

*LOS MAPAS CONCEPTUALES EN  
EDUCACIÓN MATEMÁTICA:  
ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE  
LA INVESTIGACIÓN*

**Eduardo Galán, Ramón Granell y Pedro Huerta,**

*Universitat de Valencia*

**RESUMEN:**

Este trabajo tiene por objeto mostrar los avances de un proyecto de investigación más amplio que se encuentra en la fase experimental. Se discute la noción de mapa conceptual y se reinterpreta desde las matemáticas, se revisa el estado de la investigación sobre esta herramienta y sus usos para la investigación en Educación Matemática y se expone, finalmente, la fase experimental del proyecto, haciendo hincapié en los participantes y en los objetivos. Se incluye un conjunto abundante de referencias que dan cuenta de los mapas conceptuales en la investigación, en contextos diferentes.

### **ABSTRACT:**

In this report, we want to show some issues related to a wider research project that now is in experimental phase. We discuss the notion of concept map, mainly in mathematics context, we review the state of the research about this tool and their uses to research in Mathematics Education and, finally, we expose the experimental phase of our project in that is particular to students and objectives. We also show, at the end of his work, an exhaustive set of references about research in concept maps in several contexts.

### *0. Introducción*

El trabajo que presentamos aquí constituye una parte de los primeros resultados alcanzados en nuestro proyecto de investigación<sup>1</sup> que tiene como objetivo principal estudiar el potencial de la herramienta conceptual conocida como mapas conceptuales para la investigación en Educación Matemática.

Los mapas conceptuales han sido investigados desde diferentes puntos de vista, principalmente se ha explorado su potencial como herramienta para el diseño y desarrollo de una enseñanza que facilite el aprendizaje significativo y como herramienta para la evaluación de los estudiantes. Hoy, no es extraño ver mapas conceptuales que dan cuenta de una lección, de una estructura conceptual particular o de una idea estructurada, lo que nos hace pensar en que el interés por esta herramienta va a ir en aumento. Además, con la implantación cada vez mayor de las nuevas tecnologías en la enseñanza, el interés de los mapas conceptuales como organizador de una estructura conceptual deberá ir en aumento con los años (Fisher, K.; Wandersee, J.; Wideman, G. 2000). Pero, estos usos de los mapas conceptuales y este interés no se manifiestan claramente en nuestra área aunque, no obstante, se están dedicando algunos esfuerzos en investigar su potencial (Huerta, 1995, 1997, 1998, 1999; Casas, 2001).

---

<sup>1</sup> Proyecto I+D BSO2000-1418, de tres años de duración, financiado por el Ministerio de Educación Cultura y Deporte

En este trabajo lo que pretendemos es centrar la noción de mapa conceptual de matemáticas, mostrar aspectos de la investigación sobre esta herramienta, haciendo hincapié en lo que es particular de la Educación Matemática, señalar lo que sabemos y lo que no sabemos hasta ahora, y referir finalmente el estado actual de nuestro proyecto investigación.

### *1. Los mapas conceptuales. Usos, intenciones y formas de los mapas conceptuales.*

Formalmente, un mapa conceptual es un grafo formado por nodos y líneas o links con etiquetas. Los nodos se corresponden con términos importantes (substituyendo a los conceptos) en un dominio. Las líneas o links denotan la relación entre un par de conceptos (nodos). La etiqueta con la que se distingue la relación nos dice cómo están relacionados esos conceptos. La combinación de dos nodos y una línea con etiqueta se le llama proposición<sup>2</sup> (Ruiz-Primo, 2000). Esta definición se aleja de la original en la que mapa conceptual se refiere a una técnica de representación gráfica o a un recurso esquemático que representa un conjunto de significados incluido en una estructura de proposiciones (Novak y Gowling, 1988).

La expresión mapa conceptual se presenta en la actualidad con una gran variedad de significados y usos, lo que en muchos casos lo hace irreconocible, hasta el punto que se han descrito más de 120 variaciones en la manera de concebirlas y en las intenciones a las que sirve. Esto, dificulta cualquier intento de dar una definición de mapa conceptual que englobe a todas ellas. Así, en una línea parecida a los mapas conceptuales se pueden encontrar otras técnicas de representación gráfica del conocimiento como los mapas mentales (Buzan, 1996) y las redes semánticas (Fisher, 1990). También, los WebMaps o mapas araña, los Kmaps o mapas de conocimiento (Schvaneveldt, 1990) y los organizadores gráficos (Beissner, Jonassen y Grabowski, 1993), etc... Todos ellos comparten la intención de representar gráficamente el conocimiento y su organización.

