

ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA COGNITIVA: MAPAS CONCEPTUALES VERSUS REDES ASOCIATIVAS PATHFINDER

José Luís Torres Carvalho, Centro de Competência TIC, Universidade de Évora, Portugal
Ricardo Luengo González, Luis Manuel Casas García, Mercedes Mendoza García, CiberDidact, Universidad de Extremadura, España
E.mail: jlc@uevora.pt, rluengo@unex.es, luisma@unex.es, mendoza@unex.es

Abstract. En este artículo se analizan las principales posibilidades, limitaciones e implicaciones para la investigación, y el estudio del proceso de enseñanza y aprendizaje, de las teorías de Ausubel, Novak y Gowin y de la Teoría de los Conceptos Nucleares de Casas y Luengo, así como las principales técnicas de organización y representación del conocimiento conceptual inherentes a estas teorías.

En este contexto son comparadas las técnicas de construcción de mapas conceptuales y la técnica "Pathfinder Associative Networks" (Redes Asociativas Pathfinder), fundada en el campo de la Inteligencia Artificial, considerada como una de las maneras más fiables e innovadoras de representación de la estructura cognitiva.

Las redes asociativas son un reflejo de la estructura cognitiva de los estudiantes. La técnica de Redes Asociativas Pathfinder permite acercarnos a este constructo proporcionando una representación visual y una detallada información numérica acerca de estas redes. También permiten, y esta es una de sus grandes ventajas, obtener datos sin la interferencia de factores externos, tales como el investigador, la dificultad de la tarea experimental o el contexto en el que se desarrolla el estudio.

1 Introducción

En su libro "Los siete saberes necesarios para la educación del futuro", Morin (2001) afirma que "hay que civilizar nuestras teorías, o sea, desarrollar una nueva generación de teorías abiertas, racionales, críticas, reflexivas, auto-críticas, capaces de se auto-reformar." (Morin, 2001, cit. Moreira, 2000, p.67). Cachapuz (2000) comparte este punto de vista y extiende esta idea al considerar que es muy importante seguir profundizando en las bases teóricas del aprendizaje (territorio sobre lo cual todavía sabemos muy poco), ya que puede guiar las nuevas políticas, modelos y prácticas de enseñanza y formación con miras a la excelencia en el aprendizaje." (Cachapuz, 2000, p.67).

Uno de los aspectos más controvertidos de la teoría de Ausubel, en lo que se refiere al aprendizaje de conceptos, es la suposición de que los conceptos se organizan jerárquicamente en la estructura cognitiva del alumno, de los más inclusivos a los menos inclusivos. También es discutible la suposición de que la mayoría de los conceptos es adquirida por diferenciación desde otros más generales, aunque Ausubel considera, pero con menos relieve, otras formas de construcción. "Hay motivos razonables para creer que no sólo la organización psicológica no tiene que seguir este patrón lógico (sobre todo en los alumnos más jóvenes), pero que esta organización jerárquica es, probablemente, enmascarada por limitaciones relativas a las instrucciones dadas a los propios alumnos para construir los designados de mapas conceptuales, así como por los ejemplos generalmente propuestos (dominios altamente estructurados). Esto no significa que no se reconozca el interés didáctico de estos instrumentos, pero tan sólo advertir para la confusión que a menudo se produce entre el constructo y su representación asequible." (Cachapuz, 2000, p. 69)

El aprendizaje natural proviene tanto de la diferenciación de conceptos en otros más específicos, como de la abstracción de conceptos más generales a partir de conceptos subordinados. Wertheimer (1945, cit. Pozo, 1994) muestra todavía que, en la historia de la Ciencia, los nuevos conceptos surgen a menudo por la integración de otros más simples y no por procesos de diferenciación.

2 La Teoría de los Conceptos Nucleares (TCN)

Para entender cómo se adquiere y organiza el conocimiento y cómo se puede caracterizar la estructura cognitiva se vuelve importante conocer una de las teorías emergentes en este campo, la TCN (Casas, 2002 & 2003; Casas & Luengo, 2004, 2005; Arias, 2008; Antunes, 2010; Carvalho, 2011) que ofrece una nueva perspectiva para explicar cómo los procesos de aprendizaje se producen en la mente humana. Esta teoría, que se corresponde al marco teórico general de la Ciencia Cognitiva, se basa en los fundamentos de la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (Ausubel, 1968, Novak & Hanesian, 1983, Novak & Gowin, 1984), entre otros.

