

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE MAPAS CONCEPTUALES (AEMC): REVISIÓN DE LA EVIDENCIA EMPÍRICA DE 2004 AL 2010.

Saulo Hermosillo Marina, Pablo González Yoyal, Laura García del Valle, Liliana Elizabeth Martínez Flores,

Escuela Nacional Preparatoria, UNAM

Email: saulo@unam.mx yoyal@unam.mx

Resumen. El mapa conceptual ha evolucionado de una técnica de representación gráfica de una entrevista, a una aplicación práctica de la teoría del aprendizaje de Ausubel con muy diferentes usos al que le habían dado origen. En particular, nosotros hemos desarrollado una línea de investigación basada en el Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC) y que en inglés hemos denominado como Structural Analysis of Concept Maps, (SACMap). En este escrito realizamos un análisis de los fundamentos del AEMC, así como las aportaciones de ocho artículos: uno en inglés, tres en español, y cuatro en portugués, que se han presentado por diferentes autores en reuniones internacionales. De acuerdo con estos artículos el AEMC ha sido aplicado en diferentes grados educativos desde la secundaria hasta la educación superior permitiendo el obtener evidencia que permite tomar decisiones sobre el cómo mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. El AEMC fundamenta su análisis en la transformación de los mapas conceptuales que elaboran o completan los estudiantes en una matriz de asociación, lo cual posibilita el que se pueda realizar la suma de estas matrices y obtener una matriz grupal. Con base en esta matriz grupal se pueden genera un mapa conceptual grupal, aplicar la prueba bidimensional Olmstead-Tukey, o el Análisis Estructural Educativo. Estas son las herramientas del AEMC que producen la evidencia que permite tomar las decisiones sobre el proceso de aprendizaje en los estudiantes.

1 Introducción

El mapa conceptual fue creado hace un poco más de cuatro décadas como una solución sobre cómo representar la forma que los niños aprenden conceptos científicos, aunque fue en la década del 80 en que fue formalizado con el libro *Learning how to learn* por Novak y Gowin (1984). El modelo de aprendizaje en el que se basa el mapa conceptual está relacionado con el esquema pedagógico planteado por Ausubel y cuyo término más conocido es lo que se denomina como aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1976). La influencia de este término en la educación, se percibe por el hecho de que es frecuente su inclusión en los planes y programas de estudio, ya sea como meta a lograr en los estudiantes o como justificación de la pertinencia y validez del modelo pedagógico en el que se fundamenta el currículo escolar.

En México y en otros países una de las estrategias de aprendizaje asociadas al constructivismo es el mapa conceptual, de ahí que sea frecuente encontrar en los libros de texto de libros de ciencias, mapas conceptuales como guías del conocimiento. Los resultados de investigaciones en la enseñanza de las ciencias en los últimos treinta años, confirman y apoyan la idea de que el usar mapas conceptuales favorece en los estudiantes la construcción de su conocimiento, y que los adquieran en un contexto significativo que favorece el aprendizaje de conceptos posteriores (González, 2008). Consecuencia de lo anterior es el hecho de que los mapas conceptuales son incluidos frecuentemente en libros como uno de los recursos de aprendizaje que pueden emplear los profesores (Díaz-Barriga y Hernández, 2002).

El mapa conceptual ha evolucionado de una técnica de representación gráfica de una entrevista, a una aplicación práctica de la teoría del aprendizaje de Ausubel con muy diferentes usos al que habían originado su construcción, como los muestran los más de 480 artículos presentados en las tres reuniones internacionales sobre mapas conceptuales que se han llevado a cabo en Pamplona, España (Cañas, Novak, y González, 2004), San José, Costa Rica (Cañas y Novak, 2006) y Tallin, Estonia y Helsinki, Finlandia (Cañas, Reiska, Åhlberg y Novak, 2008). De acuerdo con un análisis inicial de los dos primeras reuniones (Daley et al., 2008) serían seis las áreas sobre las cuales se han enfocado los artículos de mapas conceptuales: 1) Enseñanza y aprendizaje, 2) Desarrollo de software, 3) Valoración y puntajes, 4) Desarrollo y gestión del conocimiento, 5) Desarrollo profesional, y 6) Investigación y desarrollo de métodos de aplicación, y con diferentes líneas de investigación.

