

VI Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria



La **opción** por la **interdisciplinariedad**.
El **estudiante** como **protagonista**.

PÓSTER

4, 5 y 6 de
noviembre
2010 LIMA - PERÚ



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

www.pucp.edu.pe/vicidu

PAPEL DEL APRENDIZ EN EL DESARROLLO DE SUS ESTRUCTURAS CONCEPTUALES

Jaime MATUS-PARADA¹, Marta M.CHÁVEZ-CORTÉS², Iván Ernesto ROLDAN-ARAGÓN³, Jesús SÁNCHEZ-ROBLES⁴, David Alberto MARTÍNEZ-ESPINOSA⁵, Gilberto Sven BINNQÜIST-CERVANTES⁶,

Departamento El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco^{1,2,3,4,5,6}

Resumen

La mayoría de los estudios sobre las estructuras conceptuales de los alumnos apuntan a que, como resultado de las intervenciones educativas, éstas tienden a hacerse más complejas. Sin embargo, existe aún la interrogante de si los alumnos responden de forma más o menos homogénea a las intervenciones educativas. Con la finalidad de contribuir a la respuesta de la pregunta presentada, la presente investigación analiza el desarrollo de las estructuras conceptuales de los alumnos universitarios. La investigación explora la evolución de las estructuras cognitivas de 85 alumnos pertenecientes a 5 grupos de nivel profesional en un dominio cognitivo específico: la planeación ambiental. Las estructuras conceptuales de los alumnos se estudiaron mediante mapas conceptuales siguiendo las recomendaciones de diferentes autores y desde perspectivas cualitativas y cuantitativas. Algunos alumnos mejoraron su capacidad de síntesis, su capacidad de profundizar en el conocimiento y de percibir el mismo en forma más global. Pero también hubo alumnos que sólo activaron y relacionaron aquellos esquemas que fueron relevantes a la situación concreta y privilegiaron así, solo una serie de enlaces entre conceptos.

Palabras clave: *Estructuras cognitivas, Desarrollo conceptual, Mapas conceptuales y Actividades complejas.*

1 Introducción

Explorar y comprender los cambios en las estructuras cognitivas de alumnos de educación superior en un dominio cognitivo específico, es el objetivo de esta investigación de carácter exploratorio. Tradicionalmente las estructuras cognitivas se han estudiado para predecir eventos, dirigir acciones o resolver problemas [1] y [2] .(Palacios y López, 1992 ; D' Apollonia *et al.*, 2004).

Para abordar el objetivo mencionado se elaboró un programa educativo con base en las experiencias concretas de sus diseñadores (docentes de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco) y de algunos principios educativos provenientes de la teoría constructivista del conocimiento [3], [4] y [5] (Ausubel, 1980; Coll, 1988; Novak y Gowin, 1984) y de la teoría de la actividad de la escuela rusa [6] y [7] (Tallizina, 1987; 1994). Las estructuras cognitivas de los alumnos se estudian a lo largo de la aplicación de este programa educativo y ellas constituyen el objeto central de esta investigación.

La estructura cognitiva de los alumnos es de capital importancia, en principio, porque su sola medición permite obtener uno de los mejores indicadores para estimar el aprendizaje de los alumnos [8] (Posner *et al.*, 1982). Además, tiene fuertes repercusiones sobre otros aprendizajes, es decir, hace referencia a un aprendizaje en un dominio de conocimiento específico, repercutiendo directamente en la mente del alumno y sobre sus acciones externas, sobre su comportamiento; sobre su aprendizaje de saber hacer y sobre lo que el alumno valora [9] (Thompson y Mintzes, 2002). También, y sobre todo, la estructura cognitiva es una construcción hipotética sustentada en las experiencias y conocimientos del aprendiz, pero de tan trascendental importancia que dominará la reconstrucción y procesos de información que experimente el aprendiz en el futuro y definirá, hasta cierto punto, lo que él podrá aprender posteriormente [10] (Tsai, 2001).

Hoy en día existen abundantes hallazgos sobre los efectos de la intervención educativa en la estructura cognitiva de los alumnos [11] (Hoz y Gonik, 2001), particularmente se ha producido valiosa información en el campo de las ciencias naturales [5], [12], [13], [14] y [15] (Novack y Gowin, 1984; Wandersee, *et al.*, 1994 y Mintzes *et al.*, 1997, 1998, 2000). La mayoría de estos

estudios apuntan a que, como resultado de la intervención educativa, las estructuras cognitivas de los alumnos tienden a hacerse más complejas [16] (Novack, 1998). Los mapas conceptuales permiten estimar la complejidad de las estructuras cognitivas mediante las estimaciones del número de conceptos, de relaciones válidas, de nodos múltiples, de niveles jerárquicos y de relaciones cruzadas [17] (Cassata *et al.*, 2004).

