetismo, con objeto de realizar un mapa conceptual individual de cada tema elegido, que muestre una síntesis personal de las ideas clave desarrolladas en clase.
- A2.** Pasar el mapa conceptual de cada tema a soporte digital con el software CmapTools y subir el archivo correspondiente al aula virtual de la asignatura en el plazo de una semana posterior a la finalización del tema.
- A3.** Tras conocer la valoración realizada por el profesor sobre cada mapa individual y las recomendaciones de mejora, formar grupos de trabajo cooperativo (de dos o tres personas) para elaborar un mapa conceptual compartido de uno de los temas desarrollados anteriormente, que ha de subirse posteriormente al aula virtual de la asignatura.
- A4.** Asistir al segundo seminario voluntario, previo al examen del bloque de electricidad y magnetismo, donde se expondrán en público y se debatirán algunos mapas conceptuales representativos de cada tema por parte de sus autores.
- A5.** Analizar en común el desarrollo de la experiencia, señalando sus aspectos positivos y negativos, valorando las competencias desarrolladas y formulando sugerencias de mejora.

Cuadro 1. Actividades relacionadas con la elaboración de mapas conceptuales

mapas realizados se elaboraron primero a nivel individual y después se desarrollaron algunos en pequeños grupos, tratando de alcanzar un consenso entre los integrantes de cada grupo. Durante este proceso de aprendizaje el profesor resolvía las dudas que surgían a través de la tutoría virtual, tanto en la representación del conocimiento como en el manejo del *software* CmapTools. Algunas de las producciones del alumnado se muestran en un apartado posterior de este trabajo.

A lo largo del proceso el profesor ha ido valorando la calidad de los mapas conceptuales elaborados por el alumnado y esta valoración contribuyó a mejorar en un diez por ciento la calificación de la asignatura. Los criterios de evaluación fueron parecidos a los de otras experiencias educativas similares (Murga-Menoyo y otros, 2011): el número de conceptos incluido, la relevancia de éstos dentro de las ideas clave del tema, su organización jerárquica, el número de relaciones de enlace entre los conceptos, etc. En esta primera experimentación no hemos sido muy severos al juzgar la calidad de los mapas de los alumnos, ya que el peso de la actividad en la nota final era pequeño y pensábamos que lo más importante era que los estudiantes se implicaran en la realización de las tareas planteadas para mejorar la motivación por la asignatura.

Finalmente, los participantes 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, parecida a la utilizada en un trabajo anterior sobre el uso de CmapTools en la formación inicial de profesores de ciencias (Pontes, 2012), que ha permitido recoger datos cualitativos y ha resultado útil para juzgar el desarrollo de la primera experimentación y tratar de mejorar la propuesta metodológica en etapas sucesivas.

■ Desarrollo de la experiencia

Aunque el proyecto que estamos desarrollando tiene objetivos más ambiciosos a largo plazo, en este artículo nos vamos a centrar en ofrecer algunos ejemplos de los mapas elaborados por los participantes y las deficiencias de aprendizaje detectadas, para comentar después algunas respuestas del alumnado sobre el uso de mapas conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de la física. A continuación vamos a mostrar dos ejemplos de mapas conceptuales, elaborados por diferentes alumnos, sobre dos temas del bloque de electricidad y magnetismo. Se trata de los primeros borradores de mapas individuales, de modo que presentan ciertas deficiencias que los estudiantes en cuestión debían subsanar posteriormente, tras considerar las recomendaciones del profesor.

En la imagen 2 se muestra un ejemplo de mapa sobre el tema de *campo y potencial eléctrico*, elaborado por un alumno al que citamos por las siglas DPV. En dicho mapa están recogidos los conceptos principales del tema que se han desarrollado en clase, pero existen deficiencias cognitivas y de tipo técnico, porque el mapa queda algo confuso y un poco pobre en algunos aspectos. Sin extendernos mucho sobre el asunto, indicaremos que DPV no ha comprendido la diferencia entre nodos y enlaces dentro de un mapa conceptual, como puede observarse viendo la posición que ocupan en el mapa los términos de *campo vectorial*, *distribución continua* (de carga eléctrica) y *potencial eléctrico*. Si se leyera como frases independientes algunas de las relaciones conceptuales explícitas se podría constatar la existencia de confusiones importantes y concepciones alternativas implícitas («el campo conservativo en una partícula cargada experimenta una fuerza y se genera un movimiento»). Tras la supervisión de este mapa por el profesor, se constataron las diversas

deficiencias y se formularon sugerencias de mejora que sirvieron al alumno para elaborar una segunda versión del mapa más adecuada.