<sup>2</sup> Generalmente, se considera que una proposición es la unidad básica de significado en un mapa conceptual y la unidad más pequeña que puede usarse para juzgar la validez de las relaciones trazadas entre dos conceptos.

Para nosotros un mapa conceptual de matemáticas es un mapa conceptual como lo define Ruiz-Primo (2000) en el que lo que se representa son conceptos matemáticos y relaciones entre conceptos matemáticos que dan lugar a proposiciones matemáticas. Dichas relaciones pueden servir tanto para definir el concepto matemático en su relación con otro, como para establecer proposiciones entre conceptos susceptibles de ser demostradas o probadas. El usuario del mapa decide entre los signos disponibles en el SMS (Puig, 1997) en el que es competente qué signos usará para representar los conceptos y las relaciones entre los conceptos. Si se consideran estratos en la competencia de un determinado SMS, pueden entonces considerarse diferentes estratos en la representación por mapas conceptuales de una determinada estructura matemática. Este supuesto nos conduce a pensar en la multidimensionalidad de la representación de una estructura conceptual de matemáticas por mapas conceptuales.

Por otra parte, la pretensión de los mapas conceptuales es hacer que algo que está dentro de la mente de las personas pueda ser representado fuera de ella. Lo que se representa es algunos aspectos importantes del conocimiento proposicional (también llamado declarativo) de un estudiante en un dominio de conocimiento (Ruiz-Primo, 2000) y la forma de hacerlo es mediante redes estructurales con la esperanza de que exista semejanza entre la representación externa (el mapa conceptual) y la representación interna (estructura cognitiva) (Hasemann y Mansfield, 1995). Así que se piensa que la construcción de un mapa conceptual no sólo evalúa el contenido de la memoria declarativa de un estudiante sino que además la organización de los conceptos en la memoria declarativa (McClure, 2001)

En una mapa conceptual se ha de prestar atención prioritaria a la representación de las relaciones entre conceptos, los links, las cuales son fundamentales para poder identificar la estructura cognitiva de los estudiantes, ya que los conceptos y las relaciones entre conceptos tienen significados diferentes según los esquemas individuales existentes en cada persona. Pueden ser jerárquicos o a-jerárquicos.

La jerarquía puede visualizarse en el formato que se usa para la construcción del mapa conceptual (los llamados mapas jerárquicos o

mapas paraguas), aunque otras veces la jerarquía está presente en las relaciones que se establecen entre los conceptos, de manera que las etiquetas que se usan en los links entre los conceptos implican una relación jerárquica entre dichos conceptos. Así que, podemos decir que el formato del mapa no implica necesariamente una relación jerárquica entre los conceptos, a menos que la supuesta jerarquía se haga explícita con la inclusión del link apropiado. Al revés, un mapa sin aspecto jerárquico no implica necesariamente que no exista jerarquía entre los conceptos, es posible que la etiqueta que dota de significado a un link manifieste explícitamente una jerarquía.

En investigaciones anteriores (Corberán y otros, 1999) ya clasificamos los usos más habituales de los mapas conceptuales, aunque aquí el que nos interesa es el uso para la investigación en Educación Matemática

Debe tenerse presente que un mapa conceptual responde no sólo a la estructura conceptual a la que trata de representar sino que, también, a las intenciones que tiene el que lo construye al realizar esa representación. No siempre pueden verse mapas conceptuales que dan cuenta de una estructura conceptual de un determinado tema. Así, hay mapas conceptuales (por ejemplo, Corberán, 1996) en el que la autora pretende no sólo describir y organizar una estructura conceptual sino que, además, mostrar procedimientos de medida del área y su relación con la estructura conceptual representada. El que presentan Sainz y Figueras (1999), basado en el de Corberán, y al que la autora llama red conceptual, tiene una clara intención de representar una posible organización de la enseñanza del volumen sin que se representen, explícitamente, conceptos matemáticos sino procedimientos atados a propiedades del volumen de sólidos. Pueden verse también mapas conceptuales en el que la estructura representada no responde a un tema concreto de matemáticas sino a un análisis de la estructura de los problemas de probabilidad escolares (Huerta, 2002) y en el que el autor no pretende sino hacer visual dicha estructura usando términos que no responden, al menos directamente, a conceptos matemáticos. Son mapas conceptuales que parecen tener la vocación de organizadores de otras estructuras. En otras ocasiones, los mapas conceptuales describen una estructura no conceptual sino lógica