La TCN nos ofrece una nueva perspectiva sobre la organización de la estructura cognitiva y asigna una nueva e importante función a los conceptos que figuran de manera más prominente en esta estructura. Ofrece, por lo tanto, una nueva manera de entender cómo funciona el aprendizaje de nuevos conceptos, dando mayor

importancia a elementos de la enseñanza y el aprendizaje a que normalmente no es dada la debida consideración, como los conceptos menos universales, menos formales o menos complejos y, por consiguiente, a las representaciones mentales que estos conceptos provocan en los alumnos.

Los principales elementos de la TCN son la "organización geográfica del conocimiento", la noción de "conceptos nucleares" y la noción de "senderos de mínimo coste." (Casas, 2002 & 2003; Casas & Luengo, 2004, 2005; Arias, 2007; Antunes, 2010; Carvalho, 2011). Al igual que otras teorías, hace uso de una técnica propia, la "Pathfinder Associative Networks" (Redes Asociativas Pathfinder), que será descrita más adelante.

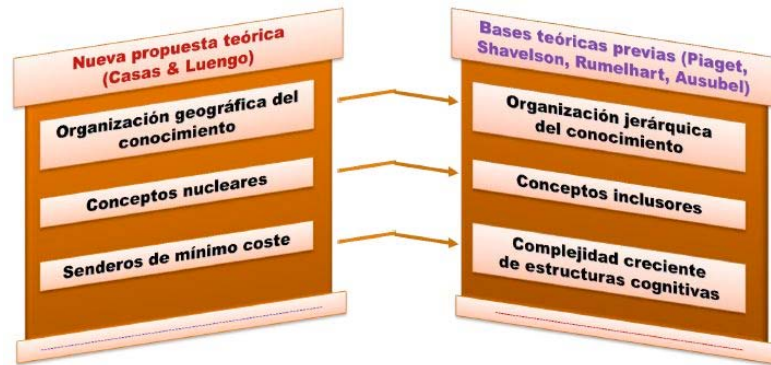


Figura 1. Esquema de los elementos principales de la Teoría de los Conceptos Nucleares

La "organización geográfica del conocimiento" es una metáfora para explicar que la estructura cognitiva de los alumnos no está organizada jerárquicamente en torno a conceptos más generales del que emergen todos los demás, sino de conceptos concretos que no son necesariamente los más generales.

De acuerdo con esta teoría no hay conceptos de nivel superior o nivel inferior, sino que simplemente conceptos (conceptos nucleares) que apoyan el desarrollo de la estructura cognitiva. Es decir, los conceptos nucleares no son necesariamente los más generales, sino simplemente los más significativos para el alumno, los más destacados dentro de su estructura cognitiva. En la práctica, esta teoría tiene por objeto poner de relieve que los alumnos organizan su estructura cognitiva no sólo alrededor de los conceptos más generales o abstractos, sino en torno a conceptos, que en muchos casos, puede ser sólo un ejemplo. Novak & Cañas (2004) describen como, unos años antes, Novak encontró una técnica útil para los estudiantes que fue la de preparar mapas conceptuales mostrando "ideas clave" y sus relaciones, aunque manifiestan que "...éstos no fueron mapas completos, sólo los conceptos clave. Se les pedía a los estudiantes agregar conceptos a los mapas del profesor y reestructurar el mapa de la manera que tuviera más sentido para ellos". Coincidimos en "las ideas clave" pero en el caso descrito por estos autores las "ideas clave" las establece el profesor y las organiza en una estructura jerárquica, mientras que la TCN se refiere a las "ideas clave de los alumnos-conceptos nucleares" que además no necesariamente son jerárquicas.

Los "senderos de mínimo coste" son las relaciones de mayor simplicidad, pero más importantes, que los alumnos utilizan progresivamente a medida que avanzan en la construcción del conocimiento, aunque en su estructura cognitiva afloran cada vez más elementos relacionados entre ellos. Partiendo de esta premisa, la Teoría de los Conceptos Nucleares propone que, según avanza el aprendizaje, la estructura cognitiva de los alumnos se transforma gradualmente, pero paradójicamente, en una estructura más simple.

