

VOL. 20, Nº 2 (Mayo-Agosto 2016)

ISSN 1138-414X (edición papel)

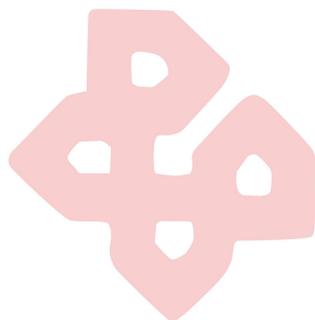
ISSN 1989-639X (edición electrónica)

Fecha de recepción 28/05/2014

Fecha de aceptación 07/01/2015

## MAPAS CONCEPTUALES APLICADOS AL TRATAMIENTO DE TEMAS MEDIOAMBIENTALES EN LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE FÍSICA

*Concept mapping applied to the treatment of environmental topics in physics teacher education*



Alfonso Pontes Pedrajas \*, Marta Varo-Martínez\*\*

Lugar de Trabajo Departamento de Física Aplicada,  
Universidad de Córdoba (España)

E-mail: [apontes@uco.es](mailto:apontes@uco.es)\*; [fa2vamam@uco.es](mailto:fa2vamam@uco.es)\*\*

### Resumen:

*En este estudio se presenta una experiencia de investigación sobre el uso de los mapas conceptuales en la formación inicial del profesorado. Se describe una propuesta metodológica basada en el enfoque CTSA (relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente) que trata de fomentar el aprendizaje significativo, el trabajo en equipo, la comunicación en el aula y el desarrollo de competencias docentes. Para ello, se ha utilizado el análisis de textos relacionados con la problemática del cambio climático y la elaboración de mapas conceptuales con ayuda del software CmapTools. Los resultados del estudio indican que los profesores en formación aprenden fácilmente a elaborar mapas conceptuales a partir del análisis de textos sobre temas de interés educativo y valoran positivamente para su formación el desarrollo de la experiencia.*

**Palabras clave:** Formación del profesorado de ciencias, relaciones CTSA, mapas conceptuales, CmapTools.

### Abstract:

*In this paper a research about the influence of concept mapping in teacher training programs is presented. A methodological proposal based on the STSE approach (science, technology, society and environment relationships) is described. It tries to promote meaningful learning, team work, communication abilities and teaching abilities. For that purpose, the analysis of documents related to climate change and concept mapping, with the software CmapTools, have been used. The results show that preservice teachers learn easily to create concept maps from the analysis of texts related to educational topics and that they value in a positive way the educational experience developed.*

**Key Words:** Science teacher training programs, STSE relationships, concept mapping, CmapTools.

## 1. Introducción

En este estudio se presenta una experiencia de investigación sobre el uso de los mapas conceptuales en la formación inicial del profesorado. Se describe una propuesta metodológica basada en el enfoque CTSA (relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente) que trata de fomentar el aprendizaje significativo, el trabajo en equipo, la comunicación en el aula y el desarrollo de competencias docentes. Para ello, se ha utilizado el análisis de textos relacionados con la problemática del cambio climático y la elaboración de mapas conceptuales con ayuda del software CmapTools. Los resultados del estudio indican que los profesores en formación aprenden fácilmente a elaborar mapas conceptuales a partir del análisis de textos sobre temas de interés educativo y valoran positivamente para su formación el desarrollo de la experiencia.

### 1.1. Fundamento y fines de la investigación

Los amplificadores o portavoces permiten a la organización reducir la incerteza inherente a su medio ambiente y negociarla en parte o, para emplear la terminología de Callon y Latour, traducir. (...) La traducción, tal como el poder, nunca es unívoca: quien se hace traducir parcialmente hace siempre de alguien su traductor (p. 93-94) Numerosos investigadores consideran que una forma interesante de favorecer la motivación del alumnado por el aprendizaje de la ciencia consiste en abordar contenidos y desarrollar actividades que muestren, de forma sencilla y práctica, la utilidad social de la ciencia y la tecnología en el mundo real (Solbes & Vilches, 1997; Vázquez & Manassero, 2012). Desde una perspectiva constructivista de la educación, se han desarrollado, durante las últimas décadas, numerosas investigaciones educativas sobre esta temática que han supuesto una renovación importante de la enseñanza y han resaltado la importancia que supone incorporar el estudio de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) a la educación (Aikenhead & Ryan, 1992; Prieto et al., 2012) y a los procesos de formación inicial docente (Solomon, 1993; García-Carmona, 2005).

Los problemas medioambientales del mundo moderno que afectan negativamente a la calidad de vida de los habitantes del planeta (cambio climático, contaminación del aire y del agua, etc.) han puesto de manifiesto la necesidad de fomentar la conciencia ciudadana de respeto medioambiental para avanzar hacia un modelo socio-económico de desarrollo sostenible (Leal Filho, 2009). En este contexto, la educación desempeña un papel extraordinario como medio para transmitir valores y actitudes de respeto al medio ambiente a todos los niños, adolescentes y jóvenes del planeta tierra (Hicks & Holden, 1995; Mosothwane, 2002; Vázquez-Cano, 2012). Asimismo, es necesario desarrollar programas

destinados a fomentar la conciencia medioambiental durante el proceso de formación inicial del profesorado de ciencias, con objeto de formar docentes comprometidos con un mundo sostenible (Ilisko, 2007; Gedzune & Gedzune, 2011; Vilches & Gil, 2012; Bonil et al., 2012). La conexión del enfoque CTS con el interés por la educación ambiental ha dado lugar al enfoque CTSA (relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente) como línea de trabajo de especial interés para la innovación docente y la investigación en didáctica de las ciencias (García Carmona, 2005; Navas, 2011).

Por otra parte, los mapas conceptuales constituyen un modelo de representación del conocimiento que ayuda a reconocer visualmente los conceptos más importantes, las relaciones entre ellos y la forma de organización jerárquica en grados de dificultad o de importancia (Novak & Gowin, 1984). Esta manera gráfica de representar los conceptos y sus relaciones proporciona a los protagonistas de los procesos educativos de un recurso útil para organizar, sintetizar y comunicar el conocimiento (González-García et al., 2010). Por tanto, los mapas conceptuales pueden ser utilizados por los profesores para mostrar información sintética y estructurada y por los alumnos como estrategias de aprendizaje (Moreira, 1988).

El uso educativo de los mapas conceptuales se fundamenta inicialmente en la teoría del aprendizaje significativo y posteriormente se integra en la visión constructivista sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje (Novak, 1991; Aydin et al., 2009), donde los conocimientos previos del alumno pueden interpretarse en términos de esquemas cognitivos. En este enfoque educativo, aprender consiste en incorporar a la estructura de memoria nuevos conocimientos, integrándolos de forma significativa y comprensiva, para poder usarlos cuando se necesita.

En este contexto, se han desarrollado desde hace décadas, numerosos trabajos que han mostrado la utilidad de los mapas conceptuales en la educación científica para detectar dificultades de aprendizaje, desarrollar estrategias de cambio conceptual y fomentar el aprendizaje colaborativo en el aula y la motivación del alumnado durante el proceso de aprendizaje (Chiu et al., 2000; Preszler, 2004). Se ha observado que los mapas conceptuales fomentan la reflexión (Edwards & Fraser, 1983), al trabajar en el análisis de textos o la síntesis de documentos (Hilbert & Renkl, 2008), favoreciendo la comprensión y la diferenciación de conceptos o la integración de nuevas ideas en la estructura cognitiva, que son condiciones necesarias para el aprendizaje significativo (Novak, 1991). También resultan útiles como instrumentos para evaluar el aprendizaje y el desarrollo cognitivo (Correia et al., 2010). Finalmente, diversos autores han puesto de manifiesto que los mapas conceptuales favorecen la comunicación y la acción docente del profesorado (González-García et al., 2010), potenciando el diálogo y las interacciones entre profesores y estudiantes (Aydin et al., 2009).

