

**REVISIÓN DE LA LITERATURA SOBRE EL USO DE MAPAS CONCEPTUALES COMO
ESTRATEGIA DIDÁCTICA Y DE EVALUACIÓN**
(A review about the use of concept maps as learning and evaluation strategy)

Adriana Marques Toigo [adrytoigo@terra.com.br]

Curso de Educação Física, Centro Universitário La Salle
Av. Victor Barreto, 2288
Canoas, RS, Brasil

Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências
Universidade de Burgos, Espanha; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

Sayonara Salvador Cabral da Costa [sscc.voy@terra.com.br]

Instituto de Física da UFRGS

Caixa Postal 15051

91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

Resumen

En ese artículo se hace un levantamiento bibliográfico de artículos de periódicos nacionales e internacionales y de las actas de las *I, II y III International Conference on Concept Mapping*, hasta 2010, sobre el uso de mapas conceptuales en la educación formal. Se discute, bajo la tutela de la Teoría del Aprendizaje Significativo y de la Teoría de los Campos Conceptuales, trabajos que tratan los mapas conceptuales específicamente como estrategia didáctica y de evaluación, pues fueron las perspectivas utilizadas en el estudio citado. Son apuntados y comparados los fundamentos teóricos y los resultados de los artículos investigados. En las consideraciones finales, se presenta una síntesis con sugerencias del uso del recurso mapas conceptuales, sugerencias esas que también contemplan las experiencias de los autores.

Palabras-clave: mapas conceptuales; aprendizaje; evaluación.

Abstract

In this paper we present a review of national and international journals and from annals of the *I, II and III International Conference on Concept Mapping*, until 2010, on the use of concept mapping in formal education. It is discussed, at the light of the Meaningful Learning Theory and the Conceptual Fields Theory, papers concerning concept maps specifically as didactical and evaluation strategy, cause these were the perspectives used in the cited study. The theoretical frameworks and results from the researched papers are pointed and compared. In the final remarks we present a synthesis with suggestions on the use of the concept maps, also taking account of the authors' experiences.

Keywords: concept maps; learning; evaluation.

Introducción

El acto de aprender no debe ser visto solamente como el almacenamiento de un conjunto de hechos en la memoria, sino también como la habilidad de utilizar recursos para encontrar, evaluar y aplicar informaciones (Lujan y DiCarlo, 2006). Esos autores destacan que algunos currículos son “empaquetados” con tantos contenidos que, para conseguir abarcarlo todo, los profesores transmiten a los alumnos lo que saben y éstos intentan almacenar tales informaciones en la memoria. También dicen que esos currículos “empaquetados” dejan poco tiempo para que los alumnos puedan profundizar conocimientos o desarrollar habilidades a largo plazo, como el pensamiento crítico, la

resolución de problemas y la comunicación. Una posibilidad para resolver ese problema sería, de acuerdo con Vander (1994), “desempaquetar el currículo y reducir la cantidad de informaciones que los alumnos tienen que memorizar, ayudándolos a hacerse sujetos activos, independientes y solucionadores de problemas”. Sin embargo, no siempre es posible disminuir la cantidad de contenidos que integran los currículos de las asignaturas de las diferentes carreras. Por otro lado, esa alternativa propuesta por Vander (1994) es muy simplista y, por sí sola, difícilmente resolvería el problema del aprendizaje mecánico, luego es necesario que los profesores se empeñen en promover el aprendizaje significativo de los alumnos. Hay que recordar que *aprendizaje significativo* es el concepto central de la teoría de Ausubel que, según Moreira (2006, p. 14), es el proceso por el cual una nueva información se relaciona, de manera sustantiva (no literal) y no arbitraria, a un aspecto específicamente relevante de la estructura cognitiva del individuo. El autor explica que las nuevas informaciones (nuevas ideas, conceptos, proposiciones) pueden ser aprendidas significativamente (y retenidas) cuando otras ideas, conceptos, proposiciones relevantes e inclusivos estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognitiva del sujeto y funcionen interactivamente, como punto de anclaje para las primeras.

Para que haya aprendizaje significativo, según la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (Moreira, 2011), el material que el alumno tiene que aprender debe ser potencialmente significativo para el alumno, es decir, relacionable a su estructura cognitiva de forma no arbitraria y no literal y que el alumno manifieste una predisposición para aprender, o sea, una disposición a relacionar el nuevo material de manera sustantiva y no arbitraria a su estructura de conocimiento (Moreira, 2011; Moreira y Masini, 2006).

La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990) es totalmente compatible con la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel. Para Vergnaud, la esencia del desarrollo cognitivo es la conceptualización (Moreira, 2004). La conceptualización es un proceso a través del cual los conceptos se hacen significativos a través de una variedad de situaciones, las cuales dan sentido a los conceptos. Por tanto, es natural definir campo conceptual, sobre todo, como un conjunto de situaciones (op. cit.). En esa teoría, la importancia de la acción del sujeto es enfatizada como mediadora de la evolución conceptual, por tanto, es importante ofrecerles a los alumnos una gran cantidad de situaciones con diferentes grados de complejidad (Caballero, Moreira y Rodríguez, 2008).

Según Moreira (2006; 2010), entonces, se puede pensar en el uso de mapas conceptuales como herramienta de análisis del conocimiento de los alumnos porque pueden ser entendidos como diagramas jerárquicos con el objetivo de reflejar la organización conceptual de, por ejemplo, una asignatura.

Los mapas conceptuales fueron propuestos originalmente por el Profesor Joseph Novak, juntamente con sus estudiantes, en los años setenta, en la Universidad de Cornell, en Estados Unidos y, como ya se ha dicho, consisten, de manera amplia, en diagramas que indican relaciones entre conceptos. Segundo sus autores, se pueden usar tanto como *recurso de enseñanza*, como también como *recurso de evaluación, análisis de contenido* o *análisis curricular*. Inicialmente, esos diagramas pueden tener una o más dimensiones. Los mapas unidimensionales son listas de conceptos que tienden a presentar una organización lineal y vertical, dando sólo una visión limitada de la estructura conceptual que representa. Por otro lado, los mapas conceptuales bidimensionales procuran mostrar relaciones jerárquicas entre conceptos, los cuales pueden derivar de una asignatura, de una parte de la asignatura, de un tópico específico, etc. (Moreira, 2006).

Novak y Gowin (1984) defienden que la elaboración de mapas conceptuales es una técnica que permite la exteriorización de conceptos y proposiciones, por tanto, permite que los profesores y los alumnos presenten, intercambien, negocien sus puntos de vista sobre la validez de una

determinada relación proposicional. Por otro lado, también permite reconocer la falta de relaciones entre conceptos, lo cual sugiere la necesidad de un nuevo aprendizaje. Los autores también destacan que los mapas conceptuales, con frecuencia, han sido utilizados también para revelar concepciones alternativas, ya que fácilmente se pueden percibir las relaciones falsas entre los conceptos presentados en el diagrama.

La propuesta de ese trabajo es presentar la síntesis de una revisión de la literatura¹, hasta 2010, respecto a las ventajas y desventajas del uso de mapas conceptuales como estrategias didáctica y de evaluación. Las investigaciones se refieren específicamente a su utilización como *estrategia didáctica* y como *estrategia de evaluación*. La revisión fue realizada a partir de la lectura de artículos de periódicos nacionales e internacionales y de las actas de las *I, II e III International Conference on Concept Mapping*. Esa conferencia es considerada como el principal evento internacional sobre mapas conceptuales y es organizada por su autor, el Profesor Joseph Novak, además de otros investigadores célebres en el asunto y por esas razones, se justifica la inclusión de las respectivas actas en esa revisión.

La procedencia de los artículos se encuentra en el Cuadro 1.

Cuadro 1 – Procedencia de los artículos sobre mapas conceptuales.

| LOCAL DE ORIGEN | NÚMERO DE ARTÍCULOS |
|-----------------|---------------------|
| Alemania | 5 |
| Argentina | 4 |
| Australia | 5 |
| Austria | 1 |
| Bélgica | 1 |
| Brasil | 26 |
| Canadá | 8 |
| Chile | 2 |
| Colombia | 7 |
| Costa Rica | 11 |
| Estados Unidos | 64 |
| Estonia | 2 |
| Finlandia | 5 |
| India | 1 |
| Israel | 2 |
| Italia | 10 |
| Japón | 1 |
| Malasia | 3 |
| México | 16 |
| Panamá | 9 |
| Portugal | 7 |
| Reino Unido | 2 |
| Suecia | 2 |
| Taiwán | 2 |
| Turquía | 2 |
| Venezuela | 6 |

¹ La revisión completa tuvo como objetivo refrendar un estudio realizado en el ámbito de la Educación Física, en la asignatura de Biomecánica y se la puede acceder en Toigo (2011).

Como ya se ha dicho, en la búsqueda bibliográfica realizada, se priorizaron los estudios sobre la utilización de mapas conceptuales como estrategia didáctica y como estrategia de evaluación. Sin embargo, también se consultaron algunos artículos de revisión y otros que, además de tratar los mapas conceptuales como estrategia didáctica y/o de evaluación, también consideraron el uso de mapas conceptuales como estrategia de análisis de currículo y como estrategia de investigación. Una síntesis sobre el enfoque de los artículos consultados se encuentra en el Cuadro 2.

Cuadro 2 – Enfoque de los artículos consultados sobre mapas conceptuales.

| ENFOQUE | NÚMERO DE ARTÍCULOS |
|---|---------------------|
| Mapas conceptuales como estrategia de análisis de currículo | 5 |
| Mapas conceptuales como estrategia de evaluación | 56 |
| Mapas conceptuales como estrategia de investigación | 5 |
| Mapas conceptuales como estrategia didáctica | 148 |
| Revisión | 9 |

El Cuadro 3 ilustra las teorías en que se basaron las investigaciones consultadas en esa revisión, aunque los autores no siempre hayan referido o destacado la base teórica utilizada. Hay que destacar que algunos autores utilizaron bastante una base teórica en la fundamentación de sus investigaciones. Como era de esperar, es expresivo el número de trabajos fundamentados en la Teoría de Educación de Novak y Gowin ($n = 168$) y en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel ($n = 107$). Hay que destacar, también, que solamente 3 estudios se basaron en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, ya que esa teoría es, como ya se ha dicho anteriormente, totalmente compatible con la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel.

Cuadro 3 – Bases teóricas que fundamentaron los artículos sobre mapas conceptuales.

| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | NÚMERO DE ARTÍCULOS |
|--|---------------------|
| Aprendizaje basado en Problemas | 2 |
| Constructivismo | 9 |
| Constructivismo de Kant | 1 |
| Modelo del Cerebro Total de Ned Herrmann | 1 |
| Psicología Cognitiva/Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird | 9 |
| Teoría del Aprendizaje Organizacional de Pawsloswsky | 1 |
| Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel | 107 |
| Teoría de la Mediación de Vygotsky | 17 |
| Teoría de Educación de Novak y Gowin | 168 |
| Teoría de Enseñanza de Bruner | 1 |
| Teoría del Conocimiento Espacial | 1 |
| Teoría del Desarrollo Cognitivo de Piaget | 9 |
| Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud | 3 |
| No cita | 17 |

La mayor parte de los estudios se concentró en el área de las Ciencias (Biología, Física, Matemáticas y Química; $n = 103$), sin embargo, también se encontraron estudios en otras áreas, según reflejan los datos del Cuadro 4. Se encontraron solamente 3 estudios en el área de la

Educación Física, de los cuales solamente uno (Toigo y Moreira, 2008) se refería, específicamente, a la Biomecánica.

Cuadro 4 – Área de conocimiento abordada en los artículos sobre mapas conceptuales.

| ÁREA DE CONOCIMIENTO | NÚMERO DE ARTÍCULOS |
|--|---------------------|
| Administración | 3 |
| Antropología, Geografía, Historia | 5 |
| Biomecánica Industrial, <i>Design</i> | 2 |
| Ciencias (Biología, Física, Matemáticas y Química) | 103 |
| Ciencias de la Salud (Enfermería, Farmacia, Medicina, Odontología, Psicología, Servicio Social, Veterinaria y Terapia Ocupacional) | 22 |
| Ciencias del Ambiente | 4 |
| Comunicación, Letras, Música | 4 |
| Educación Física (Biomecánica, Desarrollo Motor, Fisiología del Ejercicio, Entrenamiento Atlético) | 3 |
| Ingenierías (Ingeniería Biomédica, Ingeniería Química, Ingeniería de Sistemas) | 11 |
| Multidisciplinar | 12 |
| Redes de Ordenadores | 1 |
| Sin conocimiento específico | 28 |

El Cuadro 5 muestra los niveles de enseñanza investigadas en los artículos consultados. Hay que observar que algunos estudios fueron realizados con profesores y/o investigadores y otros fueron realizados fuera del contexto escolar o académico (por ejemplo, en empresas, hospitales, etc.).

Cuadro 5 – Niveles de enseñanza investigadas en los artículos sobre mapas conceptuales.

| NIVELES DE ENSEÑANZA | NÚMERO DE ARTÍCULOS |
|-------------------------------|---------------------|
| Educación Primaria | 59 |
| Educación Infantil | 12 |
| Educación Superior | 84 |
| Fuera del Contexto Escolar | 7 |
| Posgrado | 13 |
| Profesores y/o Investigadores | 41 |
| No especifica el nivel | 21 |

A continuación se presentará una síntesis de los resultados de las investigaciones revisadas de acuerdo con el uso de los mapas conceptuales (como estrategia didáctica y como estrategia de evaluación).

Mapas conceptuales como estrategia didáctica

Como ya se ha dicho, los mapas conceptuales pueden ser utilizados como estrategia didáctica, es decir, tanto en el ámbito de la enseñanza como en el ámbito del aprendizaje, pues permiten observar relaciones jerárquicas entre los conceptos, mostrando relaciones de subordinación y superordenación, que posiblemente afectan a la conceptualización (Moreira, 2006;

Moreira y Masini, 2006). Según Moreira (2010), cuando el sujeto aprende de manera subordinada, el significado del nuevo conocimiento es adquirido por la interacción con algún conocimiento específicamente relevante y por la subordinación, en la forma de anclaje, a ese conocimiento. Sin embargo, como se trata de una interacción, el conocimiento previo también adquiere (nuevos) significados, o se consolidan, se elaboran, significados que ya existen. Otra importante forma de aprendizaje, según el mismo autor, es la superordenada, en la cual el sujeto percibe, o aprende, relaciones horizontales entre conceptos y construye un nuevo concepto, o da nueva posición jerárquica a un concepto ya construido, que pasa a subordinar otros conceptos.