en la que habría que considerar o incluir el concepto sobre el que se demanda un mapa conceptual. Esta manera de actuar puede verse en los ejemplos que se citan (Corberán y otros, 1999), en el que los autores, estudiantes de la Facultad de Matemáticas, sitúan el concepto de derivada en la lógica de su aprendizaje dentro de la licenciatura de matemáticas. El concepto pertenece a una estructura más amplia y se relaciona con otras estructuras también más amplias (derivabilidad, diferenciabilidad, continuidad, etc).

### 1.1. La investigación sobre mapas conceptuales o que usan los mapas conceptuales

La historia de los mapas conceptuales como herramienta de investigación y evaluación tiene escasamente 20 años de antigüedad. El uso creciente de esta herramienta por profesores e investigadores ha determinado que algunas investigaciones se hayan dirigido a explorar y obtener evidencias sobre la fiabilidad y validez de esta herramienta (Xiufeng y Hinchey, 1993; Markham, Mintzes y Jones, 1994), principalmente en el contexto de la enseñanza de las ciencias. El volumen de investigaciones que han usado los mapas conceptuales como herramientas de investigación o de evaluación en matemáticas (Mansfield y Happs, 1989; Hasemann, 1989; Gail y Vesilind, 1993; Huerta, 1995, 1997, 1999; Raymond, 1997; Williams, 1998; Doerr y Browsers, 1999; McClure, 2001, por ejemplo) no es comparable con el de las que se contextualizan en ciencias experimentales, pues, ya en la última década del siglo XX, Al-Kunifed y Wandersee (1990) publicaron una lista de cien referencias relacionadas con los mapas conceptuales.

En términos generales, las investigaciones cuentan como fuente de información mapas conceptuales que llamamos de lápiz y papel, en las que los participantes suelen tener alguna competencia en la técnica de representación. Esto último hace que los participantes tengan libertad para representar una estructura determinada. No se imponen un número determinado de conceptos ni de relaciones, ni suele imponerse una jerarquía predeterminada.

Cuando el objeto de investigación es el cambio conceptual, suelen distanciarse los mapas conceptuales en el tiempo y a lo largo de un

periodo de enseñanza. Las series de mapas conceptuales construidos constituyen el objeto de análisis, analizándose los posibles cambios conceptuales individuales.

Cuando el objeto de investigación es la representación individual de una estructura conceptual, se suele pedir a los participantes un mapa conceptual que represente la organización individual de esa estructura, mapa conceptual que se pone en relación con los mapas conceptuales del resto de los participantes y con un supuesto mapa de expertos, el cual es construido por expertos en el tema, el propio investigador o profesores implicados en la enseñanza.

Algunas investigaciones (Huerta, 1997; Lomask y otros, 1993, por ejemplo) eliminan el efecto que la construcción de los mapas conceptuales pueda tener sobre lo que se pretende evaluar, ya sea porque desconocen la técnica o por su escasa habilidad metacognitiva. Se diseñan ítems especiales (Huerta, 1997) de cuyas respuestas el investigador construye mapas conceptuales individuales que están sujetos a posterior análisis o bien se diseñan ítems de final abierto (Lomask y otros, 1993) cuyo análisis permite al investigador construir un mapa conceptual de la respuesta del estudiante.

El análisis de la información se procesa generalmente de un modo cualitativo, no obstante se han diseñado métodos numéricos de evaluación de mapas conceptuales como el que propusieron originalmente Novak y Gowin (1988) y las variantes de Ruiz-Primo (2000) y McClure (2001), por ejemplo. Éstos últimos pretenden asignar números a aspectos como la precisión de una proposición o medir aspectos como la coherencia del mapa o la similaridad entre un mapa y el de un experto. Es común, también, a la mayoría de investigaciones, la elección de participantes de la investigación a los que se entrevista clínicamente. En otro sitio (Huerta, 1998) ya dijimos que ambas metodologías van unidas, pues con la entrevista clínica el investigador puede obtener evidencias sobre la significación de los conceptos y de las relaciones entre los conceptos, además de los procesos cognitivos que llevan a una persona a establecerla.