En la última década, el uso de los mapas conceptuales en la enseñanza ha experimentado un impulso notable debido a los numerosos recursos TIC que pueden utilizarse para diseñar y utilizar tales mapas (Engelmann & Hesse, 2010), entre los que destaca el software libre *CmapTools* (Cañas et al., 2003). Este programa ofrece la posibilidad de construir, guardar y modificar mapas conceptuales de una manera sencilla, pudiendo agregar recursos digitales de todo tipo (Daley et al., 2007). En la actualidad, este software puede considerarse como uno de los recursos TIC más interesantes y útiles para representar el conocimiento en la educación científica (Novak & Cañas, 2006; Murga-Menoyo et al., 2011; Martínez et al., 2013).

Las interesantes aplicaciones educativas de los mapas conceptuales se han extendido, desde hace tiempo, a la formación del profesorado de ciencias (Karakuyu, 2011; Greene et al., 2013), poniendo de manifiesto el gran interés que presentan tales actividades para los profesores en formación inicial, sobre todo, cuando se relacionan con el uso de recursos informáticos (Schaal, 2010). Y es que los mapas conceptuales obligan a reflexionar a los futuros profesores sobre su propio conocimiento, les permiten visualizar las deficiencias del proceso de aprendizaje de cualquier materia y representar la evolución en la construcción del conocimiento (Nousiainen, 2012). Por ello, alcanzan muy buena valoración entre los profesores en formación (Koponen & Nousiainen, 2013).

Teniendo en cuenta las ventajas educativas que aportan los mapas conceptuales y el software CmapTools, es necesaria su incorporación al proceso de formación inicial del profesorado de diferentes niveles educativos y de diferentes áreas de conocimiento. En este sentido, en el proyecto que se presenta, inicialmente, se desarrolló una experiencia en la formación de estudiantes de magisterio (Pontes et al., 2011) y en la formación de profesores de secundaria de ciencia y tecnología (Pontes, 2012). Posteriormente, dicha experimentación se ha ampliado a la formación de educadores ambientales (Pontes y Varo, 2014) y a la formación del profesorado secundaria de ciencias sociales (Pontes et al., 2015, en prensa). En la fase del proyecto que actualmente se está llevando a cabo, en la formación inicial del profesorado de física, se trata de combinar el uso de mapas conceptuales con los planteamientos educativos derivados del enfoque CTSA (Novak, 1978; Zak & Munson, 2008; Murga-Menoyo et al., 2011), desarrollando actividades de representación del conocimiento a partir del análisis de textos relacionados con la educación ambiental (Vanhear & Pace, 2008) pretendiendo mejorar los instrumentos de valoración de la experiencia, tanto en la evaluación de la calidad de los mapas que elaboran los futuros docentes, como en el análisis de las opiniones de los participantes, que tan importantes resultan para seguir profundizando en esta línea de trabajo. Concretamente, los objetivos específicos planteados a la hora de realizar este nuevo estudio son los siguientes:

- (1) Utilizar mapas conceptuales y análisis de textos en actividades de formación docente que permitan reflexionar y debatir sobre temas de interés educativo desde la perspectiva CTSA.
- (2) Fomentar el aprendizaje colaborativo y el uso de las TICs en el diseño de mapas conceptuales, como medios para mejorar la motivación de los futuros docentes durante el proceso formativo.
- (3) Analizar si las técnicas de representación del conocimiento contribuyen al desarrollo de competencias comunicativas en la formación inicial del profesorado de ciencias.
- (4) Conocer las opiniones de los futuros profesores sobre el proceso de formación desarrollado en esta experiencia (contenidos, actividades, recursos, competencias,...) y el valor que conceden a los mapas conceptuales en la mejora de la educación científica y ambiental.

## **2. Descripción de la experiencia y metodología de investigación**

### **2.1. Experiencia educativa y contexto formativo**

Esta experiencia se desarrolla en el marco del Máster de Formación del Profesorado de Secundaria (FPES) de la Universidad de Córdoba (España), donde se imparte la asignatura *Técnicas de Comunicación Docente (TCD)* dedicada al desarrollo de competencias

comunicativas con ayuda de recursos TICs (Pontes, 2012). En la primera parte de la asignatura se estudian los aspectos psicológicos y pedagógicos de la comunicación docente y se aprende a usar diversos recursos informáticos de apoyo a la comunicación del profesor en el aula. Después, los estudiantes se agrupan por áreas de conocimiento afines, para poder trabajar el tema de la representación del conocimiento utilizando textos educativos de especial interés para el alumnado de cada especialidad. Concretamente, los alumnos del área científico-tecnológica abordan el tratamiento de temas educativos transversales que relacionan ciencia, tecnología, sociedad y ambiente natural (CTSA).

Beckert & Gurgel (2005) utilizaron la lectura y análisis de textos sobre temas de interés medioambiental como estrategia de investigación del pensamiento CTSA en la formación docente. Otros autores han utilizado el uso de mapas conceptuales como medio para favorecer la comprensión de textos en diversas áreas educativas y en la formación docente (Hilbert & Renkl, 2008; Schaal, 2010). En el presente proyecto se combinan ambos planteamientos y, tras el análisis de un texto, los futuros profesores realizan un mapa conceptual individual que debe sintetizar las ideas fundamentales del mismo, siguiendo las normas básicas descritas por Novak & Gowin (1984).

En la primera fase de este proyecto los futuros profesores trabajaban con textos educativos de carácter general, tales como la convivencia en los centros de secundaria, la primera experiencia docente de un profesor novel o la comunicación en el aula (Pontes, 2012). En la segunda fase del proyecto, en el contexto de la asignatura TCD, se han incorporado actividades relacionadas con el enfoque CTSA, analizando textos sobre los problemas medioambientales que puedan contribuir a generar, entre los futuros docentes, una mayor conciencia sobre esta problemática (Pontes y Varo, 2014). En esta actividad los estudiantes del máster se agrupan por especialidades y trabajan con textos que permitan conectar los contenidos de su área de conocimiento con la educación ambiental. Por ejemplo, los estudiantes de la especialidad de física y química pueden optar por trabajar con un texto sobre “contaminación industrial y química verde” o sobre “el cambio climático y la necesidad de usar energías renovables”.

Después de elaborar un mapa conceptual individual sobre el texto elegido, los estudiantes de cada especialidad se organizan en pequeños grupos (2-3 personas) para construir mapas conceptuales de carácter colaborativo sobre el tema analizado previamente. Posteriormente, aprenden a manejar el software CmapTools, elaborando mapas digitales y presentaciones multimedia sobre otros temas de su especialidad.

Finalmente, en la parte no presencial de la asignatura, como tarea complementaria de profundización en el uso de CmapTools, los futuros profesores realizan presentaciones multimedia, integradas por mapas conceptuales, tratando de sintetizar un documento amplio (artículo de revista, capítulo de libro, unidad didáctica,...) que trate sobre algún tema educativo de interés para el alumnado del curso FEPS y que relacione la enseñanza de su disciplina con la educación ambiental, desde una perspectiva CTSA.

## **2.2. Participantes y recogida de datos**

Los datos expuestos y analizados en este estudio corresponden al trabajo desarrollado en la asignatura TCD con futuros profesores de ciencias entre los años 2009 y 2012. La muestra total engloba a 58 futuros profesores de física y química (25 mujeres y 33 hombres), con una edad media de 26,2 años. Los estudios universitarios que tales participantes han

realizado previamente para acceder al master FPES han sido Física (25), Química (24) e Ingeniería y otras carreras técnicas (9).

Es importante destacar que, al inicio de la materia TCD, la gran mayoría de los sujetos (72%) desconocían la técnica de elaboración de mapas conceptuales y sus aplicaciones educativas y que sólo una cuarta parte de los participantes (25,9%) habían manejado previamente algún recurso informático para elaborar esquemas o mapas conceptuales, citando generalmente programas de propósito general (PowerPoint, Word, Visio,...) de forma que casi ninguno de los participantes conocía la existencia de software específico como CmapTools. Pese a esta falta de conocimientos previos, los participantes han aprendido rápidamente la técnica de elaboración de mapas conceptuales, tanto a nivel individual como en equipo. También se han familiarizado muy pronto con el software CmapTools utilizándolo para elaborar mapas conceptuales digitales y presentaciones multimedia.