Novak y Gowin (1984) justifican, con base en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, que los mapas conceptuales deben ser jerárquicos, o sea, los conceptos más generales y más inclusivos deben situarse en la parte superior del mapa, con conceptos cada vez más específicos, menos inclusivos, colocados sucesivamente debajo de los mismos, ya que el aprendizaje significativo se produce más fácilmente cuando nuevos conceptos o significados conceptuales son subsumidos por conceptos más amplios, más inclusivos.

Varios son los autores que utilizan mapas conceptuales como estrategia didáctica optando por la estructura jerárquica. En este sentido, se pueden citar, por ejemplo, Paulo, Moreira y Caballero (2008); Lemos, Moreira y Mendonça (2008); Tavares (2007); López-Goñi y Zufiaurre (2004); Figueiredo, Lopes, Firmino y Souza (2004); Arroyo (2004); Arbea y Campo (2004) y Afamasaga-Fuata'i (2004a; 2004b), incluso destacando que una mejora con relación a los niveles de jerarquía en los mapas conceptuales aumenta el número de diferenciaciones progresivas (procesos por los cuales ocurre interacción y anclaje de un nuevo concepto en un concepto subsumidor), que son importantes indicadores de aprendizaje significativo. De acuerdo con Afamasaga-Fuata'i (2004a; 2004b), los estudiantes perciben que la comunicación de su entendimiento es más efectiva si ésta se realiza de manera jerárquica.

Por otro lado, varios autores sostienen que, no siempre, una jerarquía diferente de la propuesta originalmente por Novak y Gowin (1984) en el mapa conceptual compromete su calidad. Moreira (2006) destaca que, a pesar de que el modelo de mapa conceptual propuesto por esos autores está de acuerdo con el principio de la diferenciación progresiva de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, su utilización desde el punto de vista didáctico no tiene que ser unidireccional, de arriba abajo, ya que el mapa conceptual también debe proponer la reconciliación integradora. Así, aunque en el enfoque ausubeliano se deba empezar con los conceptos más generales, más inclusivos, hay que mostrar cómo están relacionados los conceptos subordinados y, entonces, volver, por los ejemplos, a nuevos significados para los conceptos de orden más elevado en la jerarquía, “bajando y subiendo” en el mapa. Para Ruiz-Primo, Schultz y Shavelson (1997), la imposición de una estructura jerárquica no siempre interactúa con la estructura del dominio mapeado, aunque dicen que esa interpretación parece prematura debido a los problemas con relación a la manera de definir “estructura jerárquica” sugerida por Novak y Gowin (1984). Para Silveira, Sousa y Santovito (2008), el desafío es desmitificar la cuestión de la jerarquía como si siempre tuviera que ser de la parte superior del mapa a la inferior (y no interdireccional), pues ese formato puede favorecer una idea de los mapas conceptuales como un diagrama de flujo, dificultando el establecimiento de las relaciones cruzadas entre los conceptos. En esa perspectiva, Derbentseva, Safayeni y Cañas (2004; 2007) defienden una organización de mapas conceptuales en estructura cíclica (estructura en la que los conceptos se relacionan entre sí en un circuito cerrado) por entender que, en función de la interdependencia entre los conceptos, aumenta la posibilidad de pensamiento dinámico, lo cual puede ser restringido cuando se utiliza una estructura jerárquica. Åhlberg (2004), al proponer una mejora de la técnica de elaboración de mapas conceptuales con relación a la propuesta original de Novak y Gowin (1984), considera que el concepto principal puede ser colocado en cualquier lugar del mapa, aceptando, también, el uso de mapas conceptuales

cíclicos. Engel y Ebron (2004); Kharatmal y Nagarjuna (2006); Tamayo (2006) y Kilic (2003) también consideran posible el uso de mapas conceptuales no jerárquicos como estrategia didáctica.

Novak y Gowin (1984) destacan algunas aplicaciones de los mapas conceptuales como estrategia didáctica. La primera de ellas es el uso de los mapas conceptuales para *explotar lo que ya saben los alumnos*. Según Moreira (2000), la identificación de lo que el aprendiz ya sabe es el aspecto considerado como más importante de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel. Varios resultados de estudios anteriores corroboran la prerrogativa de que los mapas conceptuales son un excelente instrumento para detectar conocimientos previos (Gangoso, 1997; Moreira, Soares y Paulo, 2008; Mancinelli, Gentili, Priori y Valitutti, 2004; Ramírez de M. y Sanabria, 2004; Bonastre y Pina, 2006; Duso y Borges, 2009 y Kilic, 2003). Una vez que los profesores sean capaces de identificar conocimientos previos de los alumnos, podrán organizar con más facilidad y coherencia la enseñanza según las necesidades de los mismos, incluso preparando organizadores previos, caso sea necesario.

Los mapas conceptuales también pueden ser utilizados para *realizar un guía de aprendizaje*. En la visión de Novak y Gowin (1984), se puede elaborar un mapa conceptual global evidenciando las ideas más importantes de un semestre o año, de un segmento de tres o cuatro semanas, o también, de algunos días de clase. Por lo tanto, se puede interpretar que los mapas conceptuales pueden ser considerados como potentes auxiliares para estudiar o adquirir conocimiento. Aunque los mapas conceptuales no funcionen de la misma manera para todos los tipos de alumnos (Lim, Lee y Grabowski, 2009), la mayor parte de las declaraciones realizadas por alumnos es favorable al uso de los mapas conceptuales como herramienta de estudio (Rendas, Fonseca y Pinto, 2006; Walker, King y Cordray, 2003; Tifi y Lombardi, 2008; Derbentseva y Safayeni, 2008; Ramírez de M. y Sanabria, 2004; Bolte, 2006; Toigo y Moreira, 2008; Melero-Alcíbar y Carpena, 2006; Taber, 1994) y son percibidos como útiles en la adquisición de conocimiento (Mostrom, 2008; Alonso, 2008; Hugo y Chrobak, 2004; Fonseca, Extremina y Fonseca, 2004; Daley, 2004b; Afamasaga-Fuata'i, 2004a, 2004b; Calderón-Steck, 2006; Duarte y Henao-Cálad, 2006; Vakilifard, Armand y Baron, 2006; Silva y Sousa, 2007). Los mapas conceptuales también pueden ser utilizados para la *extracción de los significados de los libros de texto o de lecturas de artículos en periódicos y revistas* (Novak y Gowin, 1984). Esos autores hablan sobre el dilema de aprender a leer eficazmente, pues consideran difícil leer palabras y frases cuando hay poco o ningún significado. Por otro lado, admiten que la lectura es un medio muy útil para aprender significados (op. cit., p. 59), y por consiguiente ayuda a la conceptualización. De esa forma, los mapas conceptuales pueden ser una buena alternativa para auxiliar los estudiantes a comprender textos científicos, aunque advierten que hay que tener cautela para no sobrecargar los alumnos pidiéndoles, por ejemplo, que hagan un mapa conceptual para cada palabra o página de libro de texto, lo cual podría, incluso, banalizar el uso del instrumento. De cualquier modo, los mapas conceptuales, tanto globales como específicos, contruidos para las lecturas, tienen potencial para auxiliar los alumnos a abordar los contenidos de una asignatura, o incluso de un campo conceptual, de manera más significativa. En el caso específico de la lectura de artículos de periódicos y revistas, la elaboración de un mapa conceptual permite la identificación de conceptos-clave y/o proposiciones, además de reformular resumidamente los principales puntos del texto. Tratándose de artículos de periódicos y revistas, Novak y Gowin (1984) recuerdan que no siempre las ideas principales están situadas en el local más apropiado e, incluso, pueden estar ausentes. De esa manera, puede haber necesidad de incluir algunos conceptos o proposiciones cuando se construye el mapa ya que algunos expertos, muchas veces, omiten descripciones explícitas de conceptos-clave y/o proposiciones que le son muy familiares, haciendo que el texto no sea muy claro para lectores legos (op. cit.).

También se puede destacar la utilización de los mapas conceptuales en la *preparación de trabajos escritos o de exposiciones orales*. Novak y Gowin (1984) comentan que muchos estudiantes temen redactar un trabajo, probablemente por ser incapaces de organizar sus ideas, por

tanto, la construcción de mapas conceptuales puede ser una alternativa para superar esa barrera, ya que no es una tarea difícil elaborar una lista con los principales conceptos o proposiciones del tema que se ha de trabajar. El próximo paso consiste en elaborar un mapa conceptual breve, que sirve como punto de partida para redactar el primer párrafo. Los autores alertan que es difícil elaborar un mapa conceptual completo antes de escribir un artículo (o un capítulo de un texto) (ibid., p. 69), pero sugieren la construcción de una versión preliminar que se puede ir completando de acuerdo con la evolución del texto.

Entonces, en esa perspectiva, se podría pensar que la construcción de mapas conceptuales sería igualmente interesante en la *resolución de problemas*. González, Palencia, Umaña, Galindo y Villafrade (2008) realizaron un estudio en el que compararon un grupo de estudiantes que resolvieron problemas en el área de la Fisiología Médica con la ayuda de mapas conceptuales a un grupo control (que resolvió problemas del modo tradicional). Los resultados obtenidos en un examen tipo test y de resolución de problemas fueron superiores para los alumnos del grupo experimental, sugiriendo que la intervención contribuyó al aprendizaje significativo. Soto (2004), Afamasaga Fuata'i (2004b) y Prabhu, Elmeski y Czarnocha (2006) también encontraron resultados favorables a la utilización de mapas conceptuales en la resolución de problemas de Matemáticas. Iuli y Himangshu (2006) adaptaron un modelo para la resolución de problemas del Medio Ambiente utilizando mapas conceptuales y el resultado de esa intervención se mostró efectivo apuntando un aumento de la comprensión conceptual de los estudiantes. Para esos autores, el gran determinante de ese aumento a lo largo de un semestre fue el hecho de abordar la auto-información de los estudiantes para aprender a estudiar. Además, varios autores destacan en sus investigaciones el valor de los mapas conceptuales en la autogestión y en la autorregulación del conocimiento (Trujillo-Vargas, Jaramillo-Ramírez y Gutiérrez, 2006; López y Beraza, 2006; Taber, 1994), lo cual favorece la autonomía en el aprendizaje (Nunes y Del Pino, 2008) y acaba desencadenando en los alumnos motivación para realizar las actividades propuestas por sentirse más responsables de la construcción del propio conocimiento (Duarte y Henao-Calad, 2006). Es de esperar, entonces, que en esa perspectiva, los mapas conceptuales despierten la disposición para aprender (Mendonça, Silva y Palmero, 2007).

En contrapartida, Gangoso (1997) estudió la viabilidad de la incorporación de los mapas conceptuales en la resolución de problemas-tipo (problemas que dependen de la simple utilización de ecuaciones matemáticas para ser resueltos sin que los alumnos necesiten entenderlas) de Física y verificó la ausencia de relación entre la introducción de los mapas conceptuales y los resultados positivos en la resolución de esa categoría de problemas. La autora entiende que problemas-tipo parecen favorecer más el aprendizaje mecánico y, por eso, no se sorprendió de no haber encontrado la mencionada relación. Entonces sugiere que los profesores deben pensar en otros tipos de problemas que favorezcan el aprendizaje significativo. Fechner y Sumfleth (2008) también investigaron la influencia de los mapas conceptuales en la resolución de problemas de Química, comparando un grupo experimental a un grupo control y observaron que había un efecto muy pequeño de la intervención en el grupo experimental. A pesar de que los resultados de esos dos estudios son poco alentadores, se considera que no son suficientes para desestimular el uso de los mapas conceptuales en la resolución de problemas. Tal vez, incluso, hay que pensar cuál es el tipo de problema que se les debe proponer a los alumnos y, en ese sentido, las situaciones-problema de Vergnaud podrían ser una buena alternativa para auxiliar los alumnos a caminar en la dirección de la conceptualización y, por consiguiente, del aprendizaje significativo.

Varios estudios destacan el potencial de los mapas conceptuales como auxiliares en la construcción de modelos mentales y en la representación del conocimiento (Arroyo, 2004; Ramírez, 2004; Brüchner y Shanze, 2004; Berionni y Baldoni, 2004 y Gomez, 2006). Slotte y Lonka (1999) verificaron, en un estudio realizado con médicos candidatos a una plaza de residencia médica, indicadores de que los mapas conceptuales mejoraron la formación de modelos mentales,

proporcionan el contexto para el entendimiento y construcción de inferencias sobre la aplicación de las diferentes teorías en situaciones ilustradas en el texto que deberían interpretar para competir a la referida plaza. Safayeni, Derbentseva y Cañas (2005) defienden, en especial, el uso de mapas conceptuales cíclicos como herramienta apropiada para la representación del conocimiento sobre relaciones funcionales o dinámicas entre conceptos. Miller y Cañas (2008a; 2008b) defienden que, cuando se pretende sacar ventaja de los mapas conceptuales como herramienta de aprendizaje significativo, se deben promover mapas explicativos, que contengan varias proposiciones dinámicas (explicativas). Los autores creen que de esa manera se aumenta la fuerza representacional del instrumento.