## 1.2. El estado actual de nuestra investigación

Intenciones de uso de los mapas conceptuales

Como herramienta para la evaluación de los estudiantes

Como contexto donde revisar y organizar “viejas” estructuras conceptuales con el fin de construir unidades didácticas.

*Objetivos:*

a.1) Evaluar mediante mapas conceptuales:

a.1.1 La organización de una determinada estructura conceptual en los estudiantes, después de una estrategia de enseñanza sobre esa estructura conceptual derivada de un mapa conceptual de experto

a.1.2 El cambio conceptual, a través de una serie de sucesivos mapas conceptuales producidos por los estudiantes mientras se desarrolla la enseñanza sobre una estructura conceptual. Este trabajo experimental se lleva a cabo con los estudiantes de la Escuela de Magisterio de Valencia.

b.1) Analizar el potencial de los mapas conceptuales como contexto para revisar “viejas” estructuras conceptuales.

b1.1 Cómo resulta el mapa conceptual desde la perspectiva del estudiante de la facultad de Matemáticas

b1.2 cómo se usa este mapa conceptual para el diseño de unidades didácticas como marco teórico para la enseñanza de las matemáticas.

*Los estudiantes*

La investigación sobre los mapas conceptuales y su uso para la investigación en Educación Matemática, que tenemos actualmente en curso, la hemos contextualizado en la formación inicial del profesorado de la Enseñanza Primaria y Secundaria. Los estudiantes que participan en nuestro estudio experimental son estudiantes de la Escuela de Magisterio que cursan la asignatura de Matemáticas y su Didáctica de 9 créditos y estudiantes de la Facultad de Matemáticas que cursan las asignaturas optativas de Didáctica de las Matemáticas de 7'5 créditos. También han participado estudiantes del CAP.



Los estudiantes están divididos en grupos, de tal manera que tenemos muestras de estudiantes con experiencia en la construcción de mapas conceptuales y muestras de estudiantes sin esa experiencia. Los estudiantes con experiencia en mapas conceptuales varían desde los que tienen cierta competencia en tareas de construcción de mapas hasta los que solamente tienen contactos esporádicos con ellos, bien porque han realizado pocos mapas o bien porque sólo han observado mapas conceptuales ya construidos.

#### *Las tareas*

Una muestra de estudiantes construye los mapas conceptuales en los casos siguientes: a) Con libertad y b) Con restricciones.

Una muestra de estudiantes, sin experiencia, usa la redes Asociativas Pathfinder (descritas, por ejemplo en Casas, 2001). Dependiendo de los medios informáticos, podemos incluir una muestra de estudiantes que use el software SemNet (Fisher, 1990)

Una muestra de estudiantes construye unidades didácticas sobre estructuras matemáticas de la Educación Secundaria

#### El análisis de los datos

El tratamiento de los datos obtenidos se atenderá tanto a la evaluación cualitativa de los mapas, en la que se explora:

El nivel de significación de los conceptos y de las relaciones entre los conceptos representados en el mapa conceptual individual

La relación entre los mapas conceptuales individuales y la relación con el mapa de expertos, como a la evaluación cuantitativa, atendiendo también a los mismos aspectos de relación y usando los métodos propuestos por Ruiz-Primo (2000) o McClure (2001).

### 1.3. El futuro de la investigación

Nuestro proyecto se cierra el próximo año, en el que pretendemos dar cuenta de los datos experimentales que estamos recogiendo. No obstante hay cuestiones que deberán estar sujetas a posteriores investigaciones si se pretende que esta herramienta se encuentre entre las

herramientas del investigador en Educación Matemática. Citaremos algunas de ellas:

- Fijar cuáles han de ser las intenciones para que una representación gráfica de un determinado conocimiento matemático pueda considerarse como un mapa conceptual de matemáticas.

- Fijar criterios de evaluación, lo más objetivos posibles, atados a esas intenciones, de manera que los mapas conceptuales se puedan considerar como una herramienta válida y fiable para la evaluación del conocimiento proposicional o declarativo de los estudiantes.