Para la evaluación de los mapas conceptuales (MC), se han analizado los criterios de evaluación propuestos en estudios anteriores (Miller et al., 2009; Murga-Menoyo et al., 2011; Proctor & Bernstein, 2013), encontrando diferencias importantes entre los diversos modelos de evaluación, pues en algunos casos se adoptan criterios cualitativos bastante subjetivos y en otros casos se tiende a hacia una valoración excesivamente cuantitativa, que requiere un análisis muy exhaustivo de cada mapa. En este estudio se ha optado por utilizar un modelo intermedio, ensayado en un estudio previo (Pontes y Varo, 2014) resultando útil y práctico y que se basa en un modelo de valoración semicuantitativa, que distingue tres niveles de calidad (alto, medio y bajo) de los mapas conceptuales (Tabla 1).

Tabla 1  
*Criterios de valoración de los mapas conceptuales*

Nivel	Rango de Puntuación	Criterios de Evaluación
Bajo	0-4	El MC muestra ideas confusas o ausencia de conceptos importantes y presenta deficiencias de tipo técnico (jerarquización, impacto visual o frases de enlace).
Medio	4-7	El MC recoge buena parte de los conceptos importantes y de las relaciones semánticas, pero presenta deficiencias de tipo técnico (jerarquización, impacto visual) o de tipo semántico (frases de enlace inadecuadas, nodos con varios conceptos diferentes,...).
Alto	7-10	El MC incluye todos o casi todos los conceptos relevantes del texto y los relaciona mediante frases de enlace adecuadas, presenta una jerarquización adecuada de los conceptos y posee un buen impacto visual.

En concreto, los profesores han elaborado previamente un mapa conceptual muy completo, para sintetizar el texto sobre el cambio climático con el que han trabajado los alumnos participantes en esta experiencia, tanto a nivel individual como en grupo, y han utilizado dicho mapa como elemento de referencia para valorar los trabajos de los estudiantes. Cada docente ha evaluado cada uno de los mapas elaborados por nuestros alumnos, asignando una calificación numérica (de 1 a 10), en la que se han tenido en cuenta el número de conceptos utilizados para sintetizar el citado texto, las relaciones semánticas entre tales conceptos, la estructura jerárquica del mapa y otros elementos de tipo técnico, siguiendo el modelo de valoración anteriormente descrito. Posteriormente se han comparado las calificaciones asignadas a cada mapa, tratando de llegar a un consenso en el caso de valoraciones próximas (como ha ocurrido en el 90 % de los casos) o asignando el valor medio en el caso de valoraciones diferentes. Un sistema de evaluación similar se ha utilizado al

valorar los mapas complementarios (trabajos no presenciales), aunque en este caso las diferencias de criterio han sido mayores, porque tales mapas se han realizado sobre un tema libre, elegido por cada estudiante y, por tanto, no se disponía de un mapa conceptual previo y consensado por los docentes, que se pudiera utilizar como referencia.

Por otra parte, para mejorar la formación inicial del profesorado de ciencias es necesario conocer las opiniones de los futuros docentes sobre los elementos innovadores que se utilizan en este proceso, resultando especialmente importante la valoración de las estrategias y recursos que favorecen la motivación hacia la profesión docente (Sutton & Wheatley, 2003). Por ello, al finalizar la asignatura, se ha recabado la opinión de los participantes sobre el desarrollo del proceso formativo mediante un cuestionario de preguntas abiertas que se muestra en el cuadro 1.

- Q1. ¿Qué opinas sobre el uso de mapas conceptuales para representar el conocimiento derivado del análisis de textos sobre el cambio climático? Indica ventajas e inconvenientes que has encontrado al realizar individualmente tales actividades*
- Q2. ¿Cómo valoras la realización de mapas conceptuales en grupo durante el proceso de formación inicial docente? Indica ventajas e inconvenientes de esta actividad*
- Q3. ¿Qué opinas sobre el uso del software CmapTools para la elaboración de mapas conceptuales? Indica ventajas o utilidades de dicho recurso.*
- Q4. Expresa tu valoración global sobre el desarrollo de esta experiencia e indica qué funciones pueden desempeñar los mapas conceptuales en la educación científica y en la formación del profesorado.*

Cuadro 1 Cuestionario de valoración del proceso formativo

Las opiniones de los participantes acerca de tales cuestiones se han analizado de forma cualitativa utilizando la rúbrica que se muestra en la Tabla 2. En los diferentes aspectos valorados en tales cuestiones, las respuestas de los alumnos se han clasificado en tres niveles de valoración cualitativa (bien, aceptable o mal), a los que se debe añadir una categoría indefinida en la que se incluyen respuestas que no hacen una valoración concreta de tales aspectos (incluyendo respuestas vagas, confusas y algunas en blanco). Asimismo, se han analizado las razones que aportan para justificar la valoración de cada aspecto del cuestionario, encontrando tres tipos de justificación en cada ítem: quienes señalan ventajas en cada aspecto, quienes señalan inconvenientes y quienes no justifican la valoración realizada o muestran ideas confusas.

Tras establecer este protocolo de análisis de opiniones y revisar las respuestas de los alumnos, ha existido un acuerdo completo entre los investigadores. Esta categorización de ideas ha permitido realizar un análisis cuantitativo (frecuencias y porcentajes) de las opiniones de los participantes, cuyos resultados se muestran en un apartado posterior. En una experiencia anterior sobre el análisis de textos y mapas conceptuales, correspondiente a la formación de educadores ambientales (Pontes y Varo, 2014), se han obtenido resultados similares a los de este estudio, tras utilizar el mismo cuestionario y el mismo protocolo de análisis de opiniones. En otra experiencia paralela, llevada a cabo en la formación del profesorado de ciencias sociales se ha utilizado un cuestionario cerrado de escala Likert (Pontes et al., 2015) y los resultados obtenidos pueden considerar convergentes con los de este estudio, pese a utilizar diferentes instrumentos de recogida de opiniones. Por tanto, podemos considerar que el método de recogida y análisis de datos, sobre opiniones de los futuros docentes acerca del proceso formativo desarrollado en esta experiencia, es relativamente válido y fiable.

Tabla 2  
*Protocolo seguido en el análisis cualitativo de opiniones del alumnado*

<i>(A) Categorías de respuesta</i>		<i>(B) Tipo de justificación de la valoración</i>	
A1	Bien	B1	B1. Indican aspectos positivos
A2	Aceptable	B2	B2. Indican aspectos negativos
A3	Mal	B3	B3. No justifican respuesta
A4	No hacen valoración		

### 3. Resultados

#### La representación del conocimiento sobre el cambio climático mediante mapas conceptuales en la formación de profesores de física

El físico Klaus Hasselmann (1993) considera que actualmente existe suficiente evidencia experimental para afirmar que se está produciendo un cambio climático en la Tierra. Este problema se podría frenar con acciones políticas y económicas orientadas al fomento del desarrollo sostenible y, sobre todo, mediante campañas informativas y educativas que ayuden a tomar conciencia del problema entre la población mundial. Así pues, la opinión de este experto se une a la de muchos investigadores en el campo de la educación científica que, desde un enfoque CTSA, conceden gran importancia el fomento de la educación ambiental y el desarrollo de actividades que ayuden al profesorado a adoptar una actitud comprometida con el desarrollo sostenible (Hicks & Holden, 1995; Vilches & Gil, 2012; Gedzune & Gedzune, 2011). Por ello, aprovechando el contexto de la asignatura TCD del máster FPES, se pretende ayudar a los alumnos a reflexionar y representar el conocimiento adquirido en el análisis de textos relacionados con la problemática medioambiental del planeta. En esta experiencia, los futuros docentes de física han trabajado con un texto breve que recoge las opiniones del citado investigador sobre el cambio climático y sus implicaciones para el futuro del planeta (Hasselmann, 2011). La figura 1 muestra el mapa conceptual individual elaborado por un participante, tras la lectura comprensiva de dicho texto.