La complejidad de una estructura está asociada directamente con el número de sus elementos que la conforman. Así que cuando el alumno progresa hacia una estructura cognitiva compleja, lo primero que incrementa es el número de conceptos que es capaz de usar en sus mapas conceptuales, lo cual significa que ha logrado ampliar su campo de conocimiento en un sector concreto de la realidad y que, como resultado, percibe dicho sector desde perspectivas que antes eran inexistentes para él [18] (Markham *et al.*, 1994). Por su parte, los tipos de conceptos constituyen un indicador del grado de conocimiento que los alumnos tienen sobre un dominio cognitivo específico. Por lo general, los alumnos con bajo conocimiento del dominio en cuestión suelen utilizar conceptos generales y abstractos con múltiples significaciones [19] (Wallace y Mintzes, 1990).

Igualmente, la complejidad está ligada con un incremento en el número de relaciones válidas que los alumnos son capaces de usar en sus mapas conceptuales, lo cual habla de su capacidad de percibir dominios específicos de conocimientos de una forma más cohesionada y completa. Pero para que exista realmente una mejora en el aprendizaje, el incremento numérico de relaciones debe darse en forma equilibrada, es decir, sin desatender a conceptos, pues ello refleja la falta de capacidad de los alumnos para integrarlos a sus estructuras cognitivas. También, no es posible afirmar una mejora en el aprendizaje de los alumnos si las relaciones usadas por ellos en sus mapas conceptuales no están respaldadas teórica o empíricamente [20] (Ruiz-Primo y Shavelson, 1996).

En los mapas conceptuales, los conceptos estructurados jerárquicamente y con mayor número de relaciones con otros conceptos se denominan nodos múltiples y dan lugar a “ramificaciones” en los mapas. Una mayor complejidad de la estructura cognitiva se asocia positivamente con un mayor uso de nodos múltiples, los cuales, desde el punto de vista educativo suelen interpretarse como indicadores de aprendizaje profundo e indica la habilidad del constructor del mapa conceptual para sintetizar ideas, así como su capacidad de considerar el conocimiento desde diferentes perspectivas [21] (Edmondson, 2000).

La presencia de niveles jerárquicos en los mapas conceptuales indican la posibilidad del constructor de profundizar acerca de un concepto central porque los niveles sólo son posibles si se posee información específica. Cuando el constructor sólo cuenta con conocimientos generales, típicamente dibuja mapas conceptuales amplios pero no profundos [22] (Jacobs-Lawson y Hershey, 2002). En los mapas conceptuales, la presencia de niveles se relaciona directamente con la complejidad de la estructura cognitiva y se asocia con la capacidad de profundizar organizadamente en un dominio de conocimiento,

Otro elemento asociado a la complejidad es el uso de relaciones cruzadas en un mapa conceptual, las cuales sólo son posibles cuando en la estructura cognitiva del que elabora el mapa existen interconexiones complejas, que no sólo relacionan conceptos cercanos, sino diferentes componentes estructurales distribuidos a todo lo largo del mapa conceptual [23] (Hay, 2007).

Recientes hallazgos obtenidos por [24] Casas y Luengo (2004) presentan una posición un tanto diferente al grueso de los estudios. Sus resultados indican que el efecto de la instrucción sobre las estructuras cognitivas de los alumnos no las hacen más complejas sino más simples. Afirman que los alumnos no estructuran sus conocimientos sólo en torno a los conceptos más generales o inclusivos y que el aprendizaje no únicamente se produce en estadios de mayor a menor inclusividad. Encontraron que los nodos múltiples no siempre se organizan jerárquicamente formando ramas y su número no siempre aumenta conforme incrementa la instrucción, de hecho, han obtenido datos en donde el número de nodos múltiples es menor en los alumnos de cursos más avanzados.

Estos hallazgos descubren un centro de discusión sobre el impacto de una intervención educativa en el desarrollo de estructuras cognitivas. La pregunta es si los alumnos desarrollan sus estructuras conceptuales de forma diferente o siguen procesos similares, es decir, si los alumnos responden de forma más o menos homogénea a las intervenciones educativas de tal forma que sea posible generalizar los hallazgos, o si los alumnos responden en forma diferencial a un mismo

estimulo educativo. Con la finalidad de contribuir a la respuesta de la pregunta planteada, la presente investigación analiza el desarrollo de las estructuras conceptuales de los alumnos universitarios al ser formados con un mismo tipo de intervención educativa, caracterizada por acentuar la actividad del aprendiz como el mecanismo privilegiado para producir el aprendizaje.