3 Representación de la estructura cognitiva

Dentro de la Ciencia Cognitiva ha ganado interés e importancia las técnicas de análisis y representación del conocimiento. Existen varias clasificaciones de los procedimientos y técnicas de observación, análisis y representación del conocimiento (Jonassen, Beissner & Yacci, 1993; Gonzalvo, Cañas & Bajo, 1994; Cooke, Salas, Cannon-Bowers & Stout, 2000; Gilar, 2003), que varían principalmente según el tipo de conocimiento en análisis, la fase de análisis y las técnicas cualitativas o cuantitativas utilizadas.

La mayoría de estas técnicas admiten la metáfora espacial para describir la estructura cognitiva y se basan en datos de similaridad, es decir, en aproximaciones semánticas entre los conceptos en la memoria humana. Estos métodos requieren, casi todos, la identificación de un conjunto de conceptos relacionados que definen un

dominio del conocimiento. El proceso de representación del conocimiento generalmente se produce en dos etapas. La primera busca estimular el conocimiento estructural de un alumno y la segunda trata de representar las estructuras básicas y la interrelaciones dese conocimiento. A continuación, nos centraremos en los procedimientos de representación y análisis de la estructura cognitiva, refiriendo y comparando las técnicas de construcción de mapas conceptuales y la técnica de Redes Asociativas Pathfinder.

3.1 Mapas conceptuales (MC). Potencialidades en la enseñanza

Los mapas de conceptos, o mapas conceptuales (MC), se encuadran en la tipología de las técnicas que consisten esencialmente en solicitar al alumno que coloque de modo organizado un conjunto de conceptos (que le pueden ser presentados o que el propio alumno selecciona de una área específica de conocimiento), que relacione esos conceptos y describa o clasifique la naturaleza conceptual de las relaciones entre los conceptos. Al parecer, es uno de los métodos más simples para evaluar la comprensión de los alumnos acerca de los conceptos más relevantes de un área y las relaciones más importantes entre los mismos, que el alumno ya posee o que se han presentado o se han trabajado durante un proceso de enseñanza y aprendizaje.

Existen varias técnicas de este tipo, entre las que podemos mencionar las "telas semánticas", los "mapas cognitivos", los "mapas de interacción casuales", los "diagramas de Veen", y otros descriptos por Jonassen, Beissner & Yacci (1993).

La técnica de construcción de MC tiene sus orígenes en el movimiento de la teoría cognitiva del aprendizaje significativo de Ausubel y fue utilizada por primera vez por Novak e Gowin en los años 80. (Novak & Gowin, 1984). "Los MC tienen por objetivo representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones." (Novak & Gowin, 1984, p.31). Una proposición (oración gramatical o frase) se compone de dos o más términos conceptuales vinculados por palabras de ligación de modo a formar una unidad semántica. Un mapa es una representación esquemática basada en una estructura bidimensional de proposiciones, que tiene por finalidad poner de relieve un conjunto de significados conceptuales. (Carvalho et al., 2009)

"Dado que el aprendizaje significativo se produce más fácilmente cuando los nuevos conceptos o significados conceptuales se incluyen en otros conceptos más amplios, más inclusivos, los MC deben ser jerárquicos. Es decir, los conceptos más generales e incluyentes deben permanecer en la parte superior o centro del mapa, con los conceptos más específicos, menos incluyentes, sucesivamente colocado debajo de ellos." (Novak & Gowin, 1984, p.32). A veces es útil incluir en el mapa eventos u objetos específicos para ilustrar los orígenes del significado del concepto (la regularidad que se representa).

Los MC tienen el especial propósito de ayudar a los alumnos y educadores a comprender el significado de los materiales de aprendizaje. Para Novak & Gowin, los MC pueden ser al mismo tiempo: un recurso de auto-aprendizaje, un método para encontrar y expresar el significado de los materiales de estudio (por ejemplo, extrayendo las ideas principales de un texto), una estrategia que fomenta la organización de los materiales de estudio. (Carvalho et al., 2009)

Desde la perspectiva de los alumnos, los MC funcionan como una hoja de ruta, que sirve para aclarar las ideas clave en que deben centrarse para realizar una tarea específica de aprendizaje. Al final de esta tarea muestran un resumen esquemático de lo que se aprendió. Los MC, al ayudar a los alumnos a estructurar sus propias representaciones visuales de los conocimientos, los están ayudando a aclarar los conceptos clave o proposiciones a aprender "sugiriendo también conexiones entre el conocimiento nuevo y lo que él o ella ya saben." (Novak & Gowin, 1984, p.38)

Para los profesores, los MC se pueden utilizar para ayudar a planificar el proceso de enseñanza y aprendizaje, es decir, para establecer con los alumnos que caminos hacer para seleccionar y organizar los significados, así como ayudar los alumnos a descubrir nuevas relaciones conceptuales o concepciones alternativas de los alumnos. También pueden servir como herramientas de corrección de errores (Novak, & Cañas, 2004), de evaluación para conocer el estado previo o actual de los conocimientos de los alumnos y evaluar si los alumnos han adquirido la capacidad de analizar, sintetizar y aplicar los nuevos conocimientos.