Sin embargo, Cálad (2004) cree que, para obtener todo el potencial representacional de los mapas conceptuales, hay que entrenar para la construcción de los mismos antes de empezar a utilizarlos, lo cual es corroborado por Ramírez, Barriga y Zárate (2006), los cuales compararon resultados de pretests y postests de tres grupos (un grupo no recibió entrenamiento con mapas conceptuales y dos recibieron entrenamiento, uno de los cuales, además de recibir formación a respecto de la construcción de mapas conceptuales, también tuvo la instrucción reforzada por éstos) y verificaron que los dos grupos que recibieron entrenamiento previo aumentaron las puntuaciones obtenidas en los mapas, demostrando tanto un mayor dominio de la técnica como de la calidad de la representación del conocimiento. Algunos resultados de investigaciones reforzaron la necesidad de entrenamiento previo en la confección de mapas conceptuales por considerar que esa técnica no es una tarea trivial. Lemos, Moreira y Mendonça (2008) defienden que se deberían introducir los mapas conceptuales en la dinámica de las clases de varios temas del currículo escolar para que sea posible negociar con los estudiantes de modo eficiente, es decir, debe haber una familiarización gradual de la herramienta para que se pueda conquistar la autonomía en su uso. Conradt y Bogner (2008) constataron, a través de un estudio sobre el impacto de la dificultad del contenido o de la carga cognitiva de los mapas conceptuales, que jóvenes estudiantes fueron capaces de construir mapas conceptuales cuando el asunto era de fácil comprensión, aun cuando esa técnica era una novedad. Sin embargo, lo mismo no ocurrió cuando el asunto era considerado difícil, tal vez porque los alumnos hayan sufrido sobrecarga debido a la complejidad del asunto y, por tanto, no fueron capaces de verbalizarlo en la forma de conectores correctos. Patry y Bourgeois (2004) verificaron que los efectos de un entrenamiento de corta duración en elaboración de mapas conceptuales en el desarrollo de la metacognición (conciencia y control del propio proceso cognitivo) no afectaron los alumnos de modo perceptible y justificaron que la metacognición es, de hecho, un trabajo en progreso, el cual es desarrollado a lo largo de los años mientras el alumno va madurando. Los mapas conceptuales le ayudan a aprender, a organizar y sintetizar su conocimiento. Modell (1996) verificó que, cuando los profesores se deciden por la implementación de un ambiente de aprendizaje activo, entran en contacto con el conocimiento implícito de los estudiantes. En ese sentido, es de fundamental importancia que los mapas conceptuales producidos por los alumnos sean compartidos, presentados. Tamayo (2004) considera que un mapa conceptual que es realizado para ser presentado acaba teniendo mayor consistencia en las convenciones de técnica, claridad y aspecto gráfico. Moreira y Sperling (2009) refuerzan la necesidad de presentación de los mapas conceptuales enfatizando la negociación de significados, pues creen que, así como el alumno puede reproducir mecánicamente resoluciones de situaciones-problema, el mismo puede ser observado en una supuesta conceptualización.

Aunque no todos los profesores valoren la elaboración de mapas conceptuales por considerar que no es necesario generar representaciones exhaustivas de los temas de sus cursos, como constató Renauld (2006) en un curso de capacitación docente, o simplemente en función de una orientación más comportamentalista, que dificulta la contemplación de nuevas posibilidades de acción, como verificaron Ramírez de M., Sanabria y Aspée (2006), según Feregrino-Hernández, Rezo-García, Ortiz-Esquivel, Navarro-Clemente, Dominguez-Pérez (2006), hay que destacar que, para una adecuada utilización de la técnica, los profesores deben ser debidamente preparados, teniendo en

cuenta un buen entendimiento del aprendizaje constructivista y de las maneras de representar el conocimiento en los mapas (Daley, 2004a; 2004b). Veloz, Rodríguez y Veloz (2008) observaron ignorancia y confusión sobre las reglas, representaciones e implementación de los mapas conceptuales por parte de los docentes. Miller, Cañas y Novak (2006) mostraron que la fuente primaria de información de los profesores sobre mapas conceptuales son profesores universitarios, que les instruyen por medio de cursos de formación continua, exposiciones en congresos, o artículos científicos, entre otros, por eso, es urgente que se revise lo que se está enseñando a los docentes en formación sobre el uso de los mapas conceptuales, principalmente en el sentido de evitar un uso permisivo, en el que todo vale.

Otra posibilidad de uso de la estrategia consiste en trabajar con los alumnos a partir de mapas conceptuales pre-construidos; pero los beneficios de esa estrategia parece que son limitados. En el meta-análisis realizado por Nesbit y Aesope (2006), en el que fueron revisados 55 estudios experimentales y casi-experimentales sobre el efecto de los mapas conceptuales en el aprendizaje, se verificó que los beneficios del uso de los mapas conceptuales pre-construidos fueron evidentes en el aprendizaje individual, pero no en parejas y en aprendizaje cooperativo. En ese mismo meta-análisis, en algunos pocos estudios, pareció que los mapas conceptuales pre-construidos son particularmente útiles como medio de comunicación para estudiantes con baja habilidad verbal. El estudio utilizando mapas conceptuales en lugar de lectura de textos puede auxiliar en la evocación tanto de la idea central como de las ideas más específicas, pero el efecto es mayor con relación a la idea central. Se encontraron pocas evidencias que determinasen si estudiar a través de mapas conceptuales pre-construidos es particularmente eficaz para la transferencia de conocimiento y desarrollo de habilidades de aprendizaje (op.cit.).

La mayor parte de los docentes/investigadores familiarizados con la elaboración de mapas conceptuales apunta varias ventajas de esa técnica como estrategia didáctica:

- *Los mapas conceptuales auxilian los profesores a identificar dificultades, errores o concepciones alternativas de los alumnos* (Almeida y Moreira, 2008; Colli, Rossi y Montagna, 2004; Serradó, Cardeñoso, Azcárate, 2004; Azevedo, Lando, Fagundes, Zaro y Timm, 2006; Aquilino y Venditti, 2006; Bolte, 2006; Krummenauer y Costa, 2009 y Moreira y Sperling, 2009).
- *Los mapas conceptuales pueden auxiliar los profesores a planificar la enseñanza* (Donner Jr., Infante-Malachias y Correia, 2006; Wehry y Goudy, 2006; Aquilino y Venditti, 2006; Colli, Rossi y Montagna, 2004 y Gouveia y Valadares, 2004).
- *Los mapas conceptuales promueven la evolución conceptual* (Afamasaga-Fuata'i, 2004a; 2004b; Natividad Iraizo y Huarte, 2004; Dutra, Fagundes y Cañas, 2004; Gouveia y Valadares, 2004; Stoddart, 2006; Iuli y Himangshu, 2006; Ramírez de M., Sanabria y Aspéé, 2006; Ramírez, Barriga y Zárate, 2006; Daley, Torre, Stark-Schweitzer, Siddartha y Petkova, 2006; Brenes, Coto, Hurtado, Rivera, Rodríguez y Vázquez, 2006; Tarouco, Geller y Medina, 2006; Poveda, Sanzol y Oneca, 2006; Soares y Valadares, 2006; Añez, Ferrer y Velazco, 2006; Zepure Samawi, 2006; Krummenauer y Costa, 2009; Venâncio y Kato, 2008, Silva y Sousa, 2007 y Mendonça, Silva y Palmero, 2007).
- *Los mapas conceptuales favorecen el desarrollo del lenguaje verbal, de la socialización y del cambio de significados* (Mancinelli, Gentili, Priori y Valitutti, 2004; López-Goñi y Zufiaurre, 2004; Arroyo, 2004; Freeman, 2004; Giombini, 2006; Stoddart, 2006; Dutra, Fagundes, Johann y Piccinini, 2006; Hill, 2006; Cassata y French, 2006; Trujillo-Vargas, Jaramillo-Ramírez y Gutiérrez, 2006; Tarouco, Geller y Medina, 2006; Aquilino y Venditti, 2006; Vakilifard, Armand y Baron, 2006 y Krummenauer y Costa, 2009).

- *Los mapas conceptuales ayudan los alumnos a superar sus dificultades* (Valadares, Fonseca y Soares, 2004; Navarro-Clemente, Dominguez-Pérez y Ortiz-Esquivel, 2004 y Nunes y Del Pino, 2008).
- *Los mapas conceptuales contribuyen para que los alumnos tomen conciencia de sus procesos de pensamiento* (Gouveia y Valadares, 2004; Azevedo, Lando, Fagundes, Zaro y Timm, 2006 y Aquilino y Venditti, 2006).
- *La utilización de mapas conceptuales como estrategia didáctica se muestra más efectiva que la enseñanza tradicional* (Valadares y Soares, 2008; Dahncke y Reiska, 2008; Alonso, 2008; Sheu, 2008; Demirdover, Yilmaz, Vayvada, Atabey y Eylul, 2008; Nicusanti y Pozzi, 2008; Fonseca, Extremina y Fonseca, 2004; Nesbit y Aesope, 2006; Brüchner y Shanze, 2004; Flores, 2004; 2006; Novak, 2004; Rojas y Coloma, 2006; Kozminsky, Nathan y Vaizberg, 2006; Illas, 2006; Galdames, Ivanovic y Millan, 2006; Delgado, 2006; Vaklifard, Armand y Baron, 2006; Melero-Alcibar y Carpena, 2006 y Slotte y Lonka, 1999).

Se destaca también, a partir de los resultados de investigaciones, el potencial del uso de los mapas conceptuales en colaboración. En el estudio conducido por Iraizoz Sanzol y González García (2008) se observó que los mapas elaborados en grupo fueron más ricos que los construidos individualmente. Poveda y Zaballo (2008) comentan que el trabajo con mapas conceptuales no sólo beneficia a los aprendices novatos, sino también a los especialistas por solicitar que verbalicen lo que saben, que estructuren cognitivamente las informaciones que tienen que transmitir y que desempeñen el papel del profesor, auxiliando sus colegas a desarrollar procesos cognitivos de atención, en una perspectiva totalmente compatible con la Teoría de la Mediación de Vygotsky, además de auxiliar en habilidades importantes en situación de aprendizaje, como el trabajo en grupo, la generación de sinergias y empatías entre miembros del grupo y las comunicaciones tanto orales como escritas (San Martín Echeverría, Albisu García y González García, 2008). Heinze-Fry (2004) encontró resultados positivos relacionados al uso de mapas conceptuales presentados por el instructor durante la clase y de mapas producidos individualmente por los estudiantes, pero se sorprendió con el mayor potencial de los mapas conceptuales elaborados en pequeños grupos juntamente con la presentación de los mismos en clase. En esa misma dirección, Poveda, Sanzol y Oneca (2006) consideran que un trabajo constructivista debe incluir mapas conceptuales como estrategia educacional, por forzar al estudiante a negociar, compartir significados y reflexionar sobre lo que él ha construido. El ambiente educacional en colaboración parece ideal y adecuado para favorecer esa negociación. También hay que citar que el aprendizaje significativo cooperativo y compartido posibilita, también, la comprensión de parte de estudiantes con dificultades escolares, ya que está basado en problemas reales, en experiencias significantes y en grupos en los que la distribución de tareas permite la participación de cada tipo de inteligencia (Venditti y Sabba, 2006).

Sin embargo, aun reconociendo el potencial del uso de los mapas conceptuales en la perspectiva colaborativa, no se debe ignorar, ni subestimar el papel del profesor en la elaboración de mapas conceptuales. En la investigación realizada por Iraizoz Sanzol y González García (2008), en la que se describe un experimento de construcción cooperativa de conocimientos con alumnos de 5^a de la Enseñanza Primaria a través de los mapas conceptuales, la intervención del profesor en el proceso de aprendizaje de los niños se mostró esencial en la negociación de significados. Otro estudio, realizado por Figueiredo, Lopes, Firmino y Souza (2004), relata una experiencia con mapas conceptuales en la pre escuela sin ningún tipo de ayuda del profesor, en el que los alumnos no fueron capaces de establecer relaciones jerárquicas entre los conceptos. Probablemente el resultado puede ser debido a la edad de los alumnos. Añez, Ferrer y Velasco (2006), al evaluar el aprendizaje significativo alcanzado por estudiantes de un curso de Propedéutica de Química, por medio de la aplicación de mapas conceptuales como técnica de explotación de la estructura cognitiva de trabajo cooperativo, observaron avance significativo en las proposiciones explicativas del tema trabajado, aunque, en el resto de los criterios (jerarquía, relaciones cruzadas y ejemplos), no se hayan

verificado avances. Los autores explican que la ausencia de relaciones cruzadas puede haber ocurrido, entre otros factores, también por la insuficiencia de mediación cognitiva del profesor para aclarar dudas surgidas entre los alumnos durante el desarrollo de las actividades, lo que refuerza la importancia de la mediación del profesor en el proceso de elaboración de mapas conceptuales.

Según la literatura, la mediación del profesor, además de la negociación de significados, cuya importancia acaba de ser destacada, puede ocurrir de otras maneras. Varios profesores creen que la sugerencia de conceptos puede ayudar los alumnos novatos en la elaboración de mapas conceptuales, pues creen que las proposiciones generadas a partir de los conceptos sugeridos son de mayor calidad que las generadas a partir de la construcción directa de un mapa conceptual. Hughes, Barrios, Bernal, Chang y Cañas (2006) relataron un experimento con estudiantes y docentes de la educación pública primaria en el que intentaron determinar si las proposiciones generadas ante un juego de dados conceptuales eran de mayor calidad que las generadas durante la construcción directa de un mapa conceptual. El juego consistía en lanzar dados, cuyos lados contenían conceptos. El jugador debía construir proposiciones con los conceptos de los dados que estuviesen de acuerdo con la pregunta central en cuestión. Con las proposiciones generadas, los niños construían un mapa conceptual inicial que podría ser posteriormente modificado. Los niños fueron separados en un grupo experimental (que deberían elaborar un mapa conceptual a partir del juego) y en un grupo control (que deberían elaborar un mapa conceptual a partir de una lista de conceptos). Los profesores realizaron el mismo procedimiento en parejas. El juego de los dados conceptuales ayudó profesores y alumnos a construir mejores proposiciones, pero no siempre los mapas elaborados por los grupos experimentales resultaron como se esperaba. Al convertir las proposiciones en mapas conceptuales, no siempre los estudiantes tuvieron claridad sobre qué era palabra de enlace y qué era concepto. En el caso de los docentes, la diferencia en los resultados entre el grupo experimental y el grupo de control no fue tan significativa como en los estudiantes porque un buen número de profesores ya comprendía la estructura de los mapas y la naturaleza de las proposiciones, lo cual se pudo observar analizando los mapas de algunos integrantes del grupo de control, con las proposiciones de buena calidad (op.cit.).

Además, los profesores piensan que, a respecto del uso de los mapas conceptuales como estrategia didáctica, también es importante saber qué piensan los estudiantes. De acuerdo con Rendas, Fonseca y Pinto (2006), corroborados por Toigo y Moreira (2008), los alumnos creen que los mapas conceptuales son útiles para estudiar y prefieren que el profesor se valga de esa técnica de enseñanza que de métodos tradicionales por considerar que los mapas conceptuales hacen menos compleja la tarea de resolver problemas. Según Mostrom (2008), los alumnos perciben la elaboración de mapas conceptuales sobre literatura científica como más útiles que las discusiones en clase, pero perciben la construcción de mapas conceptuales igualmente útil (aunque no superior) que la lectura de un libro de texto. Sin embargo, actitudes positivas con relación al uso de los mapas conceptuales como estrategia didáctica por parte de los alumnos como, por ejemplo, el reconocimiento del valor de la construcción de mapas conceptuales en el desarrollo de sus habilidades cognitivas; la expectativa de transferencia de esas habilidades de aprendizaje en otros contextos y mantener la estrategia de elaboración de mapas conceptuales como estructura de organización de cursos de graduación no son unánimes. En el estudio realizado por Alonso (2008), algunas veces los estudiantes prefieren métodos tradicionales por requerir menos esfuerzos, aunque los mismos estudiantes admitan que recuerdan mucho más lo que aprendieron a través de los mapas conceptuales y que fue más fácil para ellos integrar el conocimiento usando esa metodología. Bolte (2006) encontró también resultados semejantes.