2 Método

Las dificultades para investigar la estructura cognitiva se han allanado en los últimos años con el desarrollo metodológico para su estudio. Las herramientas más generales incluyen el uso de cuestionarios, protocolos de pensamiento en voz alta, así como entrevistas a profesores y alumnos [24] (Casas y Luengo, 2004). Los métodos más específicos emplean representaciones gráficas tales como: la técnica de árboles ordenados [25] (Reitman y Rueter, 1980), los mapas cognitivos [26] (Jonassen, *et al.*, 1993), las redes asociativas pathfinder [27] (Schvaneveldt, 1989) y los mapas conceptuales [5] (Novak y Gowin, 1984).

Los mapas conceptuales son un recurso esquemático para representar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones [16] (Novak, 1998). Representa una alternativa particularmente prometedora para evaluar el conocimiento de los estudiantes [18] y [19] (Markham *et al.*, 1994 y Wallace y Mintzes, 1990) desde perspectivas tanto cualitativas como cuantitativas [22] (Jacobs-Lawson y Hersey, 2002). Han sido utilizados en cientos de estudios [21] (Edmonson, 2000) lo que ofrece la ventaja de poder comparar y contextualizar resultados de investigación y ser así una herramienta útil y práctica para documentar los efectos de intervenciones educativas [9] (Thompson y Mintzes, 2002) lo que ha resaltado su valor en los estudios del impacto de los programas educativos sobre el aprendizaje de los alumnos [28] (Kinchin *et al.*, 2000).

Siguiendo las recomendaciones de [5] Novak y Gowin (1984) en esta investigación se utilizaron, los mapas conceptuales los cuales se analizaron cuantitativa y cualitativamente. El análisis cuantitativo incluyó: a) nodos válidos, b) proposiciones válidas, c) nodos múltiples, d) niveles jerárquicos representados y e) relaciones cruzadas válidas. El análisis cualitativo incluyó: a) evaluación de la incorporación efectiva de conceptos, b) evaluación de las proposiciones y c) evaluación de la integridad estructural [20] (Ruiz-Primo y Shavelson, 1996).

La investigación explora la evolución de las estructuras cognitivas de 85 alumnos pertenecientes a 5 grupos de nivel profesional en un dominio cognitivo específico: la planeación ambiental. Los alumnos realizaron mapas conceptuales al inicio y al final de la intervención educativa (primera y doceava semana respectivamente). Todos los grupos cursaron un programa educativo de 12 semanas y se formaron con un mismo docente y con una misma intervención educativa que siguió una lógica inductiva. Se partió de lo particular (conjuntos de planes ambientales específicos) y se llegó a lo general (generalizan la estructura básica de los planes ambientales). En todos los casos se procuró seguir un clásico proceso de interiorización, iniciando con operaciones predominantemente físicas, que luego se verbalizaron para que finalmente se interiorizaran en la mente de los alumnos.

El análisis de los resultados inició con la diferenciación de las variables base (surgidas directamente del análisis cuantitativo de los mapas conceptuales) de los índices, los cuales se calcularon a partir de relacionar en forma articulada a las variables base. Se detectaron grupos de alumnos con base en la semejanza de las características cuantitativas de sus mapas conceptuales. Se aplicaron métodos estadísticos gráficos para relacionar las variables base y los índices. Igualmente se aplicaron correlaciones para estimar relaciones entre las variables e índices clave y se emplearon ANOVAS para evaluar las diferencias entre los mapas iniciales y finales. La significancia considerada fue de 0.05.

3 Resultados

3.1 Descripción general de las variables base

Las variables base de los mapas conceptuales son los conceptos totales, los conceptos válidos, las relaciones validas, los nodos múltiples, los niveles jerárquicos y las relaciones cruzadas. Los resultados de todos los alumnos estudiados, indican que los conceptos totales iniciales

presentaron una amplia variación que osciló desde 5 a 30 conceptos y presentó una media de 14. El número de conceptos totales finales incrementó, pues la media subió a 20 y presentó una variación de 8 a 52. Por su parte, los conceptos validos iniciales presentaron una variación pequeña: de 1 a 4, con una media de 2.5 conceptos presentados por alumno. En contraste, los conceptos validos finales incrementaron notablemente, presentando una media de 18 conceptos por alumno con un rango de variación que osciló desde 8 a 52 conceptos. Las relaciones validas entre conceptos propuestas por los alumnos, inicialmente tuvieron una media de 13 y presentaron una variación desde 4 hasta 36, las relaciones finales variaron de 4 a 60 con una media de 20.