En el caso del autores de este artículo, hemos participado en el área de la enseñanza y aprendizaje, proponiendo

un procedimiento que permite transformar un mapa conceptual en una matriz de datos, y a partir de ahí realizar diferentes análisis enfocados a la toma de decisiones sobre actividades de enseñanza y aprendizaje. El nombre de esta técnica es el Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC, González et al., 2004) o Structural Analysis of Concept Maps, (SACMap, González et al., 2008). En este artículo presentamos un análisis y revisión de los resultados que han obtenido otros autores y nosotros en la aplicación del AEMC desde el 2004.

2 Antecedentes del Análisis Estructural de Mapas Conceptuales

En la Figura 1 se muestra mediante un mapa conceptual qué es y cómo se puede utilizar el AEMC. Algunos conceptos requieren ser explicados y precisados de manera más amplia, lo cual realizaremos en esta sección.

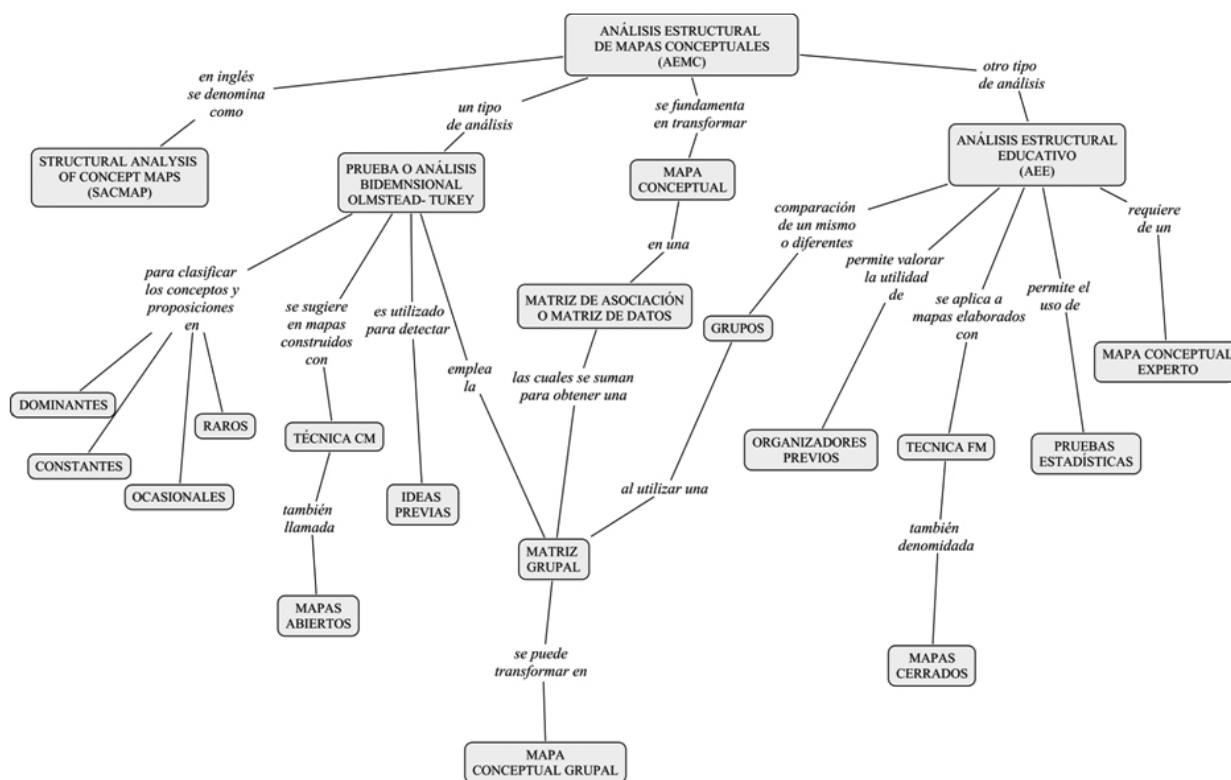


Figura 1. Mapa conceptual que explica las características principales del Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC, González et al., 2004) o Structural Analysis of Concept Maps, (SACMap, González et al., 2008).

Ruiz-Primo y Shavelson (1996) mencionan que el uso del mapa conceptual, para explicar y evaluar como un estudiante selecciona y enlaza diferentes conceptos, requiere de considerar las piezas que lo constituyen: a) tipos de conceptos, b) tipos de líneas de conexión, c) frases o explicaciones de conexión, y d) estructura espacial o jerárquica. Ruiz-Primo et al. (2001) enfatizan que el tipo y cantidad de piezas que se le proporcionan al estudiante, influyen en la forma en que decide cómo organizar y presentar estas piezas en el mapa conceptual, precisan que hay una relación inversa entre el número piezas proporcionadas y la representación del conocimiento que pueda poseer el estudiante; a mayor número de piezas la representación de lo que sabe el estudiante es más restringida y limitada.