En cuanto a la preferencia por elaborar mapas conceptuales en grupo o individualmente, Mancinelli (2006) observó que los alumnos que integraron su observación prefirieron trabajar solos porque percibieron el mapa conceptual como una secuencia de situaciones individuales, lo cual expresa la peculiaridad del proceso de aprendizaje. Sin embargo Scott, Pelley y Taylor (2006)

verificaron que los estudiantes parecieron preferir la elaboración de mapas conceptuales en grupo en comparación al trabajo individual, pues las actividades en grupo hicieron que ellos enseñasen a otros colegas al mismo tiempo que aprenden nuevas formas de relacionar conceptos. En esa perspectiva de trabajo en grupo, los alumnos acaban reconociendo la importancia del intercambio de ideas y de ayuda a los colegas (Gouveia y Valadares, 2004; Mancinelli, 2006; Scott, Pelley y Taylor, 2006), además de aprender sobre la importancia del respeto a los diferentes puntos de vista, de la tolerancia y del trabajo en equipo (Gouveia y Valadares, 2004; Gomez, 2006; Trujillo-Vargas, Jaramillo-Ramírez y Gutiérrez, 2006; Scott, Pelley y Taylor, 2006; Arroyo, 2004; Ramírez, 2004; Afamagasa-Fuata'i, 2004a; 2004b).

De acuerdo con Freeman (2004), gran parte de los alumnos no ven mucha dificultad en la construcción de mapas conceptuales. Pero Walker, King y Cordray (2003) verificaron que los estudiantes encontraron la tarea de construir mapas conceptuales moderadamente difíciles.

Entre las principales dificultades en la construcción de mapas conceptuales, apuntadas por los alumnos, se destacan:

- *La gran demanda de tiempo para realizar la tarea* (Rendas, Fonseca y Pinto, 2006; Moni y Moni, 2008; Daley, 2004b; Heinze-Fry, 2004; Silva y Sousa, 2007).
- *La dificultad para decidir cuáles son los conceptos esenciales que se han de incluir en el mapa conceptual* (Fonseca, Extremina y Fonseca, 2004; Ramírez, 2004; Daley, 2004b; Rábago, Aguirre y Álvarez, 2006; Tavares, 2007).
- *La dificultad para crear proposiciones y/o establecer relaciones cruzadas* (Derbentseva y Safayeni, 2008; Ramírez, 2004; Rábago, Aguirre y Álvarez, 2006; Soares y Valadares, 2006; Nunes y Del Pino, 2008).
- *Una aparente confusión, “tipo espagueti”, debido a muchas relaciones sobrepuestas y a la carga visual de mapas con muchos conceptos* (Heinze-Fry, 2004), *lo que puede acabar dificultando la retención* (Moreira y Masini, 2006).
- *La falta de hábito de construir mapas conceptuales* (Krummenauer y Costa, 2009; Nunes y Del Pino, 2008).

Moreira y Masini (2006, p. 57) también destacan que si el mapa conceptual no tiene significado para los alumnos, podrán encararlo sólo como algo más a ser memorizado. Esos autores también comentan que la presentación de mapas conceptuales de especialistas puede inhibir la confianza de los alumnos en la construcción de sus propios mapas.

De cualquier modo, todas las dificultades apuntadas por los estudiantes pueden ser superadas siempre que haya una adecuada intervención docente. Un buen punto de partida, según Daley (2004b), es invertir en los alumnos, convenciéndolos a cambiar de estrategia de aprendizaje. Hay que recordar que la disposición para aprender es condición fundamental para que sea posible el aprendizaje significativo, de acuerdo con Ausubel (2002).

Sintetizando esta sección, en la perspectiva de los alumnos, algunas barreras aún tienen que ser superadas. El problema de la demanda de tiempo para realizar mapas conceptuales como estrategia de aprendizaje es un punto que merece atención, principalmente si los estudiantes aún no dominan la técnica. Por otro lado, los resultados de las investigaciones son, en su mayoría, favorables al uso de mapas conceptuales como estrategia didáctica, siempre que, evidentemente, no haya un distanciamiento de su esencia, que está fundamentada en la conceptualización. Aunque se observe que hay alguna tendencia al “todo vale” por parte de algunos autores, si se utilizan adecuadamente, los mapas conceptuales son potentes herramientas en el sentido de fomentar la conceptualización y, por consiguiente, el aprendizaje significativo.

Mapas conceptuales como estrategia de evaluación

Novak y Gowin (1984, p. 109) critican el hecho de que tanto para profesores como para alumnos, el uso de preguntas tipo test (preguntas verdadero/falso o preguntas de respuestas cortas) es sinónimo de evaluación del aprendizaje. Aunque se sepa que ese tipo de evaluación continúa siendo utilizado, no se puede olvidar que muchos de esos tests son de mala calidad, y que mejorar las formas clásicas de evaluación puede contribuir para valorar el aprendizaje. Los mismos autores, al realizar un estudio para verificar cómo los niños adquirían y usaban conceptos científicos, observaron que, independientemente del tipo de test propuesto, no era posible evaluar, de forma válida, el conocimiento de los niños, pues, cuando se les preguntaba por qué habían escogido cierta respuesta, verificaron que existía poca correspondencia entre el contenido de las respuestas seleccionadas, tal como los investigadores las interpretaban, y los significados expresados por los niños. Grunstone y White, citados por Novak y Gowin (1984), mostraron que muchas veces el estudiante es capaz de resolver problemas familiares y obtener respuestas correctas, pero, si se les pide que resuelvan un problema que no sea rutinario, para el cual no tenga el algoritmo, acaba cometiendo confusiones conceptuales. Eso se debe al hecho de que el alumno memoriza un algoritmo para obtener respuestas a una determinada clase de problemas, pero carece de la comprensión conceptual y proposicional que explican el fenómeno de interés. La memorización de algoritmos para la resolución de problemas parece que es compatible con un estilo de aprendizaje más memorístico. Por lo tanto, si el profesor está interesado en promover un aprendizaje más significativo que mecánico, debe estar atento a otras alternativas de evaluación.

Los mapas conceptuales pueden ser utilizados como instrumento de evaluación, incluso en diferentes perspectivas. Permiten, por ejemplo, detectar lo que el alumno ya sabe antes de iniciar una unidad de enseñanza, dando subsidios al profesor para que pueda planificar la enseñanza de acuerdo con las respuestas obtenidas, lo cual es totalmente compatible con uno de los principales principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (Ausubel, 2002). Los mapas conceptuales también pueden ser utilizados en la evaluación del aprendizaje de un contenido; sin embargo, Moreira (2006, p. 55) cree que ese tipo de evaluación no debe tener como objetivo testar conocimiento y darle una nota al alumno (clasificándolo de alguna forma), sino que deben ser usados en el sentido de obtener informaciones sobre el tipo de estructura que el alumno ve para un determinado grupo de conceptos, lo cual es compatible con una evaluación continua, pero no definitiva. Con esa finalidad, se les puede pedir a los alumnos que construyan un mapa conceptual, o el mapa conceptual puede ser trazado por el propio profesor a partir de las respuestas dadas a los tests escritos (Moreira, 2006) o de datos obtenidos a partir de entrevistas orales (Novak, 2004; Magntorn y Helldén, 2006; Lara y García, 2006; Kilic, 2003). Por tanto, Moreira (2006) entiende que el uso de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación de aprendizaje implica objetivos que sobrepasan los usuales, en la medida en que permite identificar lo que el alumno ya sabe en términos conceptuales a través de su forma de jerarquizar, diferenciar, relacionar, discriminar e integrar conceptos.

Son muchos los argumentos favorables al uso de los mapas conceptuales como herramienta de evaluación del aprendizaje significativo. Åhlberg y Vuokko (2004) realizaron una investigación en la que uno de los objetivos era verificar la construcción de mapas conceptuales era confiable a largo plazo y concluyeron que los mapas conceptuales son una herramienta sensible que promueve un método útil para medir estadísticamente el aprendizaje significativo. Sin embargo, en otro estudio, Åhlberg y Ahoranta (2008) obtuvieron resultados diferentes al investigar si había diferencia estadísticamente significativa entre los mapas conceptuales hechos por alumnos, con edades entre 10 y 13 años, y sus respuestas a un test de conocimiento con preguntas cortas, como indicadores de la calidad del aprendizaje y comprensión. Los autores se sorprendieron al notar que los alumnos

demostraban más conocimiento a partir de las respuestas de las preguntas del test que cuando presentaban sus mapas conceptuales. Sin embargo, lo que se presentaba en los mapas conceptuales de los alumnos frecuentemente aparecía en las respuestas a las preguntas de los tests, pero no siempre. En ese caso específico, se observó que las dos formas de evaluación pueden ser complementarias.

Varios autores están de acuerdo en el potencial de los mapas conceptuales como estrategia de evaluación (Añez, Ferrer y Velazco, 2006; Azevedo, Lando, Fagundes, Zaro y Timm, 2006; Donner Jr., Infante-Malachias y Correia, 2006; García y Bueno, 2006; Mendonça, Silva y Palmero, 2007; Silva y Sousa, 2007; Toigo y Moreira, 2008 y Krummenauer y Costa, 2009). En ese sentido, Novak y Cañas (2004) lanzan un desafío, que consiste en cambiar las prácticas de evaluación que consisten primariamente en exámenes con preguntas tipo test, que miden básicamente el aprendizaje mecánico (en el sentido de recordar la información), para tests que lleven los estudiantes a demostrar cómo entienden los conceptos básicos y su aplicabilidad en nuevas resoluciones de problemas.

Cassata, Himangshu y Iuli (2004) consideran que, además de los mapas conceptuales servir como herramienta efectiva para medir el cambio en el entendimiento conceptual de los estudiantes, en el caso, de cursos de grado en Ciencias, proporcionan un medio visual de representar potenciales inexactitudes, relaciones entre conceptos y organización del conocimiento, factores que no se captan fácilmente a través de las herramientas de evaluación tradicionales. Huerta (2006), además de concordar con todos esos argumentos, cree que los análisis, tanto puntuales como comparativos, de los mapas conceptuales permiten explotar en los estudiantes la multidimensionalidad de la representación y obtener conclusiones sobre el aprendizaje de una determinada estructura conceptual cuando, por ejemplo, ésta se expresa mediante signos que pueden, como en el caso de las Matemáticas, situarse en más de un nivel de representación en un sistema de signos. En la investigación realizada por Venâncio y Kato (2008), en un primer momento se propuso una actividad de producción de un texto libre por parte de los alumnos seguida de la presentación de un texto informativo por parte del profesor. A continuación, los alumnos construyeron mapas conceptuales, realizaron una actividad de modelado matemático y nuevamente construyeron mapas conceptuales. Esos investigadores encontraron, evaluando alumnos de la Enseñanza Secundaria, que la producción de texto libre sobre los conocimientos previos sobre el tema en pauta apuntó una preocupación sobre el asunto, pero ésta no estaba fundamentada en argumentos científicos. La clase informativa dada por el profesor y las discusiones que de ahí derivaron favorecieron la percepción y la representación del problema. La evaluación por medio de mapas conceptuales reveló evidencias de aprendizaje significativo crítico (Moreira, 2005). Los mapas conceptuales mostraron explícita o implícitamente un modelo de cómo los alumnos veían la situación y apuntaron que esa visión estaba muy relacionada con la interacción personal de esos alumnos con el problema que había que resolver. Finalmente, el modelado matemático contribuyó para el aprendizaje significativo crítico al ser considerado como material potencialmente significativo.

Desde 1974, Novak y Gowin (1984) utilizan mapas conceptuales como una de sus herramientas de evaluación, en casi todas sus investigaciones. De ellos es la siguiente citación:

“Podemos asemejar los mapas conceptuales a pinturas: o te gustan o no te gustan” (p. 113).

Para esa afirmación, se basaron en la idea de que algunos profesores pretendían utilizar los mapas conceptuales en una perspectiva cualitativa y, ellos mismos manifestaron interés en la representación de la organización conceptual de los niños, antes y después de la enseñanza, o a lo largo de años; por tanto, consideraban la puntuación de los mapas conceptuales, en muchos aspectos, irrelevante, ya que buscaban alteraciones cualitativas en la estructura de los mapas

conceptuales realizados por los niños. Sin embargo, esos autores se dieron cuenta de que habría profesores y alumnos que desearían puntuarlos, razón por la cual propusieron un sistema de puntuación, basado en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, teniendo en cuenta: a) que la estructura cognitiva está organizada de manera jerárquica; b) que los conceptos de la estructura cognitiva están sujetos a una diferenciación progresiva; y c) que la reconciliación integradora tiene lugar cuando dos o más conceptos son relacionados en términos de nuevos significados proposicionales y/o cuando se resuelven conflictos de significados entre conceptos².

Novak y Gowin (1984, p. 52) establecieron los siguientes criterios de clasificación de los mapas conceptuales:

- con relación a las *proposiciones*, verificar si la relación entre dos conceptos está indicada por la línea que une los conceptos, así como, por las palabras de relación sobre ella, y verificar si esa relación es válida;
- con relación a la *jerarquía*, verificar si la misma aparece en el mapa, es decir, si cada uno de los conceptos subordinados es más específico y menos general que el concepto que aparece encima de él;
- verificar si el mapa conceptual revela *relaciones cruzadas* entre un segmento y otro de la jerarquía conceptual, y si las mismas son válidas³;
- verificar si hay *ejemplos* (situados fuera de las cajas, ya que no son conceptos).

Novak y Gowin (1984) sugieren la construcción de un mapa conceptual de referencia, realizado por el profesor o por un especialista, para que sirva de parámetro de comparación en la puntuación de los mapas de los alumnos. La escala de puntuación propuesta por ellos no está exenta de subjetividad; pero, casi ningún instrumento de evaluación lo es. También llaman la atención para el hecho de que preguntas tipo verdadero/falso, o preguntas tipo test, pueden, aparentemente, puntuar de forma “objetiva”, pero la elaboración del enunciado, así como la selección del tema pueden ser subjetivas e, incluso, arbitrarias. Los autores admiten alguna arbitrariedad en su propuesta de puntuación de mapas conceptuales, en la medida en la que determinan que los mapas deben ser organizados jerárquicamente, que todas las relaciones deben ser indicadas por palabras de enlace y que éstas deben ser apropiadas; sin embargo, entienden que esta arbitrariedad no perjudica a los alumnos.