Los nodos múltiples iniciales tuvieron una media de 2 con una variación de 0 a 5, por su parte los nodos múltiples finales variaron desde 0 hasta 13 con una media de 5. Los niveles jerárquicos iniciales presentaron una variación de 1 a 8 con una media de 3 y los finales tuvieron una variación similar de 2 a 8 con una media de 4. Finalmente, las relaciones cruzadas, salvo casos excepcionales, fueron predominantemente nulas, tanto al inicio como al final, aunque en éste último momento variaron de 0 a 2.

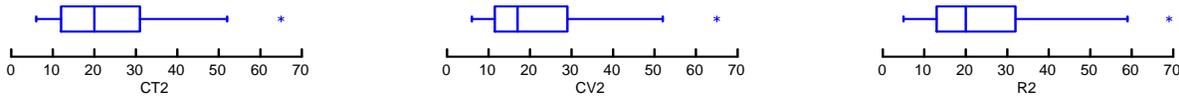


Fig. 1 Resultados globales de las variables base iniciales

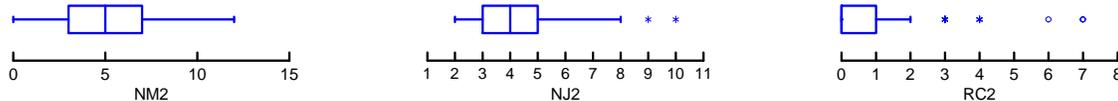
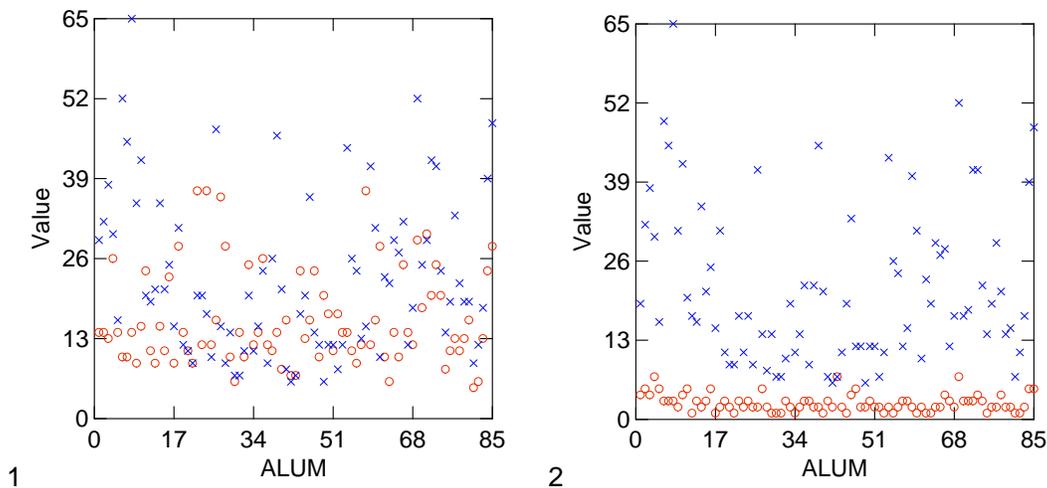


Fig. 2 Resultados globales de las variables base finales

3.2 Diferencias globales de las variables base

La comparación de los resultados de las variables base iniciales con las finales brinda una idea del avance de los alumnos en su aprendizaje. La comparación de los conceptos totales iniciales y finales muestra que la gran mayoría de los alumnos presentaron los mismos valores al inicio y al final y que sólo una fracción de ellos incrementaron el número de conceptos utilizados al final de la intervención. Una situación totalmente diferente se presenta en los conceptos válidos en donde todos los alumnos presentan un número muy reducido de conceptos al inicio y estos se incrementan notoriamente al final. Las relaciones entre conceptos presentan un comportamiento muy similar al de los conceptos totales, salvo que hay un mayor número de alumnos que incrementan el numero de relaciones al final de la intervención. La mayoría de los alumnos utilizan más nodos múltiples al final que al inicio, pero esto no es así en los niveles jerárquicos donde no hay diferencia entre el inicio y el final. Las relaciones cruzadas son prácticamente nulas en los mapas iniciales de los alumnos y son más notorias en los mapas finales.