Un buen resumen sobre la literatura relacionada con el uso de las técnicas de MC para la Educación lo podemos encontrar en Cañas y cols (2003). En concreto, en el capítulo 3 toca temas tan interesantes como la utilidad del uso de MC para la evaluación, los métodos de puntuación de los MC y la fiabilidad y validez para la evaluación. Refleja también evidencias de la efectividad de los MC para la Educación avaladas por estudios en los que se comparó con ellos una intervención educativa alternativa a los MC y otros estudios en los que

compararon los MC con otras herramientas y materiales de apoyo al aprendizaje. Pero también es cierto que los MC tienen sus limitaciones, tema que abordaremos en el siguiente apartado.

3.1.1 Limitaciones de los mapas conceptuales

Algunos autores, como Casas (2002), sostienen que, con el propósito de investigación, la técnica de construcción de MC cuenta con algunas limitaciones, especialmente en lo que respecta a la representación de la estructura cognitiva de los alumnos y la posible interferencia de agentes externos, como el profesor o el investigador, la naturaleza de la actividad propuesta al alumno, o los contextos en los que se desarrolla el trabajo. (Casas, 2002)

Consideran que el mayor o menor éxito en la construcción de un mapa no sólo es determinada por el mejor o peor conocimiento de un área, sino también por el dominio de la técnica, por la mayor o menor habilidad de construcción de MC conceptuales. El rendimiento de la tarea de construcción requiere práctica y la utilidad de los MC para la investigación puede verse limitada por la capacidad de los alumnos para reflejar claramente su conocimiento o comprender cómo construir un mapa conceptual. Diversos autores ponen de manifiesto dificultades en el empleo de la herramienta, que parece ser consistente a lo largo de los países y las áreas de uso (Cañas & Novak, 2006). Entre ellas, la dificultad en la construcción y estructura de las proposiciones, la falta de una pregunta de enfoque para guiar la construcción del mapa y la tendencia de construir MC descriptivos en lugar de explicativos. Estas dificultades se manifiestan también en los profesores (Miller, Cañas & Novak, 2006) que manifiestan que a pesar de que un alto porcentaje de los profesores están familiarizados con los MC, y que muchos los usan en sus aulas, la mayoría de ellos tienen graves errores conceptuales con respecto a esta herramienta.

Asimismo, refieren que los MC creados por los alumnos tienden a destacar las ideas fundamentales y la estructura de contenido de un tema (previamente enseñada por el profesor o aprendida, por ejemplo, a través del libro de texto) y no los conceptos clave y los enlaces de su propia estructura cognitiva.

Si bien la capacidad de expresar el conocimiento puede ser un valioso propósito educativo, la incapacidad para evidenciar de manera adecuada lo que se sabe puede interferir con el uso de una técnica de evaluación estructural. "Existe una diferencia entre lo que el alumno sabe hacer y lo que realmente hace, y esto conduce a que el resultado de algunas pruebas esté mediatizado en algunos casos por el dominio de la tarea.

Novak & Gowin (1984) consideran que "desde que el aprendizaje significativo se produce más fácilmente cuando los nuevos conceptos o significados conceptuales se incluyen en otros conceptos más amplios, más inclusivos, los MC deben ser jerárquicos, es decir, los conceptos más amplios y más inclusivos deben estar en la parte superior del MC, con los conceptos más específicos, menos incluyentes, sucesivamente colocado debajo de ellos." (Novak & Gowin, 1984, p.32)

Sin dejar de salvaguardar la idea de que el mismo conjunto de conceptos se puede representar en dos o más jerarquías válidas ("mapas de goma") formando modelos alternativos de significados y que "está claro que las redes neuronales que se establecen son complejas, con muchos enlaces cruzados entre las células cerebrales en acción" (Novak & Gowin, 1984, p.33), su teoría evidencia la premisa de la organización jerárquica del conocimiento. Sin embargo, consideramos que esta estructuración ni siempre está concebida de forma jerárquica, pues no siempre una persona comienza un aprendizaje significativo en un concepto general o incluyente. Puede, y en muchos casos esto sucede, partir de un objeto o un evento específico que sirven entonces como una referencia clave para la construcción del conocimiento.