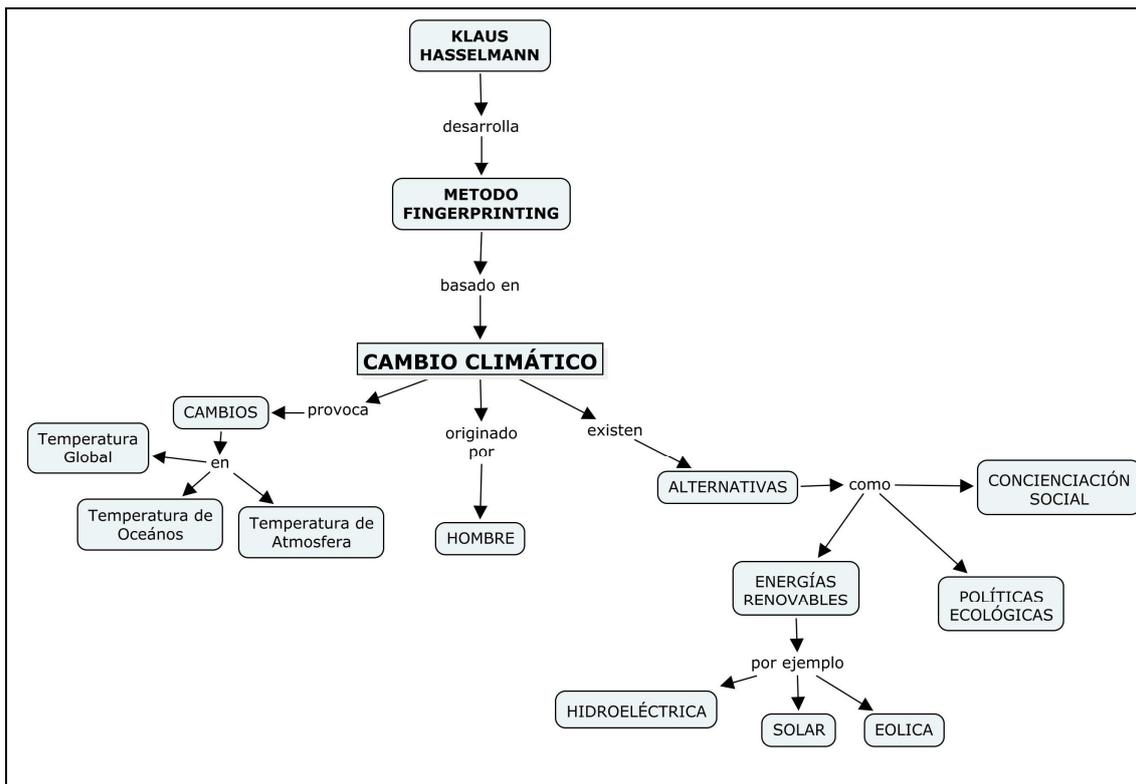


Figura 1: Ejemplo de Mapa Conceptual Individual sobre Cambio Climático

En la figura 2 se muestra el mapa conceptual colaborativo o grupal (MCG) que ha realizado el mismo alumno anterior al trabajar en equipo con otro compañero del curso, que había realizado antes un mapa conceptual individual distinto. Aunque ambos estudiantes sintetizaron el mismo texto, habían actuado de forma independiente al seleccionar los conceptos, al establecer relaciones internas o al diseñar la estructura general del mismo, por lo que sus mapas individuales eran diferentes. Al trabajar en equipo se pusieron de acuerdo para seleccionar los conceptos necesarios y establecer las relaciones que consideraban más adecuadas, procediendo a reestructurar su conocimiento sobre el tema y mostrando una visión más amplia en las ideas compartidas sobre el cambio climático.

Finalmente, en la figura 3 se muestra el mapa conceptual complementario (MCC) desarrollado por otro participante (Alumno3) en la parte no presencial de la asignatura. Este trabajo se puede mostrar como un mapa global destinado a sintetizar una unidad didáctica sobre el tema de *Energías Renovables*, o puede mostrarse como una presentación, elaborada con CmapTools, integrada por varios mapas más específicos. En la primera diapositiva de dicha presentación se muestra el esquema de la unidad y en las sucesivas diapositivas (identificadas en la figura mediante cuadros) se desglosan los conceptos fundamentales de la misma.