La escala de puntuación en cuestión consiste en los siguientes criterios (op. cit., p. 123):

- *puntuar todas las relaciones válidas (que formen proposiciones válidas)*, pudiendo restar puntuación por enlaces equivocados o ambiguos;
- *contar los niveles válidos de jerarquía y puntuar cada nivel x veces, más que cada relación. El valor x es arbitrario dado que los mapas tienen mucho más relaciones que jerarquías, y porque las jerarquías válidas significan la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora de los significados conceptuales; por tanto, parece razonable y válido puntuar cada jerarquía 3 a 10 veces más que cada relación. Esa puntuación puede ser dificultada si el mapa conceptual es asimétrico; además, conceptos agregados sin relación conceptual subordinada no deben ser contabilizados como niveles de jerarquía;*

² Se puede encontrar una explicación detallada en Novak y Gowin (1984).

³ De acuerdo con Novak y Gowin (1984), los enlaces cruzados pueden indicar capacidad creativa y hay que prestar atención especial para identificarlas y reconocerlas.

- puntuar enlaces cruzados válidos entre dos segmentos distintos de la jerarquía conceptual, pues probablemente significan reconciliaciones integradoras importantes y pueden ser, incluso, consideradas como mejores indicadores de aprendizaje significativo que los niveles jerárquicos. Se sugiere que cada enlace cruzado reciba una puntuación 2 a 3 veces mayor que cada nivel jerárquico;
- puntuar ejemplos específicos que los alumnos presenten y que muestren que saben qué tipo de acontecimiento u objeto corresponde a la designación del concepto. Se sugiere atribuir mitad de la puntuación dada a las relaciones porque parece que es más fácil encontrar ejemplos que relaciones y porque los ejemplos son menos explicativos acerca del aprendizaje significativo.

Åhlberg (2004) propuso algunas alteraciones en el sistema de puntuación de Novak y Gowin:

- todos los conceptos deben ser interpretados como elementos principales del pensamiento y del aprendizaje, luego, deben aparecer en cajas. Para Novak y Gowin, los conceptos no siempre aparecen en cajas;
- algunas veces puede haber necesidad de utilizar expresiones mayores para construir el rótulo adecuadamente, sin embargo, Novak y Gowin prefieren rótulos verbales cortos para expresar relaciones entre conceptos;
- para ser una proposición significativa, todos los enlaces deben tener una flecha para mostrar la dirección de la conexión entre los conceptos, pero, si siguiesen sus propias reglas, Novak y Gowin colocarían flechas sólo en relaciones horizontales o leídas del concepto principal en adelante;
- se admite la inclusión de figuras, vídeos, sonidos y otros elementos en mapas conceptuales; Novak y Gowin no los utilizan;
- Åhlberg cree que los mapas conceptuales pueden ser usados como método general independiente de la teoría; Novak y Gowin siguen la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel;
- los conceptos no tienen que ser colocados en el mapa; en lugar de eso, pueden ser colocados en el centro o en cualquier otro lugar. Novak y Gowin defienden mapas conceptuales jerárquicos, pero es perfectamente posible aceptar el uso de mapas conceptuales cíclicos, los cuales no son jerárquicos;
- para Åhlberg, si un concepto posee muchos enlaces con otros conceptos, puede ser necesaria su repetición y que ese procedimiento sea explícitamente explicado; sin embargo, en un buen mapa conceptual, desde el punto de vista de Novak y Gowin, cada concepto es mencionado sólo una vez;
- si no hay repetición de conceptos, es fácil contar cuántos enlaces tiene cada concepto con los otros. El número de enlaces da una buena estimativa de la centralidad del concepto en el pensamiento de la persona que está construyendo el mapa conceptual y
- algunas veces es útil estar apto para leer un mapa conceptual en un determinado orden, pero ese orden no siempre es de arriba abajo.

Åhlberg (2004), así como varios otros autores (Azevedo, Lando, Fagundes, Zaro y Timm, 2006; Kharatmal y Nagarjuna, 2006; Tifi, Lombardi y Villamor, 2008), fueron cuestionando, cambiando, adaptando los criterios de Novak y Gowin. Pero hay que tener cuidado para que no haya una banalización, ni una completa distorsión del uso del instrumento, manteniendo los presupuestos en los cuales está fundamentado.

Varios autores están de acuerdo en el punto de vista de Novak y Gowin (1984) sobre comparar los mapas conceptuales confeccionados por los alumnos a un mapa conceptual de referencia. McClure, Sonak y Suen (1999) defienden esa posición en función de la simplicidad de la tarea. King y Walker (2002); Steiner y Albert (2008); Hugo y Chrobak (2004); Fonseca, Extremina y Fonseca (2004); Arbea y Campo (2004); Cassata, Himangshu y Iuli (2004); Novak y Cañas (2004); Conlon (2004); Iuli y Himangshu (2006) y Mendonça, Silva y Palmero (2007) también eligieron la comparación de los mapas conceptuales elaborados por los alumnos con los elaborados por los profesores o especialistas como forma de evaluación y/o análisis de datos en sus investigaciones. Ruiz-Primo, Schultz y Shavelson (1997), incluso, examinaron si los resultados de los mapas conceptuales son sensibles a quien escoge los conceptos que deben ser usados (estudiante o especialista). En un primer momento, los estudiantes fueron testados sin darles los conceptos (es decir, ellos mismos deberían determinar cuáles los conceptos que serían usados en la construcción del mapa); después, fueron testados construyendo mapas conceptuales a partir de una lista de conceptos proporcionada por los profesores y, finalmente, a partir de una segunda lista de conceptos, también proporcionada por los profesores. El sistema de puntuación se basó en la comparación de los mapas de los alumnos con un mapa de referencia, teniendo en cuenta los conceptos y proposiciones, así como la validez del mapa con relación a la asignatura. Los autores concluyeron que las dos técnicas dan interpretaciones semejantes sobre la estructura de conocimiento de los alumnos y que los mapas conceptuales pueden ser confiablemente usados para atribuir notas, aun cuando la calidad de las proposiciones entra en la puntuación.

Por otro lado, hay un grupo de investigadores que no está de acuerdo con el uso de los mapas de referencia como criterio de evaluación de mapas conceptuales. Walker y King (2003) y Hirsch, Linsenmeier, Smith y Walker (2005) entienden que los mapas conceptuales captan diferencias entre novatos y especialistas, sin embargo, consideran problemático el uso de la comparación novatos-especialistas como forma de evaluación. Rissel, Sommer, Fürstenau y Kunath (2008) investigaron el efecto de tres técnicas diferentes de elaboración de mapas conceptuales en la promoción de procesos de aprendizaje de estudiantes de grado en Administración de Empresas. Una de esas formas consistía en que los estudiantes utilizasen un mapa de referencia para crear sus propios mapas conceptuales. Los autores se dieron cuenta de que los estudiantes analizaban el mapa del especialista sólo superficialmente, porque suponían que el mismo es plausible, sin necesidad de profundizar o hacer alteraciones (ya que fue construido por un especialista), pero los estudiantes confunden plausibilidad con entendimiento de contenidos. Así, hay que pensar que la elaboración de mapas conceptuales, en esa perspectiva, podría perder potencial como instrumento facilitador del aprendizaje significativo.

Otro punto ya destacado anteriormente es que no hay un acuerdo a respecto de la presencia de jerarquía en los mapas conceptuales. Nicoll, Francisco y Nakhleh (2001) propusieron una alternativa al sistema de Novak y Gowin por entender que son perfectamente aceptables los mapas conceptuales no jerárquicos (altamente complejos). En ese método⁴ el centro está en la información contextual de los mapas conceptuales a través del análisis de la utilidad, estabilidad y complejidad de las relaciones construidas por un grupo de estudiantes de una facultad de Química, obteniendo así, informaciones útiles sobre cómo estaban entendiendo el conocimiento que se les estaba presentando. Los autores afirman que el método también puede ser útil en la evaluación de mapas conceptuales jerárquicos. Por otro lado, la mayor parte de los autores parece que no está de acuerdo en la importancia de las proposiciones y de las relaciones cruzadas como criterio significativo sobre la complejidad de la estructura cognitiva de los alumnos.

Kharatmal y Nagarjuna (2006) admiten que el uso cuidadoso de determinados tipos de relaciones es un buen índice de experiencia y reestructuración del conocimiento, entonces, cada tipo

⁴ Nicoll, Francisco y Nakhleh (2001) presenta una descripción completa.

de relación válida debía recibir una puntuación mayor. En ese sentido, presentaron una propuesta de refinamiento de los mapas conceptuales con el fin de promover un aprendizaje efectivo de las ciencias, en el que destacaron problemas en el sistema de puntuación de Novak y Gowin. Los autores consideraron que los expertos usan un menor número de tipos de relaciones, por tanto, cuando se realiza un mapa conceptual en educación en ciencias, se debería hacer un esfuerzo para disciplinar la selección de los tipos correctos de relaciones. Para ellos, para evaluar un mapa, parece apropiado atribuir una nota mayor por elegir algunos tipos de relaciones.

Poveda, Sanzol y Oneca (2006) realizaron una investigación con el fin de obtener informaciones sobre el aprendizaje de los alumnos de 5° de Enseñanza Primaria a través del análisis del aumento de las palabras de enlace incluidas en el mapa y en la complejidad de las relaciones entre ellas. Los autores concluyeron que, a través del análisis de las palabras de enlace, fue posible verificar si los niños daban sentido a su conocimiento previo y descubrir posibles errores conceptuales. Además, el análisis de las proposiciones habilita al profesor a identificar conexiones omitidas entre conceptos y detectar conceptos equivocados que podrían indicar que el niño necesita más instrucción.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que, si por un lado las proposiciones y relaciones cruzadas suministran informaciones tan preciosas a los profesores, por otro, son los aspectos sobre los cuales los alumnos dicen que presentan más dificultades. Soares y Valadares (2006), al presentar resultados de una investigación-acción sobre estrategias de enseñanza de la Acústica desarrolladas en una clase con ambiente constructivista de aprendizaje, con alumnos de la Enseñanza Secundaria, observaron que los alumnos tuvieron dificultades en establecer relaciones cruzadas y justificaron ese hecho por la poca experiencia que tenían con mapas conceptuales o por la ausencia de una estructura super-organizada para el campo de la Acústica.

Así mismo, los alumnos que trabajaron con mapas conceptuales, en esa investigación, presentaron una evolución conceptual. En la experiencia relatada por Toigo y Moreira (2008), en la que se utilizaron mapas conceptuales en tres asignaturas distintas de Educación Física (Biomecánica, Desarrollo Motor y Fisiología del Ejercicio), tanto como estrategia didáctica como de evaluación, también se verificaron dificultades por parte de los alumnos en encontrar buenas palabras de enlace, que realmente expresasen las relaciones entre los conceptos. Aun reconociendo que encontrar buenas palabras de enlace y/o establecer relaciones cruzadas sean dificultades reales para los alumnos, hay que destacar un punto bastante positivo del uso de los mapas conceptuales como estrategia de evaluación: la recursividad, que consiste en la construcción y reconstrucción de esos mapas, lo que puede llevar al estudiante a una mejor organización y jerarquización de conceptos, repercutiendo en aprendizaje significativo (Nunes y Del Pino, 2008). Ramírez de M. y Sanabria (2004); Ramírez de M., Sanabria y Aspée (2006) y Tavares (2007) defienden que, a pesar de las dificultades encontradas por los estudiantes de Física en la construcción individual de mapas conceptuales, son valiosos para mejorar la comprensión y facilitar la construcción de su propio conocimiento, en la medida en la que el alumno tenga oportunidad de usarlos, analizarlos, cuestionarlos o mejorarlos. Carnot y Stewart (2006) observaron que los estudiantes de Psicología y Servicio Social, que participaron de su estudio, inicialmente estaban preocupados con la elaboración de mapas conceptuales, pero la experiencia acabó siendo benéfica ya que los mapas pudieron ser posteriormente editados, evaluados o usados como base para nuevos mapas conceptuales. También sugieren que, en lugar de pedir de los alumnos la construcción semanal de mapas conceptuales sobre capítulos individuales, es mejor optar por la construcción de un mapa conceptual general del dominio, con actualizaciones semanales.

Freeman y Jessup (2004) realizaron un estudio en el que se verificaron los efectos del uso de mapas conceptuales como instrumento de medida, de evaluación del aprendizaje así como, su utilidad, facilidad de uso y satisfacción. De acuerdo con los datos obtenidos, algunos mapas fueron

bastante complejos, con varios conceptos y muchas palabras de enlace, mientras otros fueron más básicos, con menos conceptos y mínimas palabras de enlace. Para los autores, eso ocurrió porque los mapas conceptuales son una creación individual (o conjunta, dependiendo del contexto) que variará entre los individuos, aunque éstos realicen mapas conceptuales sobre el mismo asunto. Entonces, se puede pensar que no hay un mapa correcto. Según Tavares (2007), hay mapas que demuestran un gran conocimiento por parte de quien los construye sobre posibles relaciones entre conceptos, entonces es improbable que dos especialistas en un mismo asunto construyan mapas iguales. Tal vez esos especialistas estén de acuerdo en líneas generales, pero probablemente escogerán relaciones diferentes entre conceptos. Aun así, no cuestionarán los respectivos mapas, ya que representan expresiones individuales sobre un tema. Esa perspectiva puede ser un argumento interesante para dar a los alumnos; en otras palabras, no debe haber una preocupación por hacer coincidir sus mapas conceptuales con un “mapa-categoría”, o mapa de referencia. Si ése fuese el caso, tal vez los mapas conceptuales dejasen de ser una herramienta para promover el aprendizaje significativo y estarían más inclinados al lado del aprendizaje mecánico, quien sabe, hasta con características comportamentalistas maquilladas. Sin embargo, el hecho de que no exista *el mapa correcto* no significa que todo vale. La idea es que el mapa conceptual como instrumento de evaluación sirva, también, para verificar el entendimiento de los alumnos sobre lo que se está enseñando/aprendiendo; entonces, pueden aparecer algunas confusiones en las relaciones entre conceptos, fruto de falta de comprensión, concepciones alternativas u otros factores que lleven los alumnos a cometer equívocos. En ese sentido, se destaca la importancia del cambio de significados. López-Goñi y Zufiaurre (2004) consideran que la elaboración en clase del mapa conceptual consensuado refuerza la motivación y la participación activa del alumnado en general. Para los alumnos, el hecho de que no exista un mapa conceptual definitivo, o único, posibilita que expresen el aprendizaje sin las limitaciones que impone el hecho de saber que cometerán errores.