- Estudiar el proceso de representación de mapas conceptuales. Deben sugerirse entonces cuestiones que concreten una más general como ¿qué ocurre desde que se encarga la tarea de construir el mapa conceptual hasta que se da por finalizada ésta?

- Estudiar la multidimensionalidad de los mapas conceptuales de matemáticas, entendida aquí una dimensión como el plano en el que se representa una estructura conceptual.

## 2. Conclusión

Una conclusión evidente que se desprende de este trabajo es la certeza de que es necesaria más investigación sobre el potencial de los mapas conceptuales en educación matemáticas. Algunos de los trabajos a los que nos hemos referido, contextualizados en las ciencias experimentales, apoyan el uso de los mapas conceptuales para la investigación y como medio alternativo para la evaluación de los estudiantes. Pero esto no está mencionado explícitamente en matemáticas. Hay indicios de que sí, pero éstos están sujetos a la fiabilidad y a la validez de la investigación con mapas conceptuales heredados de aquellas investigaciones.

Además, hay indicios que nos conducen a pensar que los mapas conceptuales de matemáticas pueden pensarse en más de un nivel de abstracción y en consecuencia pueden ser representados en diferentes estratos del SMS en el que uno es competente. Entonces, no sólo se ha de investigar los mapas conceptuales representados en un plano, sino también la relación entre planos.

Finalmente, hay que pensar en el uso de las nuevas tecnologías y la cultura de la rapidez y el acceso a la información en la que vivimos. Se aventura que el papel de los mapas conceptuales en esta nueva cultura puede ser importante, al menos en algunos de los usos a los que nos hemos referido, por lo que es necesario dedicar tiempo y esfuerzos para ver qué papel pueden jugar los mapas conceptuales de matemáticas en la nueva cultura en la que nos movemos.

### *Referencias bibliográficas*

Al-Kunifed, A.; Wandersee, J., (1990). One hundred references to concept mapping, *Journal of research in Science Teaching*, vol. 27, núm 10, págs 1069-1075.

Beissner, K. L.; Jonassen, D.; Grabowski, B., (1993). Using and Selecting Graphic Techniques To Acquire Structural Knowledge, *ERIC reports*, Washington.

Buzan, T, (1996). Los Mapas Mentales,

Casas García, L., M., (2001). Aportaciones a al investigación sobre la estructura cognitiva de los alumnos a través de Redes Pathfinder. Un estudio exploratorio en Geometría, Trabajo de Investigación dirigido por Ricardo Luengo, Universidad de Badajoz.

Corberán, R., (1996). *Análisis del concepto de área de superficies planas. Estudio de su comprensión por los estudiantes desde Primaria a la Universidad*. (Tesis doctoral no publicada). (Universitat de València: Valencia).

Corberán, R., Galán, E., Granell, R., Guillén, G., Huerta, M. P., (1999). Memoria final (no publicada) del proyecto de investigación precompetitivo UV98-27 titulado Los Mapas Conceptuales en Educación Matemática: un estudio comparado de los métodos de investigación. (Universitat de València: Valencia).

Doerr, H., & Browsers, J., (1999). Revealing Pre-service Teachers' Thinking About Functions Through Concept Mapping, en *Proceedings of the Twenty-first annual meeting of the PME-NA*, pp. 364-369. Cuernavaca, Morelos, México.

Fisher, K., (1990). Semantic Networking: The new kid on the block, *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 10, pp. 1001-1018.

Fisher, K.; Wandersee, J.; Wideman, G., (2000). Enhancing cognitive skills for meaningful understanding of domain specific knowledge. [www.sci.sdsu.edu/CRMSE/Fisher\\_aaas2000.html](http://www.sci.sdsu.edu/CRMSE/Fisher_aaas2000.html) (visitada el 4 de octubre de 2001)

Gail, J. & Vesilind, E., (1993), Changes In The Structure of Pedagogical Knowledge in Mathematics and Science Preservice Teachers, en *The proceedings of the Third International Seminar on Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Misconceptions Trust: Ithaca, NY.