De manera simplificada mencionan que habría dos tipos de técnicas de elaboración de mapas conceptuales: “construct-a-map” (CM) y “fill-in-map” (FM). Un nombre que proponemos en español para los mapas CM es el de mapas abiertos, en el sentido de que el estudiante puede agregar piezas de su estructura cognoscitiva al mapa conceptual, y en el caso de los mapas FM, mapas cerrados, ya que el estudiante no puede agregar piezas de su estructura cognoscitiva al mapa conceptual, solo acomodarlas. Al ser una revisión de lo que se ha realizado por medio del

AEMC, conservaremos en este artículo el nombre de técnica FM y CM, pero si consideramos que en futuros trabajos, en el idioma español, es conveniente emplear los nombres de mapas abiertos y cerrados de acuerdo a la técnica que se empleó en su elaboración. La técnica CM consiste en que partir de las piezas que se le proporcionan al estudiante, este debe elaborar su mapa conceptual. La técnica FM consiste en proporcionarle al estudiante un mapa conceptual al que se le han quitado algunos de sus elementos y el papel del estudiante consiste en completar esas piezas faltantes. El mapa conceptual que se le suministra al estudiante es un esqueleto o plantilla de un mapa elaborado por un experto del tema, de ahí que se le denomine como mapa experto. Hernández (2005) añade que al proporcionarle una lista con los elementos, se evitan problemas de equivalencia semántica entre los elementos que propuestos por un estudiante y los sugeridos en el mapa experto. Sin embargo, esto permite la posibilidad de que el estudiante intente adivinar el sitio en que debe ir la pieza en el mapa experto, en lugar de analizar en dónde debe colocarse. Otro aspecto que fue corroborado con evidencia empírica, es que el empleo de las técnicas FM y CM producen mapas que no son equivalentes en su interpretación, por lo cual son enfoques diferentes de representaciones de lo que aprendió el estudiante (Ruiz-Primo et al., 2001; Ruiz-Primo, 2004; Yin et al., 2005).

Un nombre que proponemos en español para los mapas CM es el de mapas abiertos, en el sentido de que el estudiante puede agregar piezas de su estructura cognoscitiva al mapa conceptual, y en el caso de los mapas FM, mapas cerrados, ya que el estudiante no puede agregar piezas de su estructura cognoscitiva al mapa conceptual, solo acomodarlas. Al ser una revisión de lo que se ha realizado por medio del AEMC, conservaremos en este artículo el nombre de técnica FM y CM, pero si consideramos que en futuros trabajos, en el idioma español, es conveniente emplear los nombres de mapas abiertos y cerrados de acuerdo a la técnica que se empleó en su elaboración.

Una vez que ha terminado el estudiante de completar o elaborar el mapa conceptual, la siguiente etapa es interpretar el mapa conceptual. De manera práctica, una de las limitantes es el tiempo que se invierte en este proceso. En nuestro ámbito escolar en México, es frecuente encontrar que un grupo escolar tenga más de 40 alumnos, por lo cual el procesar la información generada por tantos mapas es complejo. Lo que nos interesó es cómo integrar los mapas conceptuales que producen cada uno de los estudiantes en un solo mapa conceptual grupal. Este mapa grupal permitiría el tomar decisiones con respecto a un proceso de aprendizaje.

El AEMC está sustentado en dos instrumentos: el Análisis Estructural Educativo (AEE) propuesto por Solano (1989) y la Prueba o Análisis Bidimensional Olmstead-Tukey (Sokal. & Rohlf, 1985). Como detallamos en González et al. (2006) estos dos instrumentos comparten el hecho de que los datos a procesar, requieren de ser transformados en arreglos de renglones y columnas que denominaremos como matriz de asociación o matriz de datos. En el caso del mapa conceptual, el procedimiento consiste en transformar las proposiciones del mapa conceptual en una matriz de datos. De esta forma al sumar las matrices de cada uno de los mapas se obtiene una matriz grupal. A partir de la matriz grupal es que se puede optar por realizar diferentes análisis:

a) Análisis Bidimensional Olmstead-Tukey; si los mapas conceptuales son elaborados con la técnica CM es posible identificar y clasificar de forma gráfica cuales son los conceptos dominantes, constantes, ocasionales y raros, en un grupo de mapas. Si se utiliza la técnica FM, permite detectar si hay cambios en cómo el grupo apreciaba los conceptos (con base en las categorías de dominantes, constantes, ocasionales y raros) después de la aplicación de un método o estrategia de aprendizaje.