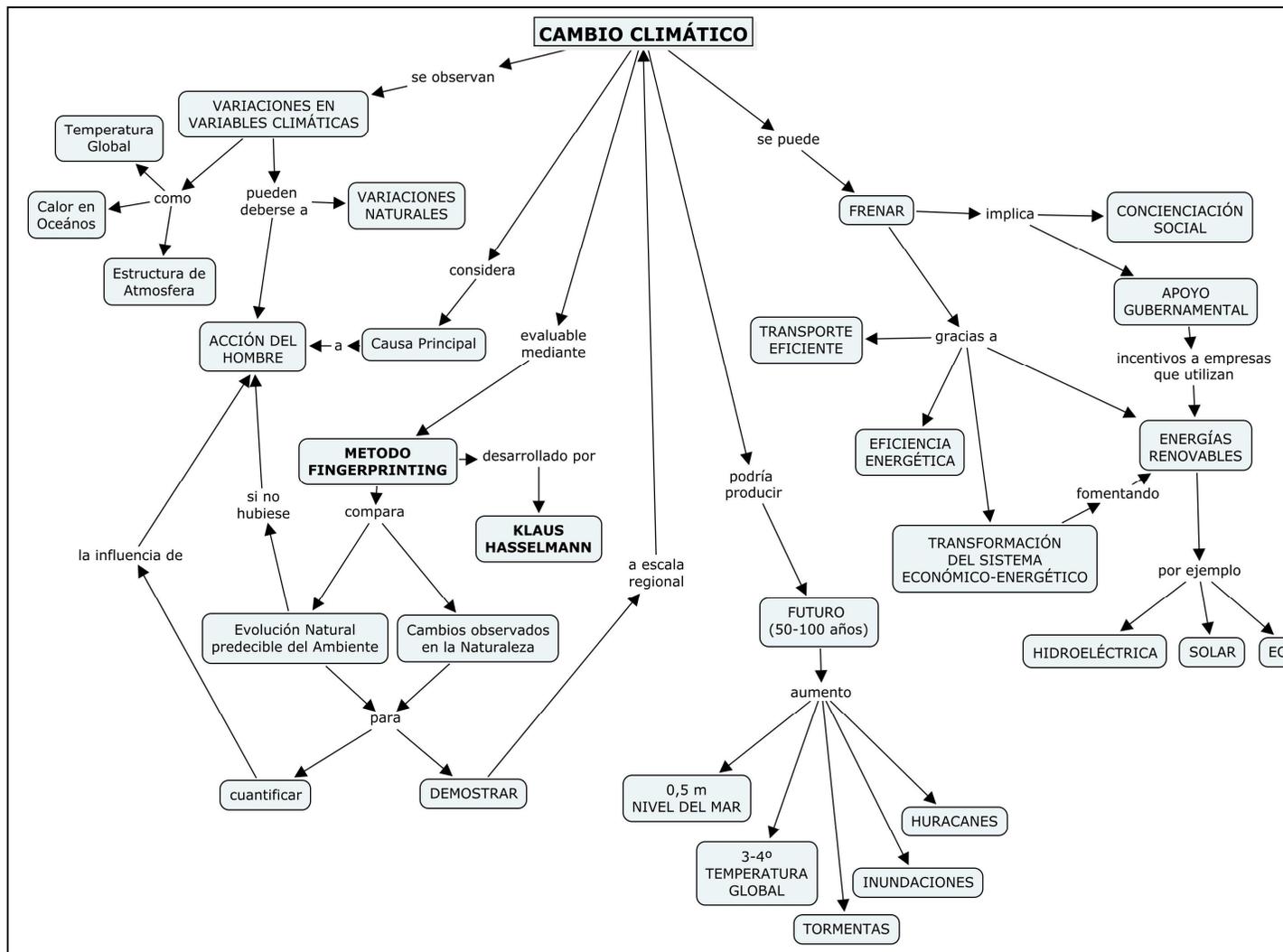


Figura 2: Ejemplo de Mapa Conceptual Grupal sobre Cambio climático

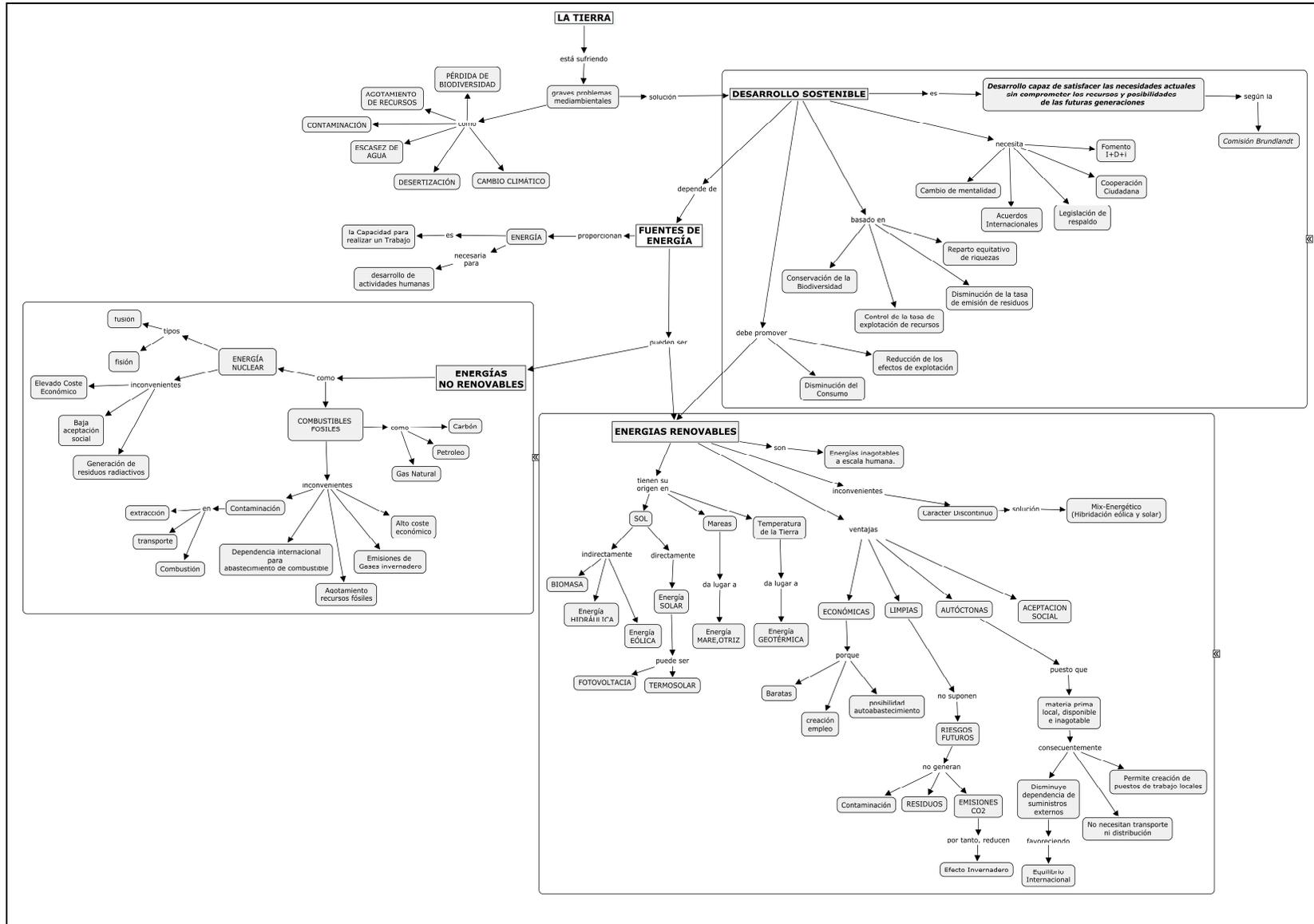


Figura 3: Ejemplo de Presentación de la Unidad Didáctica “Energías Renovables” elaborada con mapa conceptuales

En el desarrollo de esta experiencia se ha podido apreciar que el análisis de textos y la elaboración de mapas conceptuales permiten, a los futuros profesores, reflexionar y debatir sobre temas que relacionan la ciencia con la educación ambiental, desde un enfoque CTSA de la educación científica y la formación docente. Asimismo, se ha observado que los mapas conceptuales sirven para extraer una visión sintética del tema representado y permiten visualizar el proceso de construcción del conocimiento al insertar nuevos conceptos en la propia organización mental e incorporar ideas procedentes del trabajo cooperativo. Estos hechos nos permiten considerar que se han alcanzado razonablemente los objetivos 1 y 2 de este estudio. Por otra parte, el uso de CmapTools en la formación docente, supone una utilización efectiva de las TICs en el aula y resulta bastante motivador para los futuros profesores, a juzgar por los resultados de la encuesta de opinión que se muestran posteriormente.

### Evaluación de los mapas conceptuales

Otro objetivo de este estudio consiste en analizar si la representación del conocimiento mediante mapas conceptuales contribuye al desarrollo de competencias comunicativas en la formación inicial del profesorado de ciencias. Por este motivo se han evaluado los diferentes tipos de mapas conceptuales elaborados por los participantes en esta experiencia y se han cruzado los resultados de dicha evaluación con las calificaciones globales obtenidas en la asignatura de Técnicas de Comunicación Docente (TCD).

De acuerdo con los criterios de evaluación expuestos anteriormente (Tabla 1), la Tabla 3 muestra los resultados de la evaluación de los 58 mapas conceptuales individuales (MCI), los 26 mapas conceptuales grupales (MCG) y los 58 trabajos complementarios (MCC) elaborados por los participantes en la experiencia. En general, se observa una mejora sustancial en la aplicación de las técnicas de representación del conocimiento durante el desarrollo de la experiencia. En primer lugar, la calidad de los mapas grupales es superior a la de los individuales, tanto en el aspecto técnico como en el terreno de la representación cognitiva, lo cual indica que el trabajo colaborativo ayuda a mejorar el proceso de representación del conocimiento sobre un tema. Asimismo, los trabajos complementarios alcanzan un nivel de valoración superior a los anteriores, lo cual puede deberse a que, al finalizar la asignatura TCD, los alumnos tienen un conocimiento mayor de las técnicas de elaboración de mapas conceptuales y, en general, están bastante motivados con el software CmapTools.

Tabla 3  
 Resultados de la evaluación de mapas conceptuales

Nivel de calidad	Mapas Conceptuales		
	MCI	MCG	MCC
Bajo	23 (39,6%)	7 (26,9%)	9 (15,5%)
Medio	19 (32,8%)	9 (34,6%)	21 (36,2%)
Alto	16 (27,6%)	10 (38,5%)	28 (48,3%)

Por otra parte, se ha analizado si existe alguna relación, estadísticamente significativa, entre las calificaciones parciales obtenidas por los participantes en el módulo de mapas conceptuales ( $N_1$ ) y las calificaciones globales de la asignatura TCD ( $N_2$ ). En primer

lugar, se ha obtenido, con el programa de análisis estadístico SPSS, el coeficiente de correlación de Pearson que arroja un valor moderadamente alto y significativo ( $r = 0,691$ ;  $p < 0,001$ ). Después, se ha calculado la media de ambas notas para toda la muestra y se han considerado dos niveles de rendimiento en ambas calificaciones, incluyendo en el primer nivel a quienes están por debajo de la media y en el nivel segundo a quienes alcanzan un valor igual o superior a la media. Se ha realizado un estudio cruzado de tales variables, obteniendo la correspondiente tabla de contingencia, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4, apreciando que existe una correlación alta y significativa entre las calificaciones obtenidas en el módulo de mapas conceptuales y en la asignatura de técnicas de comunicación. Ello hace pensar que la utilización adecuada de mapas conceptuales influye positivamente en la adquisición y mejora de las técnicas de comunicación oral entre los futuros docentes de ciencias.