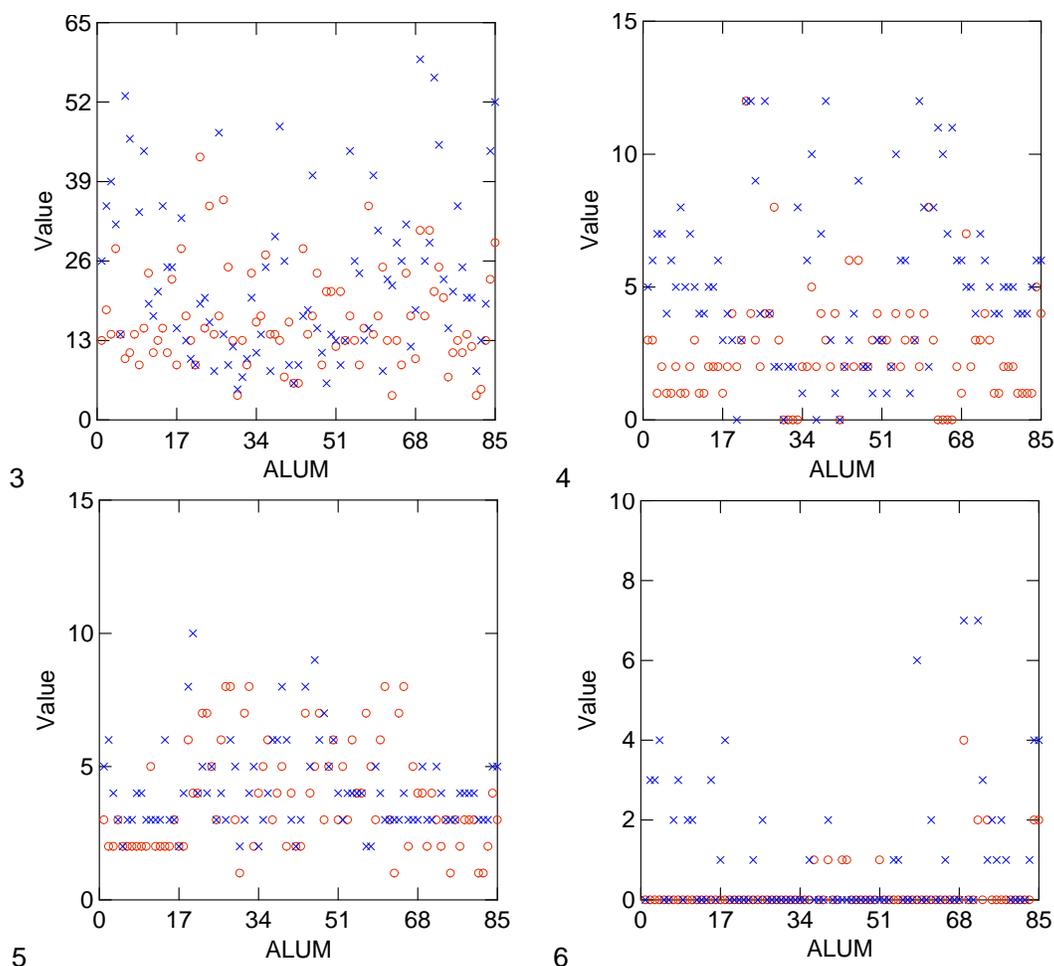


Fig. 3 Variación de las variables base en los alumnos (1 Conceptos totales, 2 Conceptos validos, 3 Relaciones entre conceptos, 4 Nodos múltiples, 5 Niveles jerárquicos y 6 Relaciones cruzadas).

Al aplicar un ANOVA a las variables base para detectar sus diferencias en los mapas conceptuales iniciales y finales, se obtuvo un valor de $p = 0.008$ para los conceptos totales; una $p = 0.000$ para los conceptos válidos; una $p = 0.015$ para las relaciones válidas; una $p = 0.138$ los nodos múltiples; una $p = 0.000$ para los niveles jerárquicos y una $p = 0.001$ para las relaciones cruzadas. Estos datos indican que no se encontraron diferencias entre los nodos múltiples utilizados por los alumnos al inicio y al final de sus mapas conceptuales. Para el resto de las variables base, si se detectaron diferencias significativas al inicio y al final de la intervención

3.3 Diferencias de las variables base por grupo

El número de conceptos totales fueron muy similares en los 5 grupos tanto en los mapas conceptuales iniciales como en los finales. El número de conceptos válidos en el mapa conceptual inicial es bajo en todos los grupos y estos se incrementan en la medición final, sin embargo, para los grupos 2 y 3, el incremento fue menor que en los grupos restantes. El número de relaciones validas entre conceptos en los mapas iniciales es menor que en los finales sólo en los grupos 1 y 5, en los grupos restantes no se aprecian diferencias en los mapas iniciales y finales. El número de nodos múltiples es ligeramente menor en los mapas iniciales que en los finales en los grupos 1, 4 y 5, pero en los 2 grupos restantes no se observa diferencia. No hay diferencia en el número de niveles jerárquicos entre los mapas iniciales y finales en ninguno de los grupos estudiados. El número de relaciones cruzadas en los mapas iniciales es menor que en los mapas finales en los grupos 1 y 5, pero no hay diferencias en los grupos restantes.