b) AEE; permite generar mapas conceptuales de grupo que describen con indicadores cuantitativos, si hay cambios en las proposiciones propuestas por el mapa experto. De forma adicional permite detectar proposiciones válidas de los estudiantes que pueden estar ubicadas en un lugar jerárquico distinto del mapa experto.

Es de esta manera que propusimos el AEMC como un mecanismo de diagnóstico (González et al., 2004) y evaluación de métodos o estrategias de aprendizaje (González et al., 2006, González et al., 2008). Con base en los resultados, que comentaremos más adelante, el AEMC puede ser aplicado como herramienta de diagnóstico tanto si los mapas conceptuales son elaborados mediante la técnica CM como la FM, pero si se desea utilizar como herramienta de validación de métodos o estrategias de aprendizaje, los mapas conceptuales tienen que ser elaborados por la técnica FM.

3 Cómo se ha utilizado el AEMC

En las Tablas 1 y 2 se muestra un cuadro analítico de las investigaciones en que han aplicado el AEMC; los datos fueron divididos en dos tablas para su facilitar su lectura.

Autores	Temas abordados	Herramientas de análisis
[1] González <i>et al.</i> (2004)	Ideas previas en Biología, secuencia de contenidos en programas de estudio, comparación de grupos de diferentes sistemas educativos.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asociación grupal • Olmstead-Tukey • Prueba de χ^2 (chi cuadrada)
[2] González <i>et al.</i> (2006)	Células madre, evaluación de la estrategia CTS injerto o casos simulados, evaluación de aprendizaje de contenidos científicos, comparación en un mismo grupo.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asociación grupal • Olmstead-Tukey • Prueba de χ^2 (chi cuadrada) • AEE • Mapa conceptual grupal
[3] Gonçalves y Maximiano (2008)	Equilibrio químico, comparación de grupos en diferentes turnos.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asociación grupal • Olmstead-Tukey • Mapa conceptual grupal
[4] Martins y Maximiano (2008a)	Ideas previas sobre transformación química, comparación de un mismo grupo.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asociación grupal
[5] Martins y Maximiano (2008b)	Ideas previas de cómo se lleva a cabo la ciencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asociación grupal • Mapa conceptual grupal
[6] González <i>et al.</i> (2008)	Teoría de la evolución, evaluación de la estrategia WebQuest-Injerto (TIC-CTS), comparación de grupo testigo y experimental.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asociación grupal • Olmstead-Tukey • Prueba de χ^2 (chi cuadrada) • AEE • Mapa conceptual grupal
[7] Gonçalves y Maximiano (2009)	Equilibrio químico, Termodinámica, comparación de grupos en diferentes turnos.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asociación grupal • Olmstead-Tukey • Mapa conceptual grupal • Prueba exacta de Fisher
[8] Soares <i>et al.</i> (2010)	Ideas previas sobre suelo, comparación de grupos de diferentes escuelas	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asociación grupal • Olmstead-Tukey

Tabla 1. Comparación de los artículos que han utilizado el Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC, González et al., 2004) o Structural Analysis of Concept Maps, (SACMap, González et al., 2008); en la primera columna se cita a los autores de la publicación, y en la segunda se mencionan los temas que se abordaron en el artículo, y en la tercera el tipo de análisis efectuados.

En la Tabla 1 se puede apreciar que los temas abordados se ubican en las disciplinas de la Biología y la Química. La matriz de asociación es la base de los análisis del AEMC, ya que de ahí se pueden abordar un análisis comparativo de las proporciones o porcentajes encontrados (Martins y Maximiano, 2008a) o el análisis bidimensional Olmstead-Tukey (González et al., 2004, Soares et al., 2010).