Tabla 4

Tabla de contingencia obtenida al cruzar calificaciones obtenidas en mapas conceptuales (N1) y en técnicas de comunicación (N2)

Recuento de casos	N <sub>2</sub>		Total
	1	2	
N <sub>1</sub>	1	24	29
	2	6	29
Total	30	28	58

Coeficiente de contingencia: 0,528 ( $p < 0,001$ )  
Coeficiente Chi-cuadrado=22,371 ( $p < 0,001$ )

### Opiniones de los estudiantes sobre el desarrollo de la experiencia formativa

Otra finalidad de este estudio consistía en explorar las opiniones de los futuros profesores sobre el proceso de formación desarrollado en esta experiencia, para tratar de seguir mejorando la acción docente en el futuro. Por ello, siguiendo el procedimiento de análisis de datos expuesto en el Tabla 2, se han estudiado las opiniones de los estudiantes sobre la experiencia formativa y los resultados cuantitativos obtenidos en las cuatro cuestiones formuladas (Cuadro 1) se han mostrado en la Tabla 5. Mediante tales cuestiones los participantes han podido valorar el interés formativo de las actividades de realización de mapas conceptuales individuales y colaborativos (relacionados con temas transversales como la educación ambiental), la utilidad didáctica del software CmapTools y la acción docente del profesorado durante el desarrollo de la experiencia. Se han utilizado los mismos niveles de valoración para analizar las respuestas a las cuatro cuestiones (A1, A2, A3 y A4) y también se han usado las mismas categorías para el análisis de la justificación de cada respuesta (B1, B2, B3 y B4), según los criterios descritos anteriormente (Tabla 2). La columna Q1 de la Tabla 5 muestra las opiniones de los alumnos sobre el *uso de mapas conceptuales individuales* como medio para representar el conocimiento derivado del análisis de un texto sobre el cambio climático. Al agrupar los datos de las subcategorías A1 y A2, se observa que alrededor del 71 % de los participantes hacen una valoración positiva (buena o aceptable). Así, muchos de los participantes indican que se han sentido motivados al aprender la técnica de elaboración de mapas conceptuales o les ha parecido interesante el análisis de un texto relacionado con la problemática del cambio climático y, aunque algunos opinan que se necesita cierto tiempo y

esfuerzo, la mayoría consideran que el trabajo de reflexión individual realizado al elaborar el mapa es importante para representar bien el conocimiento sobre el tema analizado. Frente a estos, pocos estudiantes han experimentado dudas y confusiones durante el aprendizaje de esta técnica y señalan que les ha costado seleccionar los conceptos o que han tenido ciertas dificultades para buscar las palabras de enlace entre tales conceptos.

Tabla 5  
*Análisis de las opiniones de los participantes*

	Categorías	Frecuencias (%)			
		Q1	Q2	Q3	Q4
(A) Tipo de valoración	A1. Bien	31 (53,4)	35 (60,4)	40 (68,9)	23 (39,7)
	A2. Aceptable	10 (17,3)	11 (18,9)	12 (20,7)	18 (31,0)
	A3. Mal	8 (13,8)	5 (8,6)	3 (5,2)	8 (13,8)
	A4. No hace valoración	9 (15,5)	7 (12,1)	3 (5,2)	9 (15,5)
(B) Justificación de respuesta	B1. Indican aspectos positivos	34 (58,6)	33 (56,9)	36 (62,6)	36 (62,1)
	B2. Indican aspectos negativos	16 (27,5)	15 (25,8)	9 (15,2)	7 (12,1)
	B3. No justifican respuesta	8 (13,9)	10 (17,3)	13 (22,4)	15 (25,8)

Respecto a la opinión de los participantes sobre la *realización de mapas conceptuales colaborativos* (Q2), se aprecia que casi el 80 % de los participantes hacen una valoración positiva (buena o aceptable) del trabajo realizado en equipo para representar sus ideas. Entre las razones positivas que aportan a favor de esta actividad destacan que, al trabajar en grupo, se fomenta la relación y la empatía entre compañeros, se desarrolla la seguridad en uno mismo al compartir las ideas propias con los demás, se favorece la capacidad de trabajo en grupo y se resuelven mejor las dificultades relacionadas con la comprensión del texto o la elaboración del mapa. Algunos sujetos señalan aspectos negativos, pero son muy pocos quienes creen que esta actividad supone una pérdida de tiempo respecto de la anterior.

Al agrupar los resultados de las dos primeras categorías de la cuestión Q3, *sobre el uso del programa informático CmapTools* para la elaboración de mapas conceptuales en formato digital, se obtiene un valor próximo al 90 % de valoración positiva (buena o aceptable). Varios participantes indican que han tenido algunos problemas y dudas al principio, pero la gran mayoría considera que les ha resultado fácil aprender a usar CmapTools. Entre las ventajas concretas de este recurso, muchos sujetos indican que estos mapas poseen buena calidad técnica y favorecen el impacto visual, se pueden guardar y modificar después y es posible agregar a los conceptos del mapa archivos digitales (textos, imágenes, vídeos,...). Algunos sujetos indican que este software es muy útil para elaborar presentaciones orales a partir de un mapa digital y, por tanto, se podría utilizar para mejorar las exposiciones académicas. Muchos participantes señalan que este recurso les ha resultado

divertido y motivador, mientras que otros destacan que resulta bastante útil para la formación docente.

Finalmente, la cuarta columna de la Tabla 5 muestra los resultados de valoración global que los participantes hacen sobre la experiencia formativa y sobre las posibles aplicaciones educativas de los mapas conceptuales en la educación científica (Q4). Se observa que alrededor del 70 % de los participantes hacen una valoración positiva (buena o aceptable) del proceso de formación. Asimismo, se observa que el 62 % de los participantes explican las razones por las que hacen una valoración positiva, refiriéndose principalmente a su interés por las actividades realizadas y los materiales (actividades, presentaciones, documentos,...) y recursos didácticos usados en la experiencia. Muchos de estos alumnos consideran el tratamiento de temas transversales relacionados con el enfoque CTSA, a partir del análisis de textos y del desarrollo de mapas conceptuales individuales y grupales, como un aspecto innovador en la formación docente. Algunos sujetos valoran la importancia de las sugerencias del profesorado para comprender las deficiencias de los primeros mapas individuales y poder mejorarlos después en el trabajo cooperativo. Un número importante de alumnos valoran especialmente el uso del programa CmapTools porque estiman que les ha ayudado a desarrollar competencias docentes en el ámbito tecnológico y comunicativo.

Al reflexionar sobre las posibles aplicaciones de los mapas conceptuales, casi dos tercios de los futuros profesores consideran que pueden ser bastante útiles para la enseñanza de las ciencias, porque la representación del conocimiento sobre un tema del currículum por parte de un docente es una actividad necesaria para poder comunicar posteriormente ese conocimiento a sus alumnos. Muchos de los participantes han observado -a través de su propia experiencia- que los mapas conceptuales obligan a reflexionar sobre un tema para poder relacionar los conceptos fundamentales y pueden ayudar a desarrollar la creatividad. Otros sujetos opinan que los mapas conceptuales pueden constituir una buena técnica de estudio para todo tipo de estudiantes, porque favorecen la organización de la memoria y la recuperación de la información.

#### 4. Conclusiones

Al llevar a cabo este estudio, se plantearon una serie de interrogantes que han servido para establecer los objetivos a desarrollar y para llevar a cabo las acciones que se han descrito en esta experiencia. A pesar de las importantes aplicaciones educativas de los mapas conceptuales y de su enorme contribución a la mejora de la educación científica, a lo largo de las últimas décadas (Moreira, 1988; Novak, 1991; Preszler, 2004; Miller et al., 2009), es sorprendente que la mayoría de los futuros profesores de ciencias apenas poseen conocimientos previos sobre el proceso de elaboración de mapas conceptuales y su utilidad educativa, al comenzar el curso de formación inicial del profesorado de secundaria. Así mismo, aunque muchos participantes conocen herramientas informáticas de propósito general (como Word o PowerPoint), que les permiten construir esquemas y organigramas, más del 90% de nuestros alumnos del máster FPES desconocen la existencia de recursos TIC que ayuden a construir mapas conceptuales de gran calidad como CmapTools, Visio o Prezi (Pontes, 2012).

Por tales motivos, desde hace tiempo, se viene llevando a cabo un proyecto de innovación docente e investigación educativa, en el contexto del Máster de Formación del Profesorado de Secundaria (FPES) de la Universidad de Córdoba (España), donde se utilizan los mapas conceptuales para fomentar un modelo reflexivo y colaborativo de formación

docente (Pontes, 2012) y para desarrollar competencias comunicativas basadas en el uso efectivo de las TIC en el aula (Schaal, 2010; González-García et al., 2011). También se integran ambos aspectos en el tratamiento de temas transversales relacionados con los problemas medioambientales (Vanhear & Peace, 2008), aplicando estrategias de enseñanza y aprendizaje que se fundamentan en el enfoque CTSA (Beckert & Gurgel, 2005), puesto que la educación debe ser considerada como agente de concienciación de la sociedad y es, por tanto, necesario fomentar la educación ambiental en la formación inicial docente (Hicks & Holden, 1995; Gedzune & Gedzune, 2011; Vilches & Gil, 2012), realizando actividades que ayuden al profesorado a adoptar una actitud comprometida con el desarrollo sostenible (Pontes & Varo, 2014). En la primera fase de este proyecto las actividades descritas se han realizado en la asignatura transversal del máster FPES, denominada *Técnicas de Comunicación Docente* (TCD), donde se combinan los recursos TIC con la elaboración de mapas conceptuales individuales y grupales, tomando como punto de partida el análisis de textos de interés educativo (Hilbert & Renkl, 2008).