Volviendo a la cuestión del uso de los mapas conceptuales, en una perspectiva menos basada en la Teoría del Aprendizaje Significativo, pero con características más compatibles con el comportamentalismo, Ruiz-Primo, Schultz, Li y Shavelson (1999) advierten sobre esta práctica, al comparar tres técnicas de construcción de mapas conceptuales utilizados como forma de evaluación (construir un mapa conceptual a partir de 20 conceptos dados; construir un mapa conceptual rellenando los espacios de conceptos dados y construir mapas conceptuales rellenando los espacios de las palabras de enlace con 12 frases dadas) y concluyeron que las tres técnicas son diferentes entre sí. Técnicas altamente dirigidas (de rellenar espacios) indican que el desempeño de los estudiantes es próximo al criterio máximo, mientras que la técnica menos dirigida (de construir el mapa a partir de conceptos dados) indicó que el conocimiento de los estudiantes fue un tanto parcial comparado al mapa de referencia. Además, parece que la técnica menos dirigida les da a los estudiantes más oportunidades de reflexión sobre su entendimiento conceptual que las técnicas más dirigidas. El año siguiente, Ruiz-Primo (2000) presentó un panorama sobre el uso de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación estudiando tres diferentes posibilidades. En la primera, evaluó el efecto de dar o no los conceptos para construir un mapa conceptual; en la segunda, comparó la *técnica de construir un mapa* (técnica menos dirigida) con la *técnica de rellenar un mapa* (técnica altamente dirigida) y en la tercera, buscó evidencias sobre la correspondencia entre las demandas pretendidas de la tarea, actividad cognitiva inferida y puntuaciones obtenidas por medio de tres técnicas de confección de mapas conceptuales. A partir de esa investigación, la autora llegó a algunas consideraciones, tales como: (a) los alumnos pueden ser entrenados para construir mapas conceptuales en corto espacio de tiempo; (b) los mapas conceptuales pueden ser confiablemente cuantificados aun cuando hay necesidad de evaluar la complejidad de las proposiciones; (c) la puntuación de los mapas conceptuales sirve para clasificar consistentemente los alumnos con relación a los colegas y a ellos mismos; (d) la puntuación de convergencia (proporción de proposiciones válidas en comparación a un mapa de referencia) parece reflejar mejor diferencias sistemáticas en la comprensión encadenada de los alumnos; (e) la técnica de construir un mapa con asesoramiento es la que más precisamente reflexiona las diferencias entre

los estudiantes en la comprensión encadenada y (f) las técnicas de construir un mapa y de rellenar espacios de conceptos no son equivalentes, así como, no son equivalentes las técnicas de rellenar espacios de conceptos y de rellenar espacios de palabras de enlace entre los conceptos de un mapa. Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala y Shavelson (2005) examinaron la equivalencia de dos tareas de evaluación en mapas conceptuales que consisten en (a) construir un mapa con frases de enlace creadas por los alumnos (técnica C) y (b) construir un mapa conceptual con frases de enlace pre-seleccionadas (técnica S) y concluyeron que las dos técnicas son equivalentes. A esos autores, la técnica C les pareció mejor que la técnica S para captar el conocimiento parcial de los estudiantes, aun cuando la técnica S sea más fácil desde el punto de vista de la puntuación. Aunque los autores consideren la técnica C más adecuada para una evaluación más formativa, también defienden que la técnica S es mejor para evaluaciones de gran escala porque requieren menos tiempo de corrección. Vakilifard, Armand y Baron (2006) desarrollaron, delinearon e implementaron actividades de lectura, incluyendo mapas conceptuales en una secuencia de enseñanza para dar soporte a la comprensión de textos informativos en el contexto de una clase de idioma extranjero compuesta por 18 estudiantes adultos. Los estudiantes fueron divididos en grupo experimental y en grupo control. Los profesores construyeron mapas conceptuales sin palabras de enlace y los alumnos del grupo experimental debían rellenarlas de modo que creasen proposiciones con sentido. El grupo experimental demostró un mejor desempeño en las tareas de comprensión en comparación al grupo control. Los alumnos respondieron un cuestionario de auto-evaluación y las respuestas indicaron que casi todos los miembros del grupo experimental consideraron que el uso de los mapas conceptuales los llevó a una mejor comprensión textual por presentar, antes de todo, la organización y la estructura de los textos, identificando las principales ideas presentes en los textos. La estrategia también facilitó el aprendizaje del vocabulario por traer nuevamente los conceptos más importantes y las relaciones entre ellos.

Por otro lado, otros autores cuestionan la actividad de rellenar lagunas en la elaboración de mapas conceptuales. Lim, Lee y Grabowski (2009) realizaron una averiguación en la que los objetivos eran (a) verificar si las estrategias de elaboración de mapas conceptuales con diferentes niveles de producción (mapas conceptuales producidos por expertos; mapas conceptuales producidos parcialmente por los alumnos y mapas conceptuales totalmente producidos por los alumnos) influyen en la adquisición de conocimiento; (b) verificar si diferentes niveles de habilidades de aprendizaje autorregulado influyen en la adquisición de conocimiento; (c) verificar si diferentes niveles de habilidades de aprendizaje autorregulado afectan la efectividad de diferentes estrategias de elaboración de mapas conceptuales. Formaron parte de ese estudio 124 estudiantes de grado de diversas facultades, en la asignatura de Estadística. El nivel más alto de producción fue obtenido a través de una actividad en la que los estudiantes construyeron solos los mapas conceptuales. El nivel intermedio de producción fue obtenido a través de la construcción, por parte de los alumnos, de mapas conceptuales en los que había conceptos o palabras de enlace que había que rellenar. El nivel más bajo de producción fue obtenido cuando los alumnos consultaron mapas conceptuales realizados por especialistas. Además, se utilizó un cuestionario de estrategias motivacionales de aprendizaje para medir las habilidades de aprendizaje de autorregulación de los alumnos y un examen tipo test para verificar el aprendizaje de los estudiantes. De ese estudio, se desprenden varias consideraciones importantes: (a) la estrategia utilizada por los estudiantes de construir mapas conceptuales solos se mostró más efectiva que la estrategia de construcción parcial de mapas conceptuales en lo que se refiere a la adquisición de conocimiento; (b) los estudiantes que trabajaron con mapas conceptuales producidos parcialmente por ellos no tuvieron mejores desempeños en la medida de conocimiento que el grupo que trabajó con mapas conceptuales elaborados por especialistas, indicando que la acción de completar un mapa conceptual puede no ser efectiva para facilitarles a los estudiantes la generación de sus propios significados; (c) las habilidades de aprendizaje autorregulado fueron identificadas como factor crítico para la adquisición de conocimiento. Los estudiantes con mayores niveles de habilidades de aprendizaje autorregulado tendieron a presentar mejores resultados que estudiantes con menores niveles de

habilidad de aprendizaje autorregulado; (d) estudiantes que quisieron elaborar y organizar las informaciones dadas solos eventualmente obtuvieron desempeños, especialmente cuando tenían habilidades cognitivas apropiadas para administrar el proceso de construcción de significados; (e) para los alumnos con bajos niveles de habilidades de aprendizaje autorregulado, ninguno de los tres niveles de generación produjo diferencia significativa en el aprendizaje, y finalmente, (f) los mapas conceptuales no funcionan de la misma manera para todos los tipos de alumnos.

Otra propuesta de uso de los mapas conceptuales consiste en construirlos respondiendo a una pregunta central sobre el objeto de estudio. Derbentseva, Safayeni y Cañas (2006; 2007) sostienen que la pregunta central o no sólo influye en la selección de los conceptos, sino también en las relaciones entre ellos. Ramírez (2006) argumenta que preguntas pedagógicas, por sí, se constituyen en fuerte estrategia cognitiva, pero esas preguntas combinadas con la construcción de mapas conceptuales trascienden para producir y organizar el pensamiento divergente y la metacognición, para favorecer la creatividad. Buenas cuestiones, independientemente de venir del profesor, de otros estudiantes o del autor del mapa llevan a la construcción de mejores mapas conceptuales, a un mayor pensamiento dinámico y a un entendimiento más profundo.

A pesar de todo el potencial de los mapas conceptuales, como estrategia didáctica y como estrategia de evaluación, presentado hasta ahora, no se pueden ignorar algunos puntos débiles que deben ser considerados. Como ya se ha dicho, algunos profesores utilizan mapas conceptuales en un enfoque más compatible con el comportamentalismo, sea por comparar los mapas de los alumnos con mapas de referencia, que se parecen más con claves de respuesta, o por utilizar los mapas conceptuales como un formulario de rellenar espacios. Cualquiera de esas situaciones parece estar contra la Teoría del Aprendizaje Significativo. Tamayo, León, Almazán y Hernández (2006) realizaron un estudio en el cual el objetivo fue conocer cuál es la secuencia de lectura del mapa conceptual cuando éste es utilizado para la exposición de un tema. A partir de la secuencia de lectura, esos autores esperaban comparar: (a) el orden en el que los conceptos son expuestos y leídos por los autores del mapa conceptual; (b) si el orden de exposición de esos conceptos deriva de la asignatura en términos cronológicos y de la teoría de las que forman parte y (c) si el orden de exposición está relacionado con el orden expositivo del texto sobre el que fue realizado el mapa conceptual. La observación realizada reveló que existe una tendencia a escribir y leer el mapa conceptual de izquierda a derecha y que esa práctica parece derivar de la propia práctica de lectura alfabética, desviando la interpretación y construcción jerárquica del mapa conceptual. Pero lo que más llamó la atención de los investigadores fue el hecho de que la jerarquía del mapa conceptual se ve desplazada por secuencias narrativas de los textos sobre los cuales los alumnos elaboran el mapa conceptual. Según los autores, esas prácticas son mecanismos comunes para inhibir el aprendizaje significativo. Por otro lado, algunos alumnos hacen mal uso de la herramienta, intentando falsear el aprendizaje significativo. Rábago, Aguirre y Alvarez (2006) intentaron precisar hasta qué punto los mapas conceptuales construidos por alumnos de grado, máster y doctorado de diferentes áreas se aproximan o se distancian de un auténtico mapa conceptual. Los diversos ejemplos analizados mostraron que algunos estudiantes tienen dificultad para librarse de la influencia del texto y descubrir los conceptos clave en él contenido; otros, aunque descubran los conceptos clave fundamentales del texto, tienen problemas al organizarlos en una red de proposiciones. Los diversos resultados encontrados son representativos de un continuo que va desde expresiones de conocimiento mecánico, memorístico, caracterizados por su fidelidad al texto que sirvió de apoyo, para la construcción de los mapas conceptuales, hasta aquéllos que se aproximan cerca de los verdaderos mapas conceptuales, los cuales están dotados de una sólida estructura conceptual que se concreta en una red de proposiciones lógicas.

Aún sobre ese enfoque, Toigo y Moreira (2008) observaron que, en algunas oportunidades, durante la presentación de los mapas conceptuales, construidos por los sujetos de su investigación, un u otro alumno simplemente leyó el diagrama, sin saber, ni siquiera por dónde empezar. Los

autores observaron que esas situaciones, a pesar de no ser comunes, pueden acontecer pues, según Moreira (2006), para algunos alumnos, el mapa conceptual puede no tener ningún significado y, por tanto, lo consideran simplemente como algo más que tienen que memorizar. En una situación como ésta, Toigo y Moreira (2008) sugieren ofrecer una nueva oportunidad de reflexión, estudio y representación del trabajo, dentro del espíritu de recursividad de ese tipo de evaluación. En otro estudio, Moreira y Sperling (2009) también observaron que, así como el alumno puede reproducir mecánicamente resoluciones de problemas que tengan enunciados equivalentes, lo mismo se puede observar con relación a una supuesta conceptualización (que debía ser una de las conquistas de los alumnos a partir de la elaboración de mapas conceptuales), cuando el alumno hace uso de conceptos y teoremas sin que tengan, necesariamente significado para él.

Otro punto que puede ser considerado negativo en la elaboración de mapas conceptuales se refiere a la cantidad de tiempo que demanda, tanto para su confección por parte de los alumnos, como en su corrección, por parte de los profesores. Turns, Atman y Adams (2000) consideran que los mapas conceptuales no son una solución perfecta para evaluación porque requieren mucho tiempo de interpretación y aún quedan ambigüedades, aunque consideren que representan una forma innovadora de evaluar y ganar discernimiento sobre el aprendizaje de los alumnos a respecto de las relaciones entre los conceptos, así como tienen la cualidad de ser herramientas flexibles debido a su uso recursivo.

Tifi, Lombardi y Villamor (2008) defienden que debe haber una mayor flexibilización en los criterios básicos de la elaboración de mapas conceptuales, pues el ajuste del conocimiento complejo y sofisticado requiere el uso del lenguaje natural, abastecido de relaciones importantes y cajas de conceptos en los mapas conceptuales. Kharatmal y Nagarjuna (2006) y Azevedo, Lando, Fagundes, Zaro y Timm (2006) también son favorables a la flexibilización de los criterios de evaluación de los mapas conceptuales.

A modo de síntesis, el uso de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación, de cierto modo, presenta las mismas características apuntadas con relación a lo su uso como instrumento didáctico. En el caso de la evaluación, la demanda de tiempo es un problema, tanto para quien los elabora, como para quien corrige los mapas conceptuales. Procurando solucionar ese problema, los investigadores han intentado desarrollar sistemas de puntuación que hagan más rápida la tarea de corrección, sin embargo, con eso se corre el riesgo de banalizar o desvirtuar el instrumento, sea por simplemente compararlo a claves de respuesta, situación en la que parece que no hay un análisis más profundizado sobre las relaciones construidas por los alumnos, o sea por un uso más comportamentalista del instrumento, en el que los alumnos deben poner palabras para completar lagunas cual si estuviesen rellenando un formulario.