Por otra parte, en la imagen 3 (véase en la página siguiente) se muestra un ejemplo de mapa sobre el tema de *las fuentes del campo magnético*, elaborado individualmente por una alumna a la que citaremos por las siglas APG. Aquí se observa también la confusión entre nodos y palabras de enlace, aspecto importante en la elaboración de un mapa conceptual adecuado y útil para el aprendizaje. Así observamos como los términos *principio de superposición* o *ley de Ampère*, que deberían ser considerados como nodos esenciales, aparecen incluidos en las líneas de enlace. Otra deficiencia importante, desde el punto de vista técnico y semántico, es el hecho de incluir en un mismo nodo muchos conceptos diferentes (*carga puntual móvil*, *corriente eléctrica*, *conductor recto finito o infinito*, *espira*). En este caso, tras la evaluación crítica realizada por el profesor, la alumna también procedió a la modificación y mejora del mapa anterior.

Además de ayudar a los alumnos a detectar deficiencias de aprendizaje, que se han podido corregir gracias a la acción tutorial del profesor, podemos indicar que en esta primera experimentación hemos observado una mejora de la motivación del alumnado por la asignatura y una correlación significativa entre el nivel de participación y las calificaciones finales de los alumnos, pero la muestra de sujetos ha sido pequeña y no se pueden sacar conclusiones precipitadas hasta

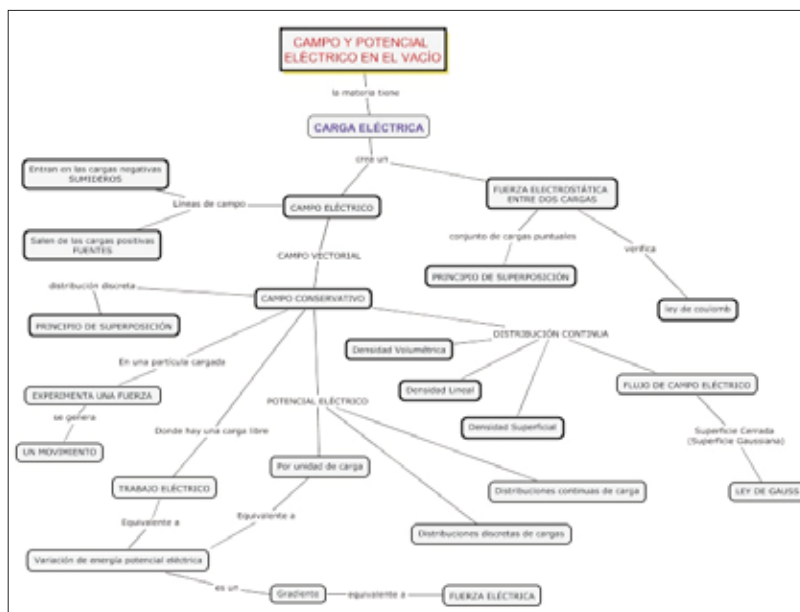


Imagen 2. Borrador inicial de un mapa conceptual individual sobre campo y potencial eléctrico

corroborar este resultado con datos cuantitativos en trabajos futuros. También hemos observado un cierto logro en la adquisición de algunas de las competencias generales del curso, como son el fomento del estudio reflexivo, el trabajo en equipo y la familiarización con el uso educativo de las TIC (Trahtemberg, 2004), que hasta ahora no habíamos abordado, pero sobre estos temas también habrá que seguir profundizando en posteriores trabajos.

Por último vamos a comentar brevemente algunas de las opiniones de los estudiantes acerca de la experiencia. Así, al preguntarles cómo valoraban el uso de mapas conceptuales en física y pedirles que señalaran las ventajas e inconvenientes que habían encontrado al realizarlos individualmente, la mayoría de los encuestados hacen una valoración bastante positiva e indican que se han sentido motivados al aprender la técnica de elaboración de mapas conceptuales, actividad que



Imagen 3. Borrador inicial de un mapa conceptual individual sobre fuentes del campo magnético

les parece interesante o divertida y sobre todo que requiere reflexión y esfuerzo intelectual, lo cual es bueno para aprender. También señalan que es importante la práctica reiterada en la realización de mapas y tener paciencia hasta conseguir un buen producto, que han experimentado dudas y confusiones durante el aprendizaje de esta técnica, que les cuesta cierto trabajo seleccionar los conceptos y las ideas principales de un tema o que a veces no les resulta fácil estructurar el conocimiento que se desea representar.

También les preguntamos si creían que esta innovación docente había contribuido a mejorar la formación científica universitaria. La mayoría de los sujetos encuestados 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

La mayoría de los sujetos encuestados consideran que los mapas conceptuales mejoran bastante la comprensión de los contenidos de un tema y sirven como técnica de estudio

recuperación de la información, mientras que 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 valoran la importancia de las críticas o sugerencias del profesorado para comprender las deficiencias de los primeros mapas individuales y poder mejorarlos después. En

general casi todos los participantes en esta experiencia educativa piensan que ha sido útil porque ha mejorado el aprendizaje de los temas de física y creen que pueden utilizar esta técnica para estudiar otras materias de la carrera.