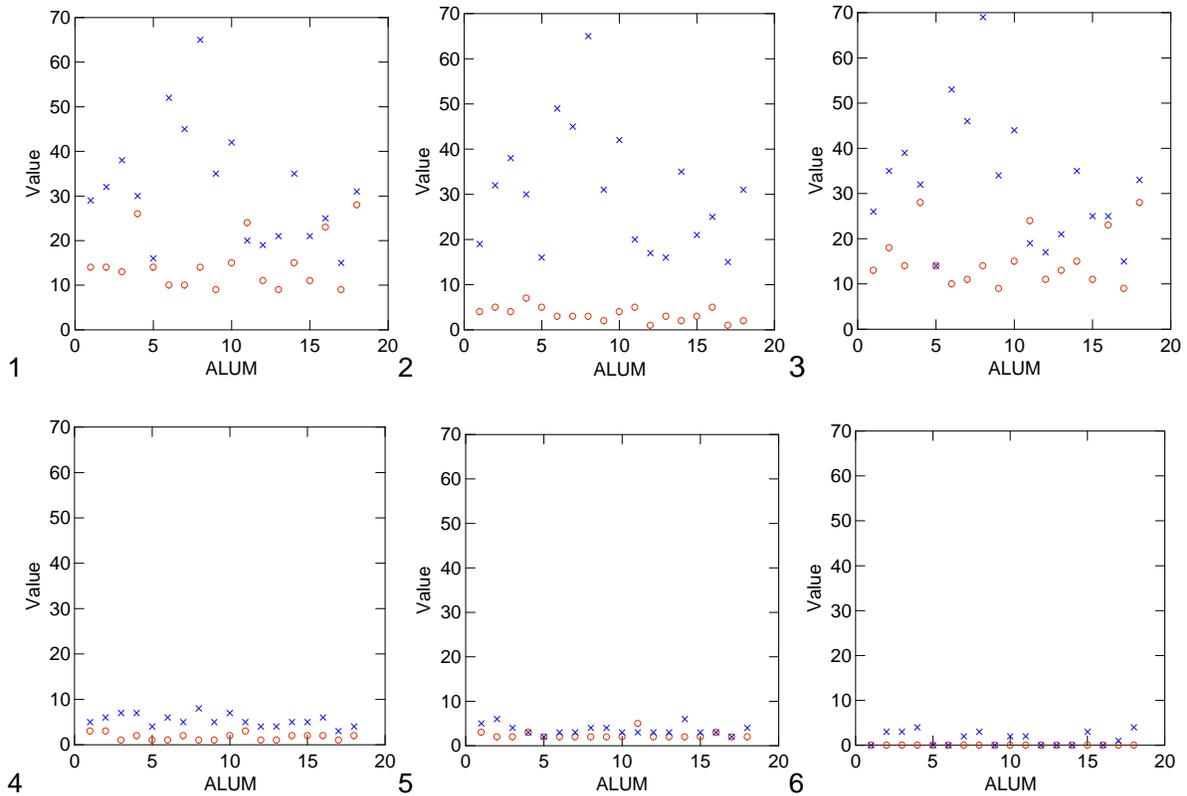


Fig. 4 Ejemplo de las variaciones de las variables base en el grupo 1: (1 Conceptos totales, 2 Conceptos válidos, 3 Relaciones entre conceptos, 4 Nodos múltiples, 5 Niveles jerárquicos y 6 Relaciones cruzadas).

Para analizar los cambios de las variables base iniciales y finales se aplicó un ANOVA el cual arrojó valores de $p = 0.000$ para los conceptos totales, conceptos válidos, relaciones válidas, nodos múltiples y relaciones cruzadas. Sólo en el caso de los niveles jerárquicos se obtuvo una $p = 0.222$. Estos resultados indican que sólo en esta última variable no hubo diferencias significativas entre los grupos, es decir, solamente los niveles jerárquicos iniciales y finales utilizados por los alumnos no fueron diferentes en los distintos grupos, pero el resto de variables sí tuvieron diferencias entre los distintos grupos.

3.4 Descripción general de los índices

Los 3 índices obtenidos (certeza conceptual, amplitud conceptual y complejidad conceptual) presentan valores de 0 a 1. El índice de certeza conceptual inicial presentó valores bajos que oscilaron desde 0.05 hasta 0.38, con una media de 0.18. Este índice fue el que presentó un mayor cambio durante la intervención educativa, indicando así el mayor aprendizaje de los alumnos en este aspecto, dado que los valores finales estuvieron entre 0.9 y 1, con una media de 0.98.