Por último, han surgido críticas sobre la dificultad de interpretación de los MC creados por diferentes alumnos o profesores, especialmente cuando los alumnos construyen mapas sobre un mismo tema pero con conceptos distintos o cuando estudiamos grandes cantidades de MC. Actualmente, las últimas versiones de CmapTools, presentan una herramienta que facilita la evaluación de mapas permitiendo "la comparación de un mapa conceptual «experto» de un tema con mapas construidos por estudiantes, y todos los conceptos similares o diferentes se realizan en color." (Novak & Cañas, 2006, p.29). La herramienta a que aludimos, de comparación de MC donde son utilizados los mismos conceptos, devuelve como resultados el porcentaje de coincidencia entre las proposiciones, conexiones entre conceptos, frases de enlace y descripción de conceptos (caso de que exista) entre 2 mapas conceptuales.

Otra limitación fuerte de la teoría de Ausubel se refiere al hecho de no proponer un método convincente para reconocer los conceptos previos que existen en la estructura cognitiva de los alumnos. "Si la gran

aportación de Ausubel y Novak a las teorías educativas ha sido la consideración de la importancia de los conocimientos previos, es precisamente en la dificultad de identificar correctamente en la práctica aquellos conceptos que son significativos para los alumnos, que radica una de las debilidades de su propuesta educativa." (Casas & Luengo, 2004b, p.362)

Autores como Sánchez Santamaría (2011) señalan otras limitaciones, como el fomento del pensamiento deductivo frente al inductivo, la limitación del pensamiento circular, el hecho de que el pensamiento se base en relaciones lógicas, más allá del concepto, la complicación de su uso extensivo etc. Otros como Galán, Granell, & Huerta (2002), reconocen que la propia construcción de los mapas tiene un efecto sobre lo que se pretende evaluar y proponen maneras de eliminar ese efecto. Por último, Huerta (1998) señala otros inconvenientes, como que puede existir una dependencia entre la construcción de los MC y la manera en la que se pregunta a los estudiantes para obtenerlos, que los MC podrían no ser reproducibles, que para la construcción de los MC se necesitan habilidades metacognitivas y que no hay criterios objetivos a partir de los cuales analizar los MC de los estudiantes. Propone, para solucionar estas dificultades, una técnica consistente en la aplicación de un test a los estudiantes a partir del cual los investigadores construyeron sus MC cognitivos que sometieron a análisis con posterioridad. Uno de estos análisis se basó en la entrevista clínica.

Sin embargo señalamos que los inconvenientes mencionados para la investigación, para nosotros, no ponen en entredicho la importancia y utilidad de los MC como herramientas para apoyar los diferentes procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

3.2 Redes Asociativas Pathfinder. Potencialidades para la Investigación

La técnica de Redes Asociativas Pathfinder (Schvaneveldt, 1990), a partir de ahora designada por técnica RAP, permite crear representaciones de las relaciones entre conceptos y fornecer informaciones sobre la estructura cognitiva de los alumnos. Estas son representaciones gráficas de la estructura cognitiva, en que los conceptos se representan como nodos o vértices y las relaciones entre ellos como los segmentos de la línea de longitud variable en función del peso asignado y su proximidad semántica. Esta técnica también permite identificar, de una manera sencilla, rápida y eficaz, los conceptos nucleares en torno a los cuales los alumnos estructuran sus conocimientos. Pueden ayudar a explorar el conocimiento conceptual de los alumnos y conocer, a través de mediciones sucesivas, la evolución de sus redes de conocimiento.

La gran ventaja de la técnica RAP tiene que ver con ser capaz de "crear representaciones en forma de redes de la estructura cognitiva de un sujeto a partir de datos empíricos, que se pueden generar de forma totalmente automática. De este modo se evitan los inconvenientes de la subjetividad y de la influencia externa que otras representaciones, como los MC, tienen." (Casas & Luengo, 1999, p.17)

Las RAP son, por tanto, representaciones gráficas en forma de grafos, en que los conceptos se representan como nodos o vértices y las relaciones entre ellos como segmentos de recta de longitud variable en función del peso dado a su proximidad semántica. (Schvaneveldt, 1990)

Los valores de proximidad o similaridad entre los conceptos, obtenidos por consulta (directa o indirecta) a cada alumno se almacenan y se organizan en una matriz de datos que corresponde a una matriz de coeficientes de correlación. Después de obtener la matriz o matrices, el algoritmo Pathfinder convierte los valores en una red. El algoritmo descubre el camino indirecto más cercano entre los conceptos y selecciona sólo la longitud mínima de las conexiones entre conceptos. Por lo tanto, sólo las relaciones más fuertes son consideradas y representadas gráficamente.