Sin embargo, si el uso de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación se hace dentro de los principios constructivistas que están contemplados en la Teoría de Educación de Novak y Gowin, en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel y la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, según esta investigación, es muy probable que contribuya sobremanera a la conceptualización, lo que acaba potenciando un aprendizaje más significativo. Por otro lado, un uso más constructivista de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación en la perspectiva de las teorías mencionadas no es coherente con una rigidez absoluta en los criterios de puntuación, es decir, en el uso exclusivo del sistema de puntuación propuesto por Novak y Gowin (1984). No es que ese sistema de puntuación esté “equivocado” (ni se pretende entender que esté equivocado), pero, como se demostró en estudios ya citados, se apuntan, utilizan y aceptan otras alternativas, por tanto, es posible y deseable una flexibilización.

Un último punto que merece destaque es que los alumnos suelen quejarse de la dificultad para escoger o limitar los conceptos que deben componer el mapa conceptual, así como, encontrar

buenas palabras de enlace que expresen correcta y claramente las relaciones entre los conceptos. Al considerar la perspectiva de que la conceptualización es un proceso lento y progresivo (Vergnaud, 1990) y que la tarea de construir un mapa conceptual también implica, además de la comprensión del objeto de estudio, el dominio de la propia herramienta, se sostiene que el profesor no debe aceptar la simple “entrega” del diagrama como forma de evaluación. Los mapas conceptuales fueron concebidos para ser presentados, discutidos, negociados, reformulados, para que puedan verdaderamente auxiliar al profesor a captar los elementos que le proporcionan informaciones a respecto de la estructura cognitiva de los alumnos. Eventualmente, algunas proposiciones están mal escritas o indebidamente colocadas en el diagrama, sea por falta de conocimiento sobre el tema, o por inexperiencia en la construcción espacial de los diagramas, lo cual constituye argumento a favor de que los mapas conceptuales sean explicados oralmente, cuando son cuestionadas por los profesores, o por los propios compañeros.

Consideraciones finales

En ese trabajo, la propuesta fue presentar una revisión de la literatura respecto a las ventajas y desventajas del uso de mapas conceptuales como estrategias didácticas y de evaluación. Sin embargo, el profesor tiene que tener cautela al utilizar solamente mapas conceptuales esperando que la evolución conceptual sea una consecuencia directa. La enseñanza no debe estar basada en una única estrategia. La misma cautela es necesaria con relación al uso de los mapas conceptuales como estrategia de evaluación, ya que a través de ellos puede que no sea posible identificar algunos tipos de dificultades de los alumnos. En ese sentido, hay que rescatar las ideas de Vergnaud (1990; 2009) cuando destaca que el dominio de un campo conceptual por parte del alumno tiene lugar de manera lenta y progresiva y, también, con rupturas y continuidades. Por tanto, el profesor debe tener cautela al establecer sus expectativas sobre el desempeño de los alumnos cuando vaya a introducir una estrategia no tradicional con la pretensión de fomentar el aprendizaje significativo, principalmente si esa estrategia es innovadora en el área de conocimiento. Según Greca y Moreira (2003), cada individuo, de acuerdo con sus condiciones individuales y con su capacidad cognitiva, tiene su propio tiempo para que su conocimiento implícito evolucione para explícito, científicamente aceptado. De esa forma, si los mapas conceptuales auxilian los alumnos a estructurar mejor su conocimiento declarativo, es posible asumir que pueden contribuir parcialmente con el aprendizaje significativo de los alumnos.

Referencias

- Afamasaga-Fuata'i, K. (2004a). An undergraduate student's understanding of differential equations through concept maps and vee diagrams. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Afamasaga-Fuata'i, K. (2004b). Concept maps & vee diagrams for learning new mathematics topics. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Åhlberg, M. (2004). Varieties of concept mapping. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Åhlberg, M.; Ahoranta, V. (2008). Concept maps and short-answer tests: probing pupils' learning cognitive structure. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Põltsamaa: OÜ Vali Press. pp. 260-267.

- Åhlberg, M.; Vuokko, A. (2004). Six year design experiments using concept mapping – at the beginning and at the end of each of 23 learning projects. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Almeida, V.O.; Moreira, M.A. (2008). Mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos da óptica física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(4): 4403.
- Alonso, M.E. (2008). Patagonia Argentina: an educational experience applying CmapTools, developing didactic resource and its use as a tool for meaningful and collaborative learning. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 214-217.
- Añez, O.; Ferrer, K.; Velazco, W. (2006). Una propuesta didáctica basada en la aplicación de mapas conceptuales y trabajo cooperativo en aulas con elevada matrícula estudiantil. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 258-261.
- Aquilino, C.; Venditti, P. (2006). Children discover the fantastic world of the paper. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 40-43.
- Arbea, J.; Campo, F. (2004). Mapas conceptuales y aprendizaje significativo de las ciencias naturales: análisis de los mapas conceptuales realizados antes y después de la implementación de un módulo instruccional sobre la energía. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Arroyo, E.A. (2004). Desarrollo de mapas conceptuales con niños de kinder y primer grado. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Ausubel, D.P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós, 325p.
- Azevedo, A.M.P.; Lando, V.R.; Fagundes, L.; Zaro, M.A.; Timm, M.I. (2006). Concept maps as a strategy to assess learning in biochemistry using virtual dynamic metabolic diagrams (DMDV). In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 120-127.
- Berionni, A.; Baldoni, M.O. (2004). The words of science: the construction of science knowledge using concept maps in Italian primary school. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Bolte, L.A. (2006). Reflections on using concept maps in teaching mathematics. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 213-216.
- Bonastre, O.M.; Pina, M.J.M. (2006). Uso de mapas conceptuales como técnica de apoyo durante el proceso cognitivo de enseñanza-aprendizaje: experiencia de uso colaborativo con alumnos de la Universidad Miguel Hernandez (UMH). In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 311-314.
- Brenes, J.; Coto, A.S.; Hurtado, G.; Rivera, I.; Rodríguez, W.; Vásquez, C. (2006). La utilización de mapas conceptuales como estrategia didáctica para la construcción y organización del pensamiento en edad preescolar. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 335-324.
- Brüchner, K.; Shanze, S. (2004). Using concept maps for individual knowledge externalization in medical education. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.

- Caballero, C.; Moreira, M.A.; Rodríguez, B.L. (2008). Concept mapping as a strategy to explore teachers' mental representations about the universe. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press, v.1, p. 205-212
- Cálad, M.H. (2004). Experiencia con el uso de mapas conceptuales como estrategia de enseñanza en un curso de ingeniería del conocimiento. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Calderón-Steck, F. (2006). Concept mapping as a teaching/learning tool about race relations. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 62-65.
- Carnot, M.J.; Stewart, D. (2006). Using concept maps in college level psychology and social work classes. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 292-295.
- Cassata, A.E.; French, L. (2006). Using concept mapping to facilitate metacognitive control in preschool children. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 598-605.
- Cassata, A.E.; Himangshu, S.; Iuli, R.J. (2004). "What do you know"? Assessing change in student conceptual understanding in science. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Colli, A.; Rossi, P.; Montagna, C. (2004). Conceptual maps and preservice teachers learning. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Conlon, T. (2004). 'But is our concept map any good?': classroom experiences with the reasonable fallible analyzer. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Conradty, C.; Bogner, F.X. (2008). Faults in concept mapping: a matter of technique or subject? In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press.
- Dahncke, H.; Reiska, P. (2008). Testing achievement with concept mapping in school physics. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press.
- Daley, B.J. (2004a). Using concept maps in qualitative research. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Daley, B.J. (2004b). Using concept maps with adult students in higher education. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Daley, B.; Torre, D.; Stark-Schweitzer, T.; Siddartha, S.; Petkova, J. (2006). Advanced teaching and learning in medical education through the use of concept maps. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 24-31.
- Delgado, M.L.R.S. (2006). Las estrategias de aprendizaje, un recurso cognitivo. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 147-150.
- Demirdover, C.; Yilmaz, M.; Vayvada, H.; Atabey, A.; Eylul, D. (2008). Comparison of learning with concept maps and classical method among medical students. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.;

- Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 58-61.
- Derbentseva, N.; Safayeni, F. (2008). Cmap construction: challenges for the first time users and perceptions of Cmap's values, a qualitative study. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 138-145.
- Derbentseva, N.; Safayeni, F.; Cañas, A.J. (2004). Experiments on the effect of map structure and concept quantification during concept map construction. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Derbentseva, N.; Safayeni, F.; Cañas, A.J. (2006). Two strategies for encouraging functional relationships in concept maps. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 582-589.
- Derbentseva, N.; Safayeni, F.; Cañas, A.J. (2007). Concept maps: experiments on dynamic thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(3): 448-465.
- Donner Jr., J.W.A.; Infante-Malachias, M.E.; Correia, P.R.M. (2006). Concept maps as tools for assessing the merge of disciplinary knowledge during chemistry classes at high school. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 70-73.
- Duarte, P.V.E.; Henao-Cálad, M. (2006). Los mapas conceptuales en la enseñanza para comprensión y el aprendizaje significativo. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 164-167.
- Duso, L.; Borges, R.M.R. (2009). Projetos integrados na educação formal. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(2): 21-32.
- Dutra, I.; Fagundes, L.; Cañas, A.J. (2004). Un enfoque constructivista para uso de mapas conceptuales em educación a distancia de profesores. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Dutra, I.; Fagundes, L.; Johann, S.P.; Piccinini, C.A. (2006). Logical System and natural logic: concept mapping to follow up the conceptualization processes. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 359-366.
- Engel, C.A.; Ebron, P.A. (2004). Mapping key concepts in cultural anthropology. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Fechner, S.; Sumfleth, E. (2008). Collaborative concept mapping in context-oriented chemistry learning. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 152-156.
- Feregrino-Hernández, V.M.; Reza-García, J.C.; Ortiz-Esquivel, L.R.; Navarro-Clemente, M.E.; Domínguez-Pérez, A.E. (2006). Los mapas conceptuales en las asignaturas sócio-humanísticas para Estudiantes de Ingeniería Química. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 168-175.
- Figueiredo, M.; Lopes, A.S.; Firmino, R.; Souza, S. (2004). "Things we know about the cow": concept mapping in a preschool setting. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.

- Flores, R.P. (2004). Mapas conceituais, elementos fundamentais para intervenção. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Flores, R.P. (2006). Mapas conceptuales y aprendizaje de matemáticas. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 407-414.
- Fonseca, A.P.; Extremina, C.I.; Fonseca, A.F. (2004). Concept mapping: a strategy for meaningful learning in medical microbiology. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Freeman, L.A. (2004). The power and benefits of concept mapping: measuring use, usefulness, easy of use, and satisfaction. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Freeman, L.A.; Jessup, L.M. (2004). The power and benefits of concept mapping: measuring use, usefulness, easy of use, and satisfaction. *International Journal of Science Education*, 26(2): 151-169.
- Galdames, L.; Ivanovic, P.; Millan, C. (2006). El uso de CmapTools como estrategia para la comprensión del cuidado de enfermería. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 94-96.
- Gangoso, Z. (1997). El fracaso en los cursos de Física. El mapa conceptual, una alternativa para el análisis. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(1): 17-36.
- García, M.J.; Bueno, A.P. (2006). Análisis de las percepciones que tienen los Estudiantes de Educación Ambiental sobre problemas sociales globales a través de los mapas de conceptos. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 13-16.
- Giombini, L. (2006). Complex thought conceptual maps and CmapTools. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 95-103.
- Gomez, G. (2006). An authoring concept mapping kit for the early childhood classroom. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 32-39.
- González, H.L.; Palencia, A.P.; Umaña, L.A.; Galindo, L.; Villafrade M.; L.A. (2008). Mediated learning experience and concept maps: a pedagogical tool for achieving meaningful learning in medical physiology students. *Adv. Physiol. Educ.*, 32: 312-316.
- Gouveia, V.; Valadares, J. (2004). Concept maps and the didactic role of assessment. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Greca, I.M.; Moreira, M.A. (2003). Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de Física. *Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(1): 1-16.
- Heinze-Fry, J. (2004). Applications of concept mapping to undergraduate general education science courses. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Hill, L.H. (2006). Using visual concept mapping to communicate medication information to patients with low health literacy: a preliminary study. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 621-628.

- Hirsch, P.L.; Linsenmeier, J.A.W.; Smith, H.D.; Walker, J. (2005). Enhancing core competency learning in an integrated summer research experience for bioengineers. *Journal of Engineering Education*, oct.: 1-11.
- Huerta, M.P. (2006). La evaluación de mapas conceptuales multidimensionales de matemáticas: aspectos metodológicos. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 319-326.
- Hughes, G.; Barrios, J.C.; Bernal, D.; Chang, A.; Cañas, A.J. (2006). Los datos conceptuales: un juego para aprender a construir proposiciones. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 151-155.
- Hugo, D.; Chrobak, R. (2004). Mapas conceptuales: una valiosa herramienta para aprender “cinemática” por autorregulación. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Illas, A.M. (2006). Evaluación del recién nacido de alto riesgo con mapas conceptuales una estrategia didáctica significativa. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 105-109.
- Iraizoz Sanzol, N.; González García, F. (2008). The concept map as an aid to cooperative learning in primary education. A practical experiment. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Põltsamaa: OÜ Vali Press. pp. 230-233.
- Iuli, R.J.; Himangshu, S. (2006). Conceptualizing pedagogical change: evaluating the effectiveness of the EPS model by using concept mapping to assess student conceptual change. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 136-146.
- Kharatmal, M.; Nagarjuna, G. (2006). A proposal to refine concept mapping for effective science learning. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 1-7.
- Kilic, G.B. (2003). Concept maps and language: a Turkish experience. *International Journal of Science Education*, 25(11): 1299-1311.
- King, P.H.; Walker, J.M.T. (2002). Concept mapping applied to design. Proceedings of the *Second Joint EMBS/BMES Conference*. pp. 2597-2598.
- Kozminsky, E.; Nathan, N.; Vaizberg, A. (2006). Effects of constructing concept maps on the quality of web-searched information and subsequent inquiry projects. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 193-198.
- Krummenauer, W.L.; Costa, S.S.C. (2009). Mapas conceituais como instrumentos de avaliação na educação de jovens e adultos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(2): 33-38.
- Lara, J.R.L.; García, F.M.G. (2006). Percepciones de los médicos sobre la relación con el paciente. Un estudio con mapas conceptuales. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 200-203.
- Lemos, E.S.; Moreira, M.A.; Mendonça, C.D. (2008). Learning with concept maps: an analysis of a teaching experience on the topic of reptiles with 15-year-old students at a secondary school. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Põltsamaa: OÜ Vali Press.
- Lim, K.Y.; Lee, H.W.; Grabowski, B. (2009). Does concept-mapping strategy work for everyone? The levels of generativity and learners’ self-regulated learning skills. *British Journal of Educational Technology*, 40(4): 606-618.