El índice de amplitud conceptual tiene el mismo comportamiento que los conceptos totales presentados, pues su cálculo sólo implicó dividir el número de conceptos totales entre 100 con la finalidad de obtener un valor comparable con los 2 índices restantes. Por su parte, en el índice de complejidad conceptual se sintetizan varias variables base, característica que resalta su importancia. Este índice, en los mapas conceptuales iniciales varió desde 0.0 a 0.50 con una media de 0.18. No presentó cambios muy notorios en los mapas conceptuales finales, ya que presentó una variación muy similar a la inicial, variando de 0.0 a 0.53 y con una media de 0.23 que es sólo un poco mayor a la inicial.

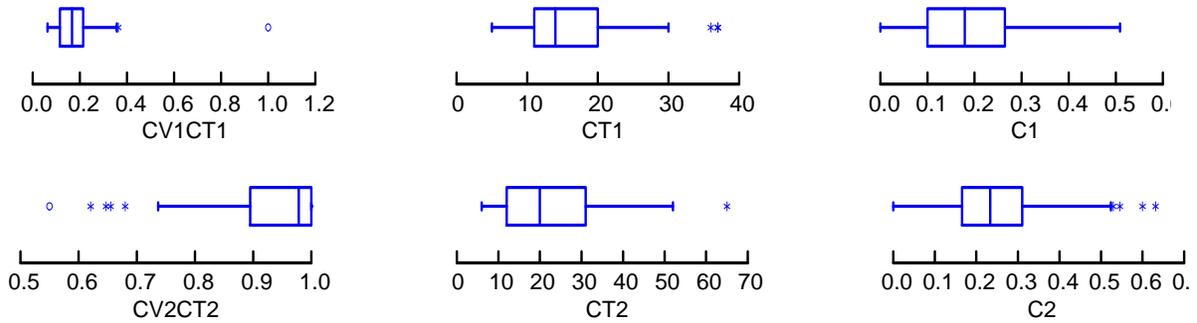


Fig. 5 Resultados globales de los índices iniciales y finales.

3.5 Diferencias globales de los índices

Los cambios entre los mapas iniciales y finales se analizaron a través de índices de certeza, amplitud y complejidad conceptual los cuales variaron de 0 a 1. En todos los casos, se observa que los resultados de los índices iniciales se agrupan en la parte baja de la esquina izquierda de las gráficas, esto significa que todos los alumnos presentaron índices bajos al inicio, salvo muy pocas excepciones, todos los índices fueron menores de 0.4.

Los resultados en los índices finales originan que los datos se agrupen de forma diferente, por ejemplo, se aprecia que el cambio más notorio se presenta en los índices finales de la certeza conceptual, ellos se agrupan en la parte superior de la esquina izquierda. Salvo una excepción, los valores de dicho índice fueron superiores al 0.6.

Los cambios en los índices finales de amplitud y complejidad conceptual son menos notorios, en ambos caso, el cambio sólo se manifiesta en un ligero desplazamiento de la mancha de datos hacia la parte superior del extremo izquierdo de la gráfica.

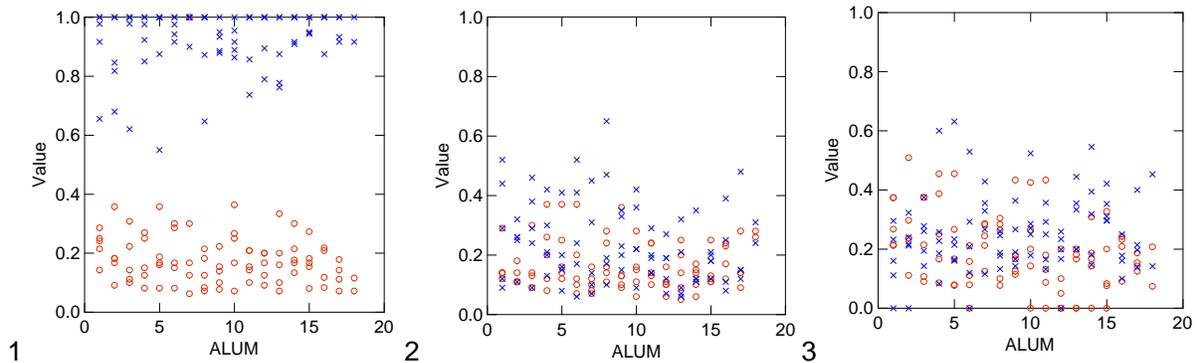


Fig. 6 Variación de los índices globales (1 Certeza conceptual, 2 Amplitud Conceptual y 3 Complejidad conceptual).