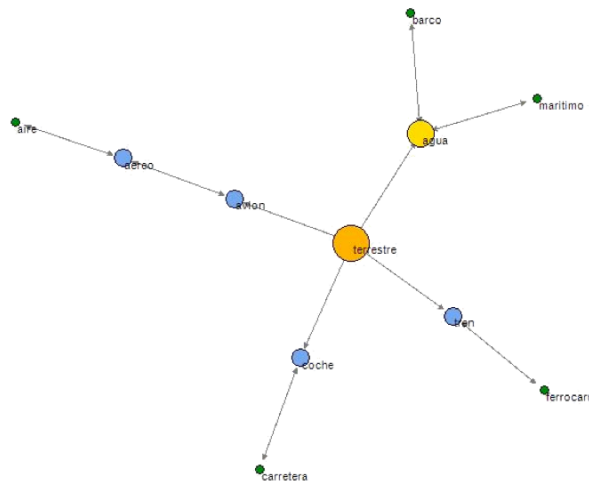


Figura 2. Ejemplo de una red conceptual sobre los medios de transporte

Los programas de ordenador más utilizados en Educación (KNOT, PATHFINDER, GOLUCA, etc.) que crean estas representaciones (sin la interferencia del alumno) también permiten el cálculo de otras características importantes de las RAP, tales como la coherencia interna, la similitud, la complejidad, las redes medias, los nodos vecinos, etc., que pueden ser analizadas con muchos tipos de pruebas estadísticas, y que apoyan la interpretación objetiva de los resultados. Los programas citados, que representan las RAP, solucionan los problemas de volumen de datos manifestados por Huerta (2006), y además los tratamientos y parámetros cuantitativos aludidos los proporcionan los programas Knot o Goluca, mientras que CMapsTools no lo hace.

3.2.1 Limitaciones de las Redes Pathfinder

En las RAP no se especifican las relaciones entre los nodos, solo su relación de proximidad. Cuando estamos representando redes mentales a través de la técnica de RAP, a partir de las mismas no podemos saber cómo se asocian los conceptos. La RAP solo nos informa acerca de su proximidad conceptual, pero no de cuál es la relación establecida por el sujeto entre dichos conceptos.

La representación depende de los pesos atribuidos a la relación y por ello pueden obtenerse distintas redes según estos valores y esto puede ser de difícil interpretación. Cuando en una representación mental los conceptos base para la obtención de la RAP pertenecen a un mismo contexto, cada nodo está relacionado con todos los demás en mayor o menor medida. La representación es útil cuando refleja de una manera gráfica las relaciones más fuertes. Si representamos todas las relaciones resulta una red enmarañada que no nos proporciona más información que la que ya sabemos: que todos los conceptos están relacionados. Es cuando destacamos los más fuertes cuando obtenemos información acerca de las diferencias entre unas RAP y otras. Por tanto hay que tener especial cuidado en las comparaciones de RAP, determinando que los parámetros de las fuerzas de la RAP sean los mismos en unas y otras.

4 Conclusiones

A lo largo de este artículo hemos tratado de mostrar que las dos técnicas tienen muchas posibilidades de aplicación y también sus limitaciones y características propias. Los MC parecen tener su máxima utilidad cuando se usan para reflejar la estructura de la Ciencia. En investigación debe tenerse especial cuidado al sacar consecuencias sobre los MC que hacen los alumnos, porque a veces no hacen el MC que responde a su estructura conceptual (lo que piensan de la materia), sino que tratan de reproducir el contenido de estudio inducidos por el profesor o por los propios libros de texto u otros recursos educativos.