En esta experiencia, desarrollada con futuros profesores de física, se han utilizado textos relacionados con los problemas medioambientales que ocasiona el cambio climático (Hasselmann, 2011), detectando al inicio un nivel muy bajo de conocimientos previos sobre mapas conceptuales y el uso de recursos TIC para la elaboración de tales mapas digitales. Sin embargo, los futuros profesores han aprendido pronto a construir mapas conceptuales y a manejar el software CmapTools, trabajando a nivel individual y también en grupo, alcanzando de forma rápida un buen manejo del software CmapTools, que les ha permitido elaborar materiales didácticos de gran interés para la enseñanza de la física en la fase práctica del máster. En el desarrollo de esta experiencia se ha podido comprobar, de forma práctica y reiterada en varios cursos sucesivos, que se pueden desarrollar mapas conceptuales a partir de textos relacionados con problemas medioambientales, como vía para fomentar valores conservacionistas en futuros profesores de ciencias. También se ha observado que los mapas conceptuales colaborativos fomentan la capacidad de trabajo en equipo y generan un buen ambiente de trabajo en el aula, que ayuda a desarrollar la motivación de los futuros docentes, como se ha observado en otros estudios (Preszler, 2004; Schaal, 2010).

Uno de los fines de este estudio consistía en analizar si las técnicas de representación del conocimiento, basadas en el uso de mapas conceptuales, contribuyen al desarrollo de competencias comunicativas en la formación inicial del profesorado de ciencias. Por este motivo, se ha valorado la calidad de los mapas de nuestros alumnos hemos, utilizando un modelo de evaluación ensayado previamente (Pontes & Varo, 2014) y que está basado en ideas procedentes de estudios anteriores (Miller et al., 2009; Murga-Menoyo et al., 2011; Proctor & Bernstein, 2013). Así, se ha observado una mejoría en las actividades de representación del conocimiento que se realizan en grupo (Chiu, et al., 2000), apreciando una calidad media elevada en los trabajos complementarios realizados fuera del aula, en los que el alumnado ha mostrado gran eficacia en el uso de CmapTools para elaborar presentaciones multimedia y otros materiales didácticos que relacionan la educación ambiental con los contenidos científicos de la educación secundaria. Los resultados obtenidos, en la valoración cuantitativa de los diferentes tipos de mapas elaborados por los participantes, apuntan hacia la existencia de una correlación significativa entre la competencia adquirida en el dominio de la representación del conocimiento y el desarrollo de técnicas de comunicación docente, aunque este hecho debería ser corroborado con estudios posteriores de mayor calado y profundidad..

Finalmente, otro objetivo del proyecto era conocer la opinión de los futuros profesores de ciencias sobre el proceso formativo realizado en la asignatura TCD, tras

aprender a representar el conocimiento usando mapas conceptuales y recursos informáticos como CmapTools, para indagar si se ha producido una influencia positiva durante la experiencia en el desarrollo de algunas competencias docentes. Por ello, se ha utilizado una encuesta de cuestiones abiertas para recabar las opiniones de los futuros profesores sobre el desarrollo de la experiencia formativa y sobre el papel que pueden desempeñar los mapas conceptuales en la educación científica y la formación docente. Para el análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados obtenidos en tales cuestiones, se ha aplicado un protocolo ensayado en un estudio anterior, que se ha llevado a cabo en el proceso de formación de educadores ambientales (Pontes & Varo, 2014), y los datos obtenidos muestran que el instrumento utilizado parece suficientemente válido y fiable, ya que los resultados de este estudio y del anterior son convergentes.

Aunque se han detectado algunas dificultades durante el aprendizaje de la técnica de elaboración de mapas conceptuales, la experiencia formativa (contenidos tratados, metodología y recursos empleados y evaluación del aprendizaje) ha sido valorada satisfactoriamente. Por ello, se puede concluir que la experiencia realizada ha sido positiva y se han alcanzado razonablemente los objetivos propuestos, ya que los futuros profesores de ciencias, tras aprender a elaborar mapas conceptuales individuales y colaborativos, con ayuda del software CmapTools, muestran opiniones bastante positivas sobre las aplicaciones educativas de los mapas conceptuales y su capacidad para mejorar la actividad docente y la comunicación en el aula (Schaal, 2010; Karakuyu, 2011). La mayoría de los participantes en la experiencia consideran que la realización de mapas conceptuales colaborativos y el uso de CmapTools favorecen la motivación, el trabajo en equipo, el uso práctico de las TIC y contribuyen a desarrollar competencias comunicativas útiles para la docencia, aspectos que convergen con los resultados de otros estudios sobre el tema (MacKinnon & Aylward, 2009; Murga-Menoyo et al., 2011).

También se ha observado que la elaboración de mapas conceptuales, a partir del análisis de textos relacionados con la educación ambiental, ayuda a los futuros profesores a reflexionar sobre la problemática medioambiental del mundo en el que vivimos y fomenta interesantes debates en el aula. De esta forma, tales actividades contribuyen modestamente a generar una actitud de mayor compromiso con el desarrollo sostenible y la conservación del medio natural (Zak & Munson, 2008; Leal Filho, 2009), aunque esta es una hipótesis que habrá que corroborar en futuras investigaciones, utilizando instrumentos de recogida de datos más específicos y destinados a lograr este fin, además de tratar de extender el uso de este tipo de actividades a otras materias del módulo específico del máster FPES.

Por último, es posible afirmar que esta experiencia aporta aspectos innovadores interesantes para avanzar en la mejora de la formación inicial del profesorado de ciencias, con respecto a otros estudios previos, ya que se aborda el tratamiento de temas propios del enfoque CTSA integrando el uso de mapas conceptuales (Novak 1978; Zak & Munson, 2008) con el análisis de textos (Beckert & Gurgel, 2005; Hilbert & Renkl, 2008) y el recurso CmapTools (Daley et al., 2007), para ayudar a desarrollar competencias docentes relacionadas con la representación y comunicación del conocimiento de los profesores (González-García et al., 2010). También se aportan resultados relativos a las opiniones de los futuros docentes que reflejan la motivación y buena valoración de las actividades realizadas o los recursos empleados, usando instrumentos y técnicas de investigación diferentes a las que se han utilizado en otros estudios, aunque las conclusiones son convergentes o parecidas (Preszler, 2004; Schaal, 2010; Murga-Menoyo et al., 2011).

Sin embargo, las conclusiones no son generalizables por las limitaciones propias de un estudio exploratorio de estas características. Por ello, en la segunda fase de este proyecto, se está ampliando la experimentación de estas actividades a otras especialidades del máster FPES, tratando de mejorar los instrumentos de evaluación de los mapas conceptuales elaborados por los alumnos y utilizando un cuestionario de escala Likert que permita mejorar el análisis de validez y fiabilidad correspondiente al estudio de las opiniones de los futuros docentes, tras un primer ensayo realizado con futuros docentes del área de ciencias sociales (Pontes et al., 2015). Otra de las perspectivas para seguir avanzando, a partir de esta experiencia, consiste en recoger datos sobre el uso de los mapas conceptuales y del software CmapTools que realizan los futuros profesores a la hora de aprender y comunicar otros aspectos de la formación docente, desarrollados en materias del módulo específico, o durante la fase práctica del curso de formación, ya sea en las actividades educativas que llevan a cabo en los centros de enseñanza secundaria o al exponer el trabajo fin de máster.