Una profundización en el AEMC es la elaboración de los mapas grupales con y sin pruebas estadísticas (Martins y Maximiano, 2008b; Gonçalves y Maximiano, 2009) y si es el caso, la inclusión del AEE (González et al., 2006; González et al., 2008). El carácter diagnóstico de ideas previas que permite este análisis facilita el plantear diferentes hipótesis a verificar, como se describen en los diferentes artículos. Por otra parte la generación de mapas grupales, es frecuente en los trabajos, siendo la principal aportación del AEMC al condensar los mapas conceptuales individuales en un mapa conceptual grupal.

En la Tabla 2 se aprecia que el AEMC ha sido aplicado en diferentes niveles educativos. Por otra parte el análisis Olmstead-Tukey se ha mostrado sensible al tipo de técnica que se empleó para elaborar el mapa conceptual; al profundizar en el uso del mapa experto, los resultados indicaron que las modificaciones al mapa experto requieren de adaptaciones para evitar sesgos en la interpretación de la información (González et al., 2008; Gonçalves y Maximiano, 2009). Otro factor no tan evidente que puede modificar los resultados es el tipo de pieza que se le suministra al estudiante, ya sea en forma de pregunta o en una lista de conceptos. Una hipótesis a verificar sería corroborar si el análisis Olmstead-Tukey es sensible a esta situación. Al respecto, una dificultad que ya que habíamos indicado

Autores	Nivel educativo.	Origen de la matriz grupal.	Aportación al AEMC.
[1] González <i>et al.</i> , (2004)	Bachillerato, quinto año	Mapas elaborados por la técnica CM de una lista de 20 conceptos.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Bidimensional Olmstead-Tukey
[2] González <i>et al.</i> , (2006)	Bachillerato, sexto año	Mapas elaborados por la técnica FM de lista de 16 conceptos.	<ul style="list-style-type: none"> • AEE • Inclusión de categoría de concepto terminal en el mapa experto.
[3] Gonçalves y Maximiano (2008)	Superior, sexto semestre licenciatura de Química	Mapas elaborados por la técnica CM de una lista de 36 conceptos.	<ul style="list-style-type: none"> • Validación como estrategia para la identificación de conceptos principales de una lista grande (36 palabras)
[4] Martins y Maximiano (2008a)	Secundaria	A partir de textos elaborados por los alumnos de una lista de 16 conceptos.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de matrices grupales a partir de textos escritos por los alumnos.
[5] Martins y Maximiano (2008b)	Superior, tercer semestre de la licenciatura de Química.	A partir de textos elaborados por los alumnos respondiendo a una pregunta.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de mapas grupales a partir de textos escritos por los alumnos.
[6] González <i>et al.</i> , (2008)	Bachillerato; quinto año.	Mapas elaborados por la técnica CM a partir de una pregunta y por la técnica FM de una lista de 29 conceptos.	<ul style="list-style-type: none"> • Sugerencias para la modificación del mapa experto con las categorías terminales.
[7] Gonçalves y Maximiano (2009)	Superior, sexto semestre licenciatura de Química.	Mapas elaborados por la técnica CM a partir de una lista de 36 conceptos.	<ul style="list-style-type: none"> • Indicador generado con el uso de las matrices grupales para evaluar las diferencias entre los grupos a comparar
[8] Soares <i>et al.</i> , (2010)	Secundaria; octavo grado de educación básica.	Mapas elaborados por la técnica CM a partir de una pregunta.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de matriz de asociación a partir de la identificación de las proposiciones correctas en los mapas de los estudiantes.

Tabla 2. Comparación de los artículos que han utilizado el Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC, González et al., 2004) o Structural Analysis of Concept Maps, (SACMap, González et al., 2008); en la primera columna se cita a los autores de la publicación, y en la segunda se mencionan el grado educativo al que pertenecen los estudiantes de la investigación, en la tercera a partir de que datos se construyó la matriz de asociación, y en la cuarta la aportación al AEMC.

(González et al., 2004) y referida también por Gonçalves y Maximiano (2009), es que el análisis no detecta de forma precisa las relaciones que se establecen, sino únicamente como los conceptos son percibidos de forma grupal. De ahí que la relevancia de la aportación de Soares et al. (2010) en el sentido de identificar las proposiciones correctas en un mapa conceptual elaborado a partir de una pregunta, antes de trasladarlas a la matriz grupal y emplear el análisis Olmstead-Tukey.