Hasemann, K., (1989). Children's individuality in solving fraction problems, en *Proceeding of the 13th. Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol. 2, pp 67-74

Hasemann, K.; Mansfield, H (1995). Concept Mapping in Research on Mathematical Knowledge Development: Background, Methods, Findings and Conclusions, *Educational Studies in Mathematics*, vol 29, pp. 45-72.

Huerta, M.P., (2002). [www.uv.es/~didmat](http://www.uv.es/~didmat).

Huerta, M. P., (1995). Using Concept Maps to Analyse Students' Relationships between quadrilaterals, en *Proceedings of the 19th International Conference for the Psychology of the Mathematics Education*, vol. 1, p. 242, Recife, Brasil.

Huerta, M.P., (1997). *Los niveles de van Hiele en relación con la Taxonomía SOLO y los Mapas Conceptuales*. Tesis Doctoral. Servei de Publicacions de la Universitat de València. Universidad de Valencia.

Huerta, M.P., (1999). The can be relationships between quadrilaterals. A study using concept maps, *Proceedings of the twenty first Annual Meeting of the PME-NA*, vol. 1 pp.443-445

Huerta, M.P, (1998). *La entrevista clínica y los Mapas Conceptuales*, ponencia presentada en el segundo congreso de la SEIEM, Pamplona, septiembre de 1998. Actas

Huerta, M. P., (1999). Los mapas conceptuales en Educación Matemática: Análisis comparado de los métodos de investigación, *Segundo encuentro entre el Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universitat de València y la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, el Departamento de Matemática Educativa del CINVESTAV/IPN y el Programa Nacional de Formación y Actualización de Profesores de Matemáticas de la Unidad de Matemática Educativa de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos*, México, del 27-28 de octubre de 1999.

Lomask, M., Baron, J. & Grieg, J., (1993). Assessing Conceptual Understanding in Science through the Use of Two-and-Three Dimensional Concept Maps, en *The proceedings of the Third International Seminar on Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Misconceptions Trust: Ithaca, NY.

Mansfield, H.; Happs, J., (1989). Using concepts maps to explore students' understandings in geometry, en *Proceedings of the 13th Conference of the International Group for the Psychology of the Mathematics Education*, vol 2. pp. 250-257.

Markham, K., Mintzes, J., Jones, G., (1994). The Concept Map as a Research Evaluation Tool: Further Evidence of Validity, en *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1, pp. 91-101.

McClure, J., R., (2001). Concept Maps and the Acquisition of Cognitive Skill: Concept Maps as a Tool to Study Skill Acquisition, en [http://espse.ed.psu.edu/suen/papers/AERA99\\_MCCLURE.HTM](http://espse.ed.psu.edu/suen/papers/AERA99_MCCLURE.HTM), (visitada el 3 de octubre de 2001).

Novak, J.D.; Gowling, D.B., (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.

Puig, L., 1997, Análisis fenomenológico, en Rico, L. (coord.), (1997). *La Educación Matemática en la Enseñanza Secundaria, Cuadernos de formación del profesorado, n°12*, ICE Universitat de Barcelona, Barcelona: Horsori, pp. 61-94.

Raymond, A., (1997). The use of Concept Mapping in Qualitative Research: A Multiple Case Study in Mathematics Education, *Focus on Learning Problems in Mathematics*, vol. 19, n.3, pp 1-28.

Ruiz-Primo, M., (2000). El uso de mapas conceptuales como instrumentos de evaluación del aprovechamiento en ciencias: lo que sabemos hasta ahora. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 2, (1).

Consultado el 30/11/2001 en <http://redie.ens.uabc.mx/vol2no1/contenido-ruizpri.html>.

Saiz, M.; Figueras, O., (1999). A conceptual network for the teaching-learning processes of the concept of volumen, en *Proceedings of the twenty first Annual Meeting of the PME-NA*, vol. 1, pp. 436-442

Schvaneveldt, R., (1990). Pathfinder associative networks: *Studies in Knowledge organization*, Norwood, Nj, Ablex Publishing Corporation.

Williams, C, (1998). Using Concept Maps to Assess Conceptual Knowledge of Function, en *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 4, pp. 414-421.

Xiufeng, L. & Hinchey, M, (1993). The Validity and Reliability of Concept Mapping as an Alternative Science Assessment, en *The proceedings of the Third International Seminar on Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Misconceptions Trust: Ithaca, NY.