### **AGRADECIMIENTOS:**

La experiencia mostrada en este estudio ha recibido ayuda de varias instituciones, a las que estamos agradecidos, ya que forma parte de un proyecto de innovación docente aprobado por la Universidad de Córdoba (PIE-122032), a quien mostramos nuestro agradecimiento.

## Referencias bibliográficas

- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76 (5), 477-491.
- Almeida, V.O., & Moreira, M.A. (2008). Concept maps as instructional aid to promote meaningful learning of optical physics concepts. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30 (4), 4403(1)-4403-7
- Aydin, S., Aydemir, N., Boz, Y., Cetin-Dindar, A., & Bektas, O. (2009). The Contribution of Constructivist Instruction Accompanied by Concept Mapping in Enhancing Pre-service Chemistry Teachers' Conceptual Understanding of Chemistry in the Laboratory Course. *Journal of Science Education and Technology*, 18(6), 518-534.
- Bonil, J., Calafell, G., Granados, J., Junyent, M. & Tarín, R.M., Un modelo formativo para avanzar en la ambientalización curricular. *Profesorado: Revista de currículum y formación del profesorado*, 16 (2) 145-163.
- Beckert, E.S. & Gurgel, C.M.A (2005). La lectura de un texto como estrategia de investigación del pensamiento CTS: las visiones de los futuros profesores de biología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 2(2), pp. 141-154.
- Cañas, A.J., Hill, G. & Lott, J. (2003). *Support for Constructing Knowledge Models in CmapTools*. Technical Report 2003-02. Pensacola, FL: IHMC. <http://www.ihmc.us>
- Chiu, C.H., Huang, C., & Chang, W. (2000). The evaluation and influence of interaction in network supported collaborative concept mapping. *Computers & Education* , 34(1) 17-25.
- Correia, P.R.M., Silva, A.C., & Junior, J.G.R. (2010). Concept maps as a tool for evaluation in classroom. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32 (4), 4402(1)-4402(8).
- Daley, B.J., Cañas, A.J., & Stark, T. (2007). CmapTools: Integrating Teaching, Learning and Evaluation in Online Courses. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 113, pp. 37-47.
- Engelmann, T. & Hesse, F.W. (2010). How Digital Concept Maps about the Collaborators' Knowledge and Information Influence Computer-Supported Collaborative Problem Solving. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 5(3), pp.299-319
- García-Carmona, A. (2005). Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de secundaria. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 4 (2), pp. 101-117.
- Gedzune, I., & Gedzune, G. (2011). Exploring and promoting ecological consciousness in teacher education: The possibilities of educational action research in education for sustainable development. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 13 (1), 43-61.
- González-García, F., Guruceaga, A., Pozueta, E. & Porta, S. (2010). Una aproximación al conocimiento de una profesora universitaria, agente de buenas prácticas docentes, utilizando mapas conceptuales. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 14 (3), 117-130.
- Greene, B.A., Lubin, I.A., Slater, J.L. & Walden, S.E. (2013). Mapping Changes in Science Teachers' Content Knowledge: Concept Maps and Authentic Professional Development. *Journal of Science Education and Technology*, 22(3), 287-299.
- Hasselmann, K. (1993). Optimal fingerprints for the detection of time-dependent climate change. *Journal of Climate*, 6(10), 1957-1971.

- Hasselmann, K. (2011). Frenar el cambio climático es posible si se invierte. *Diario El País* (07-05-11). Disponible en [http://elpais.com/diario/2011/05/07/paisvasco/1304797211\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/05/07/paisvasco/1304797211_850215.html)
- Hicks, D. & Holden, C. (1995). Exploring the future: a missing dimension in environmental education. *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.
- Hilbert, T. S. & Renkl, A. (2008). Concept Mapping as a Follow-Up Strategy to Learning from Texts: What Characterizes Good and Poor Mappers? *Instructional Science: An International Journal of the Learning Sciences*, 36(1), pp. 53-73
- Ilisko, D. (2007). Teachers as agents of societal change. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 7, 14-26.
- Karakuyu, Y. (2011). Do Science and Technology Teachers and Pre-Service Primary Teachers Have Different Thoughts about Concept Maps in Science and Technology Lessons? *Educational Research and Reviews*, 6(3), pp. 315-325.
- Koponen, I., & Nousiainen, M. (2013). Pre-Service Physics Teachers' Understanding of the Relational Structure of Physics Concepts: Organising Subject Contents for Purposes of Teaching. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(2), 325-357.
- Leal Filho, W (2009). La educación para la sostenibilidad: iniciativas internacionales. *Revista de Educación*, Número extraordinario, 263-277.
- MacKinnon, G.R. & Aylward, M.L. (2009). Models for Building Knowledge in a Technology-Rich Setting: Teacher Education. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 35 (1), 1-7
- Miller, K. J., Koury, K. A., Fitzgerald, G. E., Hollingsead, C.; Mitchem, K. J., Tsai, H.H., & Park, M. K. (2009). Concept Mapping as a Research Tool to Evaluate Conceptual Change Related to Instructional Methods. *Teacher Education and Special Education*, 32(4), 365-378
- Moreira, M.A. (1988). Mapas conceptuales en la enseñanza de la física. *Contactos*, 3, pp. 38-49.
- Mosothwane, M. (2002). Pre-service teachers' conceptions of environmental education. *Research in Education*, 68, 26-40.
- Murga-Menoyo, M.A., Bautista, M.J., & 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.
- Navas, N.G. (2011). Utilización de un sistema Blended Learning en el módulo de energías renovables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 8(2) pp. 171-179.
- Nousiainen M. (2012). Making concept maps useful for physics teacher education: analysis of epistemic content of links. *Journal of Baltic Science Education*, 11 (1), 29-42.
- Novak, J. D. (1978). A Theory of Education as a Basis for Environmental Education. In Bakshi T. S. & Naveh, Z. (Eds.). *Environmental Education. Principles, Methods and applications*, 129-138. Nueva York: Plenum Press.
- Novak, J.D. (1991). Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender: La opinión de un profesor investigador. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 215-228.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J.D., & Cañas, A. J. (2006). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them*. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2006. <http://www.ihmc.us/Publications/>

- Pedrajas, A. P., Rodríguez, R. S., González, J. M. M., & Cobo, I. L. (2011). Innovación educativa sobre aprendizaje colaborativo con Cmaptools en la formación inicial docente. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 4(2), 136-154.
- 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. 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.
- Pontes, A.; Serrano, R. y Muñoz, J. M. (2015). Los mapas conceptuales como recurso de interés para la formación inicial del profesorado de enseñanza secundaria: Opiniones del alumnado de ciencias sociales y humanidades. (En Prensa). *Educación XX1*, 18(1), 99-124
- Preszler, R.W. (2004). Cooperative concept mapping improves performance in biology. *Journal of College Science Teaching*, 33, 30-35.
- Prieto, T., España, E. & Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71-77.
- Proctor, J.D., & Bernstein, J. (2013). Environmental Connections and Concept Mapping: Implementing a New Learning Technology at Lewis & Clark College. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 38 (1), pp.30-41.
- Schaal, S. (2010). Enriching traditional biology lectures with digital concept maps and their influence on achievement and motivation. *World Journal on Educational Technology*. 2(1), 42-54
- Solbes, J. & Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry, *Science Education*, 81 (4), 377-386.
- Solomon, J. (1993). *Teaching Science, Technology & Society*. Buckingham: Open University Press.
- Sutton, R. E., & Wheatley, K. F. (2003). Teachers' emotions and teaching: A review of the literature and directions for future research. *Educational Psychology Review*, 15(4), 327-358.
- Vanhear, J., & Pace, P.J. (2008). Integrating Knowledge, Feelings and Action: Using Vee Heuristics and Concept Mapping in Education for Sustainable Development. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 10, 42-55.
- Vázquez Cano, E. (2012). El tratamiento interdisciplinar de lo eco-sostenible en la enseñanza secundaria: un estudio de casos. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 16 (2) 165-192.
- Vázquez, A., & Manassero, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31.
- Vilches, A., & Gil Pérez, D. (2012). La educación para la sostenibilidad en la Universidad: el reto de la formación del profesorado. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 16 (2), 25-43.
- Zak, K.M., & Munson, B.H. (2008). An exploratory study of elementary preservice teachers' understanding of ecology using concept maps. *Journal of Environmental Education* 39 (3), 32-46.