Otra cuestión se refería al uso de CmapTools como recurso informático para la elaboración de mapas conceptuales, y pedimos a nuestros alumnos que indicaran las principales ventajas o utilidades de dicho recurso. En general los encuestados muestran un alto grado de satisfacción y señalan que, aunque surgen problemas y dudas al principio, resulta relativamente fácil aprender a usar CmapTools para la elaboración de mapas digitales. Otros destacan que la gran ventaja de estos mapas es que se pueden guardar, de modo que posteriormente es posible ampliarlos o mejorar su organización. Algunos también apuntan como cualidad interesante la posibilidad de agregar a los conceptos de un mapa otros recursos digitales como textos, imágenes o vídeos. Algunos comentan que los dibujos, colores y formas usados en los mapas de CmapTools hacen que la información resulte visualmente más útil.

Finalmente les preguntamos si creían que las actividades llevadas a cabo contribuían al de-

sarrollo de algunas competencias generales expuestas en la guía docente de la asignatura. En general, casi todos los encuestados destacan 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. También muchos opinan que el diseño de mapas conceptuales por parte de los alumnos favorece la capacidad de aprender por uno mismo.

■ Conclusiones

Como conclusiones finales de esta experiencia educativa, podemos destacar que el uso de mapas conceptuales favorece la metacognición y el aprendizaje comprensivo, ya que permite a los estudiantes reflexionar sobre sus deficiencias cognitivas en los diversos temas de la asignatura y tratar de superarlas (Novak, 1991). Por otro lado, las cuestiones abiertas que los estudiantes han respondido al final del proceso ponen de manifiesto la valoración positiva de la experiencia y de los recursos utilizados por parte de quienes han participado en ella, lo cual coincide con resultados recogidos en otros estudios realizados con estudiantes de educación ambiental (Murga-Menoyo y otros, 2011) y con profesores de ciencias en formación inicial (Pontes, 2012).

Por todo ello consideramos que el uso de CmapTools supone una integración realista y eficaz de las TIC en la educación científica que contribuye a enriquecer el proceso de aprendizaje (Novak y Cañas, 2005). Sin embargo, somos conscientes de que el número de participantes en esta primera fase no es suficientemente grande como para considerar que los resultados obtenidos son generalizables. Por tanto, es necesario tomar con cautela los logros y seguir avanzando en las posteriores etapas de este proyecto, tratan-

do de extender la innovación a otras asignaturas, implicar a un número mayor de estudiantes y mejorar los instrumentos de recogida de opiniones y las técnicas de evaluación. En trabajos posteriores también trataremos de analizar la influencia del uso de mapas conceptuales en aspectos tales como el aprendizaje significativo de la física, el trabajo colaborativo, la motivación, la creatividad y el desarrollo de la competencia de aprender a aprender.

Referencias bibliográficas

- GONZÁLEZ, F.M.; IRAIZOZ, N. (2001): «Los mapas conceptuales y el aprendizaje significativo». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 28, pp. 39-51.
- LI, H. (1998): «Information-Technology-Based Tools for Reengineering Construction Engineering Education». *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 6(1), pp. 15-2.
- MARCHESI, A. y otros (2007): *Tecnología y aprendizaje. Investigación sobre el impacto del ordenador en el aula*. Madrid. SM.
- MOREIRA, A. (1988): «Mapas conceptuales en la enseñanza de la física». *Contactos*, núm. 3, pp. 38-49.
- MURGA-MENOYO, M.A.; BAUTISTA-CERRO, M.J.; NOVO, M. (2011): «Mapas conceptuales con CmapTools en la enseñanza universitaria de la educación ambiental. Estudio de caso en la UNED». *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 29(1), pp. 047-060.
- NOVAK, J.D. (1991): «Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador». *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 9(3), pp. 215-227.
- NOVAK, J.D.; CAÑAS, A.J. (2005): *Construyendo sobre Nuevas Ideas Constructivistas y la Herramienta CmapTools para Crear un Nuevo Modelo para la Educación* [en línea]. Pensacola

- (FL). Florida Institute for Human and Machine Cognition. <www.ihmc.us/users/acanas/Publications/NewModelEducation/NuevoModeloEducacion.pdf>. [Consulta: enero 2014]
- PONTES, A. (2001): «Nuevas formas de aprender física con Internet: una experiencia educativa sobre aprendizaje de conceptos y procesos científicos». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 29, pp. 84-94.
- (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*, vol. 9(1), pp. 108-125. También disponible en línea en: <<http://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/14628>>. [Consulta: enero 2014] en:
- PONTES, A.; PRO, A. (2000): «Un estudio sobre el conocimiento semántico de expertos y novatos en electromagnetismo y sus implicaciones educativas». *XIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Madrid. Nivola.
- TRAHTEMBERG, L. (2004): «El impacto previsible de las nuevas tecnologías en la enseñanza y la organización escolar». *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 24, pp. 37-62.

Dirección de contacto

Alfonso Pontes Pedrajas

Universidad de Córdoba

apontes@uco.es

Este artículo fue recibido en ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en enero de 2012 y aceptado en mayo de 2013 para su publicación.