Por eso, las herramientas utilizadas para ayudar la representación de la estructura cognitiva, basadas en la técnica de RAP, pueden ser una plusvalía en la investigación que se desarrolla en las Ciencias de la Educación, donde sea relevante determinar el conocimiento conceptual de los sujetos. La técnica de RAP, que se viene explorando en nuestras líneas de investigación, principalmente estudios de doctorado y master (ver abajo las paginas web donde se hace su recensión), tiene un gran potencial para el estudio del conocimiento conceptual de los alumnos. Utilizada adecuadamente, es un método simple, rápido y eficaz que los investigadores y los profesores tienen a su disposición para identificar los conceptos nucleares en torno a los cuales los alumnos

estructuran sus conocimientos y para explorar y conocer la evolución de las redes de conocimiento de los alumnos cuando se encuentran en situaciones de enseñanza y aprendizaje.

Una forma posible de lograrlo es mediante la comparación de las redes de los alumnos con las redes de otros compañeros, con la red media de un grupo de alumnos, con las redes de los profesores o especialistas e incluso con la estructura de los conceptos que aparecen en un libro de texto o en un recurso educativo en formato digital.

Además, pueden constituir un complemento a los métodos tradicionales de evaluación de conocimientos. Este trabajo se puede realizar en triangulación con otras formas de diagnóstico y evaluación de las actividades realizadas por los alumnos. En base a la información que se recopila a través de este proceso, el profesor dispone de alternativas para comprobar los conocimientos previos, los intermedios y los finales que los alumnos desarrollan a lo largo del proceso educativo y, de acuerdo con los resultados, decidir planificar situaciones de aprendizaje o el uso de recursos de apoyo que ayudan a fortalecer y consolidar los aprendizajes.

Los resultados que estamos obteniendo en nuestros estudios, en particular los relativos a la evolución de la estructura cognitiva de los alumnos, refuerzan la importancia y la necesidad de que los profesores dispongan de medios y condiciones para evaluar los conocimientos de los alumnos antes, durante y después de un proceso educativo. Los datos y las lecciones aprendidas de esta evaluación son esenciales para ayudar al profesor a conducir y a mejorar su práctica pedagógica.

La reciente Teoría de los Conceptos Nucleares también nos está abriendo nuevas perspectivas de enfoque de los conocimientos aplicables a las diferentes áreas de investigación y educación.

- Líneas de investigación:

<http://www.unex.es/investigacion/grupos/ciberdidact/estructura/lineas>

- Tesis doctorales y tesis de master:

<http://www.unex.es/investigacion/grupos/ciberdidact/estructura/tesis>

- Publicaciones (libros, artículos en revistas y en conferencias)

<http://www.unex.es/investigacion/grupos/ciberdidact/estructura/publicaciones>

<http://www.unex.es/investigacion/grupos/ciberdidact/estructura/ponencias>

5 Referencias

- Antunes, A. (2010). Estrutura cognitiva e conceitos nucleares no ensino / aprendizagem da trigonometria: estudo comparativo realizado com alunos do 10º ao 12º ano do ensino secundário, através da aplicação de diferentes metodologias (tesis doctoral). Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Arias, J. (2007). Evaluación de la calidad de Cursos Virtuales - Indicadores de Calidad y construcción de un cuestionario de medida. Aplicación al ámbito de asignaturas de Ingeniería Telemática (tesis doctoral). Badajoz: Universidad de Extremadura, Instituto de Ciencias de la Educación.
- Ausubel, D. (1968). Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.; Novak, J.; Hanesian, H. (1983). Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas.
- Cachapuz, A. (2000). A procura de excelência na aprendizagem. In M. Moreira; J. Valadares; C. Caballero; V. Teodoro (Eds), Teoria da Aprendizagem Significativa - Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Peniche.
- Cañas, A.J. y cols (2003). A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support. The Chief of Naval Education and Training, Ed The Institute for Human and Machine Cognition, Pensacola July 2003.
- Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Re-examinando los fundamentos para el uso efectivo de mapas conceptuales. In Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping. Eds: A. J. Cañas, J. D. Novak. San José, Costa Rica.
- Cañas, A.J.; Valerio, D.B. (2008). Automatic classification of concept maps based on a topological taxonomy and its application to studying features of human built maps. In Concept Mapping: Connecting Educators. Proc. of the Third Int. Conference on Concept Mapping. Eds: A. J. Cañas, P. Reiska, M. Åhlberg & J. D. Novak., Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland 2008.