En lo referente al análisis AEE se requiere que los mapas conceptuales correspondan a la técnica de elaboración FM, ya que los mapas elaborados por la técnica CM producen muchas proposiciones válidas de manera individual, pero escasas en el plano grupal. Por otra parte, el AEE es útil en los casos que se desea validar alguna estrategia de enseñanza, ya que permite comparar las proposiciones de los mapas conceptuales de forma más precisa que el análisis Olmstead-Tukey, además de establecer la posibilidad de aplicar pruebas estadísticas. Sin embargo su desventaja radica en se requieren que los mapas estén elaborados mediante la técnica FM.

4 Cuáles podrían ser las líneas de investigación a seguir del AEMC

En el caso de los mapas CM un elemento importante es el identificar cuando un mapa tiene deficiencias en su elaboración por la impericia del estudiante al manejar la técnica; en González et. al (2008) aplicamos una clasificación taxonómica (Cañas et al., 2006) que consideramos útil para este propósito. En esa investigación utilizamos que los mapas tendrían que tener un nivel de 2 para ser evaluados. Una línea de investigación a partir del trabajo de puede

enfocarse a la validez de ese supuesto, para la adecuada aplicación del análisis Olmstead-Tukey.

En ese trabajo (González et. al, 2008), también mencionamos el uso de algunas de las bases de un instrumento llamado Modelo de Análisis Proposicional (MAP, retomado de Campos et al., 1999 y Campos, 2005) el cual está diseñado para identificar las ideas principales de una organización conceptual de acuerdo a su contenido lógico y conceptual, mediante el análisis de proposiciones de un texto escrito, como realizaron Martins y Maximiano (2008 y 2009). La línea de investigación consistiría en utilizar el MAP para interpretar los mapas conceptuales, en lugar del discurso escrito, y convertirlo en una matriz de datos y aplicar el AEMC, como realizó Soares et al. (2010) por medio de preguntas, en lugar de una lista de conceptos. El uso de otros instrumentos adicionales, sugiere la necesidad de construir un marco teórico de la técnica del AEMC con relación a otros métodos de análisis y evaluación de mapas conceptuales, para así identificar y establecer la contribución a la evaluación con mapas conceptuales.

Una característica de los resultados de las investigaciones que aplicaron el AEMC, es la toma de decisiones con respecto al curso del proceso de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, en el caso de equilibrio químico permite identificar conceptos clave manejados por el grupo de alumnos, y que a través de la interpretación que realiza el docente, puede catalogar estos conceptos clave como oportunidades para construir futuros conceptos, y en otra vertiente, como aquellos conceptos que requieren una modificación o reestructuración por parte del estudiante.

Una posible línea de investigación consistiría en determinar si estas decisiones que toma el docente están contribuyendo al logro de aprendizajes significativos asociados a contenidos específicos de disciplinas científicas como puede ser la evolución biológica, por mencionar uno. Esto significaría una línea de investigación diferente, ya que requiere del empleo de otras técnicas de investigación, como la entrevista o la encuesta, para conocer cómo la decisión tomada a partir de los resultados del AEMC contribuyó a una reestructuración adecuada de sus ideas previas, y si fuese el caso de sus métodos y estrategias de aprendizaje.

A manera de conclusión podemos mencionar que el AEMC es una herramienta que en los últimos seis años se ha aplicado en diferentes situaciones de aprendizaje y grados educativos. En las investigaciones efectuadas se ha obtenido evidencia para tomar decisiones que intentan favorecer el aprendizaje de los estudiantes al valorar estrategias de aprendizaje, recuperar ideas previas, y en su caso orientar mediante el uso de organizadores previos.

Referencias

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1976) *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Campos, M. A., coordinador (2005). *Construcción del conocimiento en el proceso educativo*. México: Plaza y Valdés-UNAM.
- Campos, M. A., Cortés, L. & Gaspar, S. (1999). Análisis de discurso de la organización lógico-conceptual de estudiantes de Biología de nivel secundaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. 4(7): 27-7.
- Cañas, A. J. & Novak, J. D, editores (2006) *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping, Volume I y II. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Cañas, A. J., Novak, J. D. & González, F. M., editores. (2004) *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology* Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping. Pamplona, España.
- Cañas, A. J., Novak, J. D., Miller, N. L., Collado, C. M., Rodríguez, M., Concepción, M., et al. (2006). Confiabilidad de una Taxonomía Topológica para Mapas Conceptuales. In A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping (Vol. 1, pp. 153-161). San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Cañas, A. J., Reiska, P., Åhlberg, M. K. & Novak, J. D., editores (2008) *Concept Mapping Connecting Educators*. Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping. Volume I, II y III. Tallin, Estonia: Tallin University.
- Daley, B. J., Conceição, S., Mina, L., Altman, B. A., Baldor, M. & Brown, J. (2008). Advancing concept map research:

- a review of 2004 and 2006 CMC research. En Cañas, A. J., Reiska, P., Åhlberg M. K. & Novak, J. D. (Editores.) *Concept Mapping Connecting Educators. Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping. Volumen I Full papers* (pp. 84-91). Tallin, Estonia: Tallin University.
- Díaz-Barriga, F. & Hernández, G. (2002) *Estrategias docentes: Para un aprendizaje significativo*, 2da edición. México: Mc Graw Hill.
- Gonçalves, R. R. & Maximiano, F. L. (2008) Análise estrutural de mapas conceituais sobre Equilíbrio Químico. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ). Universidade Federal do Paraná (UFPR) del 21 al 24 de julio del 2008, Curitiba, Brasil. Recuperado el 25 de abril del 2010 en <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0849-2.pdf>>
- Gonçalves, R. R. & Maximiano, F. L. (2009) Mapas conceituais como ferramenta para determinar a estrutura conceitual de alunos do ensino superior sobre o tema equilíbrio químico. VII Enpec, Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, 8 al 13 de noviembre de 2009, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil. Recuperado el 25 de abril de 2010 en: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/viienpec/index.php/enpec/viienpec/paper/viewFile/1440/636>>
- González, F. (2008) *El mapa conceptual y el diagrama V. Recursos para la enseñanza superior en el siglo XXI*. Madrid: Narcea.
- González, P., Hermosillo, S., Chinchilla, E., García, L & Verduzco, C. (2004). Valoración cuantitativa para evaluar mapas conceptuales, en Cañas, A. J., Novak, J. D., y González, F. (editores) *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping* (volumen. 1, pp. 289- 294) Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- González, P., Hermosillo, S., Chinchilla, E., García, L. & Martínez, L. (2006). Aplicación de la Técnica de Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC) en un contexto de educación CTS. En Cañas, A. J., Novak, J. D., (editores) *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping* (volumen 1, pp. 40-47) San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- González, P., Hermosillo, S., Chinchilla, E., García, L. & Martínez, L. (2008). A proposal to refine SACMap technique (Structural Analysis of Concept Maps) amid a STS-WebQuest context. En Cañas, A. J., Reiska, P., Åhlberg, M. K. & Novak, J. D., (editores) *Concept Mapping: Connecting Educators. Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping* (volume 1, pp 52-59) Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland: Tallin University.
- Hernández, V. (2005). *Mapas conceptuales. La gestión del conocimiento en la didáctica*. México: Alfaomega.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984) *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.
- Martins, J. V. & Maximiano, F. M. (2008a) Investigando concepções de alunos do ensino médio através de mapas conceituais representativos. 16º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo (USP), Sao Paulo, Brasil. Recuperado el 25 de abril del 2010 en < <http://www.usp.br/siicusp/Resumos/16Siicusp/1453.pdf>>
- Martins, J. V. & Maximiano, F. M. (2008b) Obtendo um mapa conceitual a partir de textos escritos pelos alunos. 31a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia, Sao Paulo, Brasil. Recuperado el 25 de abril del 2010 en < <http://sec.s bq.org.br/cdrom/31ra/resumos/T0872-1.pdf>>
- Ruiz-Primo, M. A. (2004). Examining concept maps as an assement tool. En Cañas, A.J., Novak, J. D., & González, F. (editores). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Vol. 1. (pp. 555-562) Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569-600.
- Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S E., Li, M. & Shavelson, R.J. (2001). Comparison of the Reliability and Validity of Scores from Two Concept-Mapping Techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 260-268.
- Sokal, R. & Rohlf, F. (1985). *Biometry*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Soares, O., de Lima, M. R. & Costa, V. (2010). Análise da estrutura conceitual de alunos da educação básica sobre solos. Resumos Expandidos do V Simpósio Brasileiro de Educação em Solos, del 15 al 17 de abril de 2010, Curitiba, Brasil. Recuperado el 25 de abril del 2010 en <http://www.sbes.ufpr.br/modelo_de_resumo_expandido.doc>

- Solano Flores, G. (1989). Principios de análisis estructural educativo. Metodologías y técnicas para la educación: México: 2da edición, Trillas.
- 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. *J. of Res. in Science Teaching*, 42(8), 705-711.