- López, M.M.; Bezara, M.A.Z. (2006). Los mapas conceptuales como recurso para representar y analizar buenas prácticas docentes en la educación superior. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). *Proceedings of the Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 375-382.
- López-Goñi, I.; Zufiaurre, I.A. (2004). Enseñanza y aprendizaje de los mapas conceptuales con alumnado de primer ciclo de educación primaria. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Lujan, H.L.; Dicarlo, S.E. (2006). Too much teaching, not enough learning: what is the solution? *Advances in Physiology Education*, 30:17-22.
- Magntorn, O.; Helldén, G. (2006). Reading nature from a bottom-up perspective. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). *Proceedings of the Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 485-493.
- Mancinelli, C. (2006). Learning while having fun. Conceptualization itineraries in kindergarten children experiences with c-maps in an Italian school. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). *Proceedings of the Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 343-350.
- Mancinelli, C.; Gentili, M.; Priori, G.; Valitutti, G. (2004). Concept maps in kindergarten. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- McClure, J.R.; Sonak, B.; Suen, H.K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4): 475-492.
- Melero-Alcíbar, R.; Carpena, M.G. (2006). Los mapas conceptuales como herramienta didáctica para la enseñanza de ciencias en Terapia Ocupacional. *Experiencias em Ensino de Ciências*, 1(3): 01-08.
- Mendonça, C.A.S.; Silva, A.M.; Palmero, M.L.R. (2007). Uma experiência com mapas conceituais na educação fundamental em uma escola pública municipal. *Experiências em Ensino de Ciências*, 2(2): 37-56.
- Miller, N.L.; Cañas, A.J. (2008a). A semantic scoring rubric for concept maps: design and reliability. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (Eds.). *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*. Pöľtsamaa: OÜ Vali Press. pp. 60-67.
- Miller, N.L.; Cañas, A.J. (2008b). Effects of the nature of the focus question on presence of dynamic propositions in a concept map. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (Eds.). *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*. Pöľtsamaa: OÜ Vali Press. pp. 365-372.
- Miller, N.L.; Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Preconceptions regarding concept maps held by Panamenian teachers. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). *Proceedings of the Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 469-476.
- Modell, H.I. (1996). Preparing students to participate in an active learning environment. *Am. J. Physiol.* 270 (*Advan. Physiol. Educ.*, 15)(1): S69-77.
- Moni, R.W.; Moni, K.B. (2008). Student perceptions and use of an assessment rubric for a group concept map in physiology. *Adv. Physiol. Educ.*, 32: 47-54.
- Moreira, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoria y práctica*. Madrid: Visor, 100p.
- Moreira, M.A. (2004). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. In: Moreira, M.A. (2004). *A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a investigação nesta área*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, p. 07-32.

- Moreira, M.A. (2005). *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 47p.
- Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília. 186p.
- Moreira, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro. 80p.
- Moreira, M.A. (2011). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: E.P.U.. 242p.
- Moreira, M.A.; Masini, E.F.S. (2006). *Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro. 111p.
- Moreira, M.A.; Soares, S.; Paulo, I.J.C. (2008). Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um curso introdutório de Mecânica Quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, 1(3): 1-12.
- Moreira, M.A.; Sperling, C.S. (2009). Mapas conceptuales y aprendizaje significativa: ¿Una correlación necesaria? *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(3): 91-100.
- Mostrom, A.M. (2008). A unique use of concept maps as the primary organizing structure in two upper level undergraduate biology courses: results from the first implementation. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (Eds.). *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 78-83.
- Natividad Iraizo, C.P.; Huarte, J.M. (2004). Los mapas conceptuales como agentes facilitadores del desarrollo de la inteligencia em alumnos de enseñanza primaria. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Navarro-Clemente, M.E.; Domínguez-Pérez, A.E.; Ortíz-Esquivel, L.R. (2004). Uso de mapas conceptuales para facilitar el aprendizaje del concepto soluciones. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Nesbit, J.C.; Aesope, O.O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 76(3): 413-448.
- Nicoll, G.; Francisco, J.; Nakhkeh, M. (2001). A three-tier system for assessing concept map links: a methodological study. *International Journal of Science Education*, 23(8): 863-875.
- Nicusanti, S.; Pozzi, G. (2008). Building concepts and concept maps. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 40-44.
- Novak, J.D. (2004). A science education research program that led to the development of the concept mapping tool and a new model for education. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Novak, J.D.; Cañas, A.J. (2004). Building on new constructivist ideas and CmapTools to create a new model for education. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Novak, J.D.; Gowin, D.B. (1984). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano. 212p.
- Nunes, P.; Del Pino, J.C. (2008). Mapa conceitual como estratégia para avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. *Experiências em Ensino de Ciências*, 3(1): 53-63.
- Patry, J.; Bourgeois, M. (2004). Effects of short term training in concept-mapping on the development of metacognition. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.

- Paulo, I.J.C.; Moreira, M.A.; Caballero, C. (2008). A comparative analysis on the use of concept maps as an instructional resource for the grasping of meanings of the key concepts of quantum mechanics based on the double slit experiment. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press.
- Poveda, M.R.F.; Sanzol, N.I.; Oneca, M.J.T. (2006). A study of links in concept maps constructed by primary school learners. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 1-4.
- Poveda, M.R.F.; Zabalo, M.J.I. (2008). Expert/novice pairs working together on concept maps. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 167-170.
- Prabhu, V.; Elmesky, A.; Czarnocha, B. (2006). Comprehension, analysis and deriving meaning. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 50-53.
- Rábago, A.R.; Aguirre, A.C.N.; Álvarez, G.V. (2006). Dificultades iniciales en la construcción de mapas conceptuales. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 74-77.
- Ramírez, M.; Barriga, F.D.; Zárate, K. (2006). El uso de mapas conceptuales para promover el aprendizaje significativo del tema prevención de adicciones con adolescentes mexicanos de nivel secundaria. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 232-239.
- Ramírez, S.C. (2004). Entre conector y conector, un pensamiento. In: CAÑAS, A.J.; NOVAK, J.D.; GONZALEZ, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Ramírez, S.C. (2006). La pregunta pedagógica como instrumento de mediación en la elaboración de mapas conceptuales. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 327-334.
- Ramírez De M., M.; Sanabria, I. (2004). El mapa conceptual como elemento fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física a nivel universitario. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Ramírez De M., M.; Sanabria, I.; Aspée, M. (2006). El control metacognitivo de la borrosidad decreciente en la elaboración de mapas conceptuales. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 119-217.
- Renauld, M.E.V. (2006) El empleo de los mapas conceptuales en la educación superior universitaria. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica.
- Rendas, A.B.; Fonseca, M.; Pinto, P.R. (2006). Toward meaningful learning in undergraduate medical education using concept maps in a ABP pathophysiology course. *Adv. Physiol. Educ.*, 30: 23-29.
- Rissel, J.; Sommer, S.; Fürstenau, B.; Kunath, J. (2008). The effect of different concept-mapping techniques on promoting students' learning processes in the field of Business. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (Eds.). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 238-241.

- Rojas, M.A.R.; Coloma, E. (2006). Mapas conceptuales en las aulas panameñas: aptitud para cambiar actitud. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 391-398.
- Ruiz-Primo, M.A. (2000). The use of concept maps as an assessment tool in science: what we have learned so far. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1): 29-53.
- Ruiz-Primo, M.A.; Schulz, S.E.; Shavelson, R.J. (1997). Concept map-based assessment in science: two exploratory studies. *CSE Technical Report 436*, National Center for Research and Evaluation, Standards and Student Testing. University of California.
- Ruiz-Primo, M.A.; Schultz, S.; Li, M.; Shavelson, R.J. (1999). On the cognitive validity of interpretations of score from alternative concept mapping techniques. *CSE Technical Report 503*, National Center for Research and Evaluation, Standards and Student Testing. University of California.
- Safayeni, F.; Derbentseva, N.; Cañas, A.J. (2005). Concept maps: a theoretical note on concepts and the need on concepts and the need for cyclic concept maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7): 741-766.
- San Martín Echeverría, I.; Albisu García, S.; González García, F. (2008). Constructing knowledge models. Cooperative autonomous learning using concept maps and V diagrams. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 140-143.
- Scott, D.; Pelley, J.; Taylor, L. (2006). The use of concept mapping in integrative learning with allied health profession students. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 237-239.
- Serradó, A.; Cardeñoso, J.M.; Azcárate, P. (2004). Los mapas conceptuales y el desarrollo profesional del docente. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Sheu, J.J. (2008). A study on students' learning achievement with concept map in sênior high school ecology course in Taiwan. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 25-27.
- Silva, G.; Sousa, C.M.S.G. (2007). O uso de mapas conceituais como estratégia de promoção e avaliação da aprendizagem significativa de conceitos da Calorimetria, em nível médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 2(3): 63-79.
- Silveira, F.P.R.A.; Sousa, C.M.S.G.; Santovito, R.F. (2008). Concept maps as a useful instrument in the teaching practices: an applied research in the biological sciences. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pölttsamaa: OÜ Vali Press. pp. 276-281.
- Slotte, V.; Lonka, K. (1999). Spontaneous concept maps aiding the understanding of scientific concepts. *International Journal of Science Education*, 21(5): 515-531.
- Soares, M.T.; Valadares, J. (2006). Using concept maps as a strategy to teach physics, in particular the topic of acoustics. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 279-283.
- Soto, B.D.G. (2004). El uso de mapas conceptuales como técnica de aprendizaje em la algoritmia. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.

- Steiner, C.M.; Albert, D. (2008). Investigating application validity of concept maps. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pöhltsamaa: OÜ Vali Press.
- Stoddart, T. (2006). Using concept maps to assess the science understanding and language production of English language learners. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 606-612.
- Taber, K.S. (1994). Student reaction on being introduced to concept mapping. *Physics Education*, 29: 276-281.
- Tamayo, M.F.A. (2004). El mapa conceptual: un texto a interpretar. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Tamayo, M.F.A. (2006). Origen y destino del mapa conceptual. Apuntes para una teoría del mapa conceptual. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 461-468.
- Tamayo, M.F.A.; León, O.G.P.; Almazán, I.C.; Hernández, V.M. (2006). La escritura y lectura de los mapas conceptuales en los alumnos de educación superior. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 311-318.
- Tarouco, L.M.; Geller, M.; Medina, R. (2006). Cmaps as a communication tool to promote meaningful learning. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 44-49.
- Tavares, R. (2007). Construindo mapas conceituais. *Ciências e Cognição*, 12:78-85.
- Tifi, A.; Lombardi, A. (2008). Collaborative concept mapping models. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pöhltsamaa: OÜ Vali Press. pp. 157-164.
- Tifi, A.; Lombardi, A.; Villamor, J.D.V. (2008). Flexible concept mapping. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pöhltsamaa: OÜ Vali Press.
- Trujillo-Vargas, J.A.; Jaramillo-Ramírez, C.M.; Gutiérrez, C. (2006). Ruta de estudios musicales. La utilización de mapas conceptuales en procesos de aprendizaje. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 511-518.
- Toigo, A.M. (2011). El uso de mapas conceptuales en la resolución de problemas de Biomecánica. Tesis (Doctorado en Enseñanza de las Ciencias) – Facultad de Didácticas Específicas, Universidad de Burgos, España y Instituto de Física, Universidad Federal de Río Grande del Sur, Brasil. 462p.
- Toigo, A.M.; Moreira, M.A. (2008). Relatos de experiência sobre o uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação em três disciplinas do curso de Educação Física. *Experiências em Ensino de Ciências*, 3(2): 7-20.
- Turns, J.; Atman, C.J.; Adams, R. (2000). Concept maps for engineering education: a cognitively motivated tool for supporting varied assessment functions. *IEEE Transactions on Education*, 42(2): 164-173.
- Vakilifard, A.; Armand, F.; Baron, A. (2006). The effects of ‘concept mapping’ on second language learners’ comprehension of informative text. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 233-236.

- Valadares, J.; Fonseca, F.; Soares, M.T. (2004). Using conceptual maps in physics classes. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D.; Gonzalez, F. (2004). Proceedings of the *First International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain.
- Valadares, J.; Soares, M.T. (2008). The teaching value of concept maps. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pöhtsamaa: OÜ Vali Press.
- Vander, A.J. (1994). The Claude Bernard distinguished lecture. The excitement and challenge of teaching physiology: shaping ourselves on the future. *Advances in Physiology Education*, 267:3-16.
- Veloz, J.; Rodríguez, I.; Veloz, E. (2008). Confusion and unknown about concept maps in ESIME-Culhuacan IPN Mexico. In: Cañas, A.J.; Reiska, P.; Åhlberg, M.K.; Novak, J.D. (2008). Proceedings of the *Third International Conference on Concept Mapping*. Pöhtsamaa: OÜ Vali Press. pp. 137-139.
- Venâncio, S.; Kato, L.A. (2008). A utilização de mapas conceituais na identificação da aprendizagem significativa crítica em uma atividade de modelagem matemática. *Experiências em Ensino de Ciências*, 3(2): 57-68.
- Venditti, P.; Sabba, C. (2006). Teaching concept mapping to children in very difficult circumstances. An experience. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 221-224.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Récherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23): 133-170.
- Vergnaud, G. (2009). The theory of conceptual fields. *Human Development*, 52: 83-94.
- Walker, J.M.T.; King, P.H. (2003). Concept mapping as a form of student assessment instruction in the domain of bioengineering. *Journal of Engineering Education*, 19(2): 167-179.
- Walker, J.M.T.; King, P.H.; Cordray, D.S. (2003). The use of concept mapping as an alternative form of instruction and assessment in a capstone biomedical engineering design course. Proceedings of the *2003 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*.
- Wehry, S.; Goudy, L. (2006). Concept mapping in middle school mathematics. In: Cañas, A.J.; Novak, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 66-69.
- Yin, Y.; Vanides, J.; Ruiz-Primo, M.A.; Ayala, C.C.; Shavelson, R.J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2): 166-184.
- Zepure Samawi, R.N. (2006). The effect of concept mapping on critical thinking skills and dispositions of junior and senior baccalaureate nursing students. In: CAÑAS, A.J.; NOVAK, J.D. (2006). Proceedings of the *Second Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica. pp. 233-236.

Recebido em: 26.07.11

Aceito em: 12.06.12