- Carvalho, J.L.; Maio, V.; Ramos, J.L.; Espadeiro, G. (2009). Mapas de conceitos digitais em contextos educativos: O Projecto Inspir@TIC. Simpósio Internacional "Buenas Prácticas Educativas TIC". Cáceres: Universidad de Extremadura, Facultad de Formación del Profesorado.
- Carvalho, J.L. (2011). Estudio de las posibilidades de aplicación a la enseñanza de la Matemática del entorno PmatE: Validación y aportaciones en 1º Ciclo de Enseñanza Básica de Portugal (tesis doctoral). Badajoz: Universidad de Extremadura, Departamento de Ciencias de la Educación.
- Casas, L.(2002). El estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de Redes Asociativas Pathfinder. Aplicaciones y posibilidades en Geometría (tesis doctoral). Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Casas, L. (2003). El estudio de la estructura El estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de Redes Asociativas Pathfinder. Aplicaciones y posibilidades en Geometría. Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativa 2003 (pp.573-607). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, CIDE.
- Casas, L.; Luengo, R. (2004). Teoría de los Conceptos Nucleares: Aplicación en Didáctica de las Matemáticas, un ejemplo en Geometría. In R. Luengo (Coord.), Líneas de Investigación en Educación Matemática (pp. 127-164). Badajoz: Sociedad Extremeña de Educación Matemática "Ventura Reyes Prósper".
- Casas, L.; Luengo, R. (2005). Conceptos nucleares en la construcción del concepto de ángulo. Revista Enseñanza de las Ciencias, 23(2), 201-216.
- Cooke, N.; Salas, E.; Cannon-Bowers, J.; Stout, R. (2000). Measuring team knowledge. Human Factors, 42(1), 151-173.
- Galán, E.; Granell, R.; Huerta, P. (2002). Los mapas conceptuales en Educación Matemática: Antecedentes y estado actual de la investigación". VI Simposio SEIEM. Logroño, Septiembre 2002. Retrieved from: <http://www.seiem.es/publicaciones/archivospublicaciones/actas/Actas06SEIEM/VISimposio.pdf>
- Gilar, R. (2003). Adquisición de habilidades cognitivas. Factores en el desarrollo inicial de la competencia experta (tesis doctoral). Alicante: Universidad de Alicante.
- Gonzalvo, P.; Cañas, J.; Bajo, M. (1994). Structural representations in knowledge acquisition. Journal of Educational Psychology, 86, 601-616.
- Huerta, P. (1998). La entrevista clínica y los mapas conceptuales. II Simposio Nacional de la SEIEM. Pamplona, Septiembre 1998.
- Huerta, P. (2006). La evaluación de mapas conceptuales multidimensionales de matemáticas: aspectos metodológicos. In Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping. Eds: A. J. Cañas, J. D. Novak. San José, Costa Rica 2006.
- Jonassen, D.; Beissner, K.; Yacci, M. (1993). Structural knowledge: techniques for representing, conveying, and acquiring structural knowledge. Hillsdale, New Jersey and London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Moreira, M. (2000): Aprendizagem significativa crítica - critical meaningful learning. In M. Moreira; J. Valadares; C. Caballero; V. Teodoro (Eds), Teoria da Aprendizagem Significativa. Peniche: III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa.
- Miller, M.; Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Preconceptions regarding concept maps held by Panamanian teachers. In Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping. EDs: A. J. Cañas, J. D. Novak. San José, Costa Rica, 2006.
- Novak J.D.; Gowin, D. (1984). Learning how to learn. Cambridge: Cambridge University Press.
- Novak, J.D.; Cañas, A. J. (2004). Building on Constructivist Ideas and CmapTools to Create a New Model for Education. In A. J. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra.
- Novak, J.D.; Cañas, A. J. (2006). La teoría subyacente a los mapas conceptuales y a cómo construirlos. Institute for Human and Machine Cognition (IHMC). Retrieved from: ([ttp://cmap.ihmc.us/publications/ResearchPapers/TeoriaCmaps/TeoriaSubyacenteMapasConceptuales.html](http://cmap.ihmc.us/publications/ResearchPapers/TeoriaCmaps/TeoriaSubyacenteMapasConceptuales.html))
- Pozo, J. (1994). Teorías cognitivas de aprendizaje. Madrid: Ediciones Morata.
- Sánchez Santamaría, J. (2011). Una mirada renovada a los mapas conceptuales: una propuesta basada en conectores lógicos para materias de metodología de investigación educativa. Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação. ISSN: 1681-5653, n.º 56/3 – 15/10/11
- Schvaneveldt, R. (Ed.). (1990). Pathfinder Associative Networks. Studies in Knowledge Organization. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation., D. B. (1984). Learning How to Learn. New York: Cambridge University Press.