Una forma más analítica de evidenciar los cambios en los valores de los índices iniciales y finales fue elaborando gráficas de relación, las variables en los ejes X fueron los índices iniciales y en los ejes Y, los índices finales. En el caso del índice de certeza, la relación de sus valores iniciales y finales indicó que los alumnos mejoraron notoriamente del inicio al final de las intervenciones educativas, el 100% de ellos presentaron un marcado incremento en su certeza conceptual.

La relación de los índices de amplitud conceptual iniciales y finales no evidenció una mejora tan notoria como la certeza. El índice de amplitud conceptual presentó un patrón más complejo porque una parte mayoritaria de los alumnos (63.5%) mejoraron su amplitud conceptual, pero 18,8% no presentaron ningún cambio y un 17.6% de ellos llegaron a presentar índices de complejidad finales menores a los que habían presentado al inicio.

En análisis de la relación de los índices de complejidad conceptual iniciales y finales también evidenció un patrón complejo, en donde sólo un 57.7% de los alumnos incrementaron ligeramente su complejidad, pero un 14.1% de ellos no mejoraron y casi una tercera parte de los (28.2%) redujeron su complejidad a lo largo del curso.

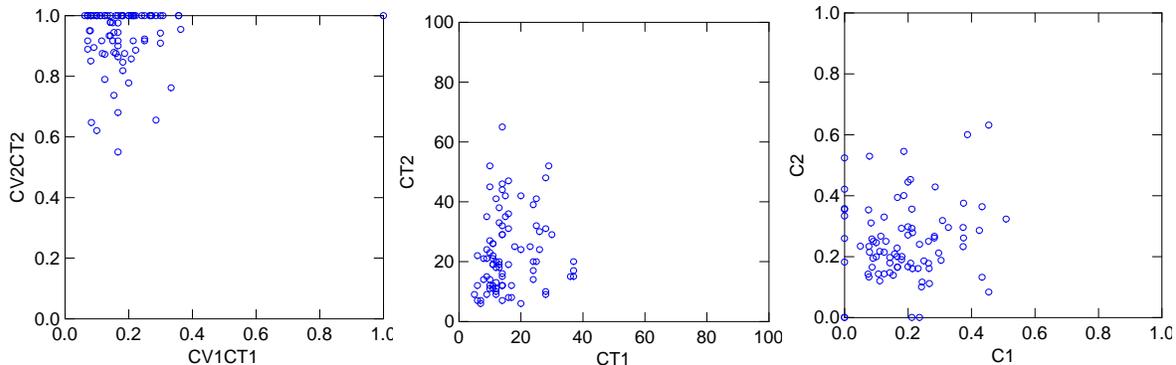


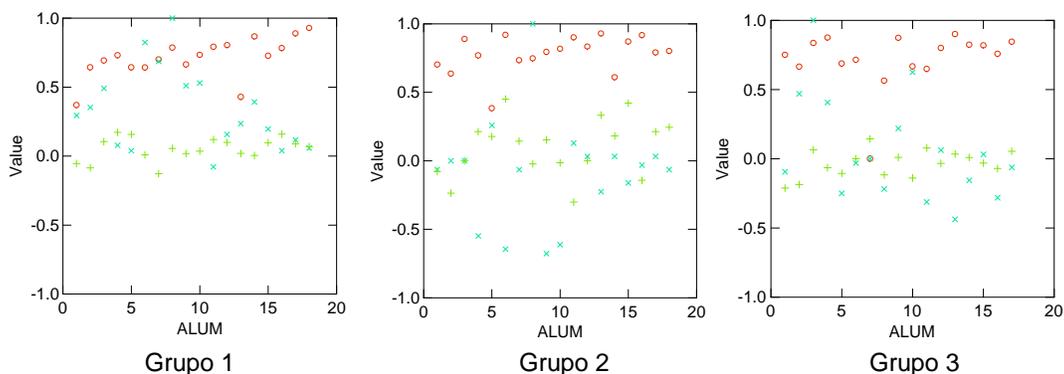
Fig. 7 Relación entre los índices globales iniciales y final (CV1CT1: Certeza inicial, CV2CT2: Certeza final, CT1: Amplitud inicial, CT2: Amplitud final, C1: Complejidad inicial y C2 Complejidad final).

El análisis de las diferencias de los índices iniciales y finales en forma más cuantitativa se realizó mediante una ANOVA, los resultados arrojaron una $p = 0.008$ para la certeza conceptual, de $p = 0.044$ en el caso de la amplitud conceptual y una $p = 0.011$ para los índices de complejidad conceptual. Esto significa que en todos los casos considerados se detectaron diferencias entre los valores de los índices iniciales y finales.

3.6 Descripción de los índices por grupo

Las diferencias entre los resultados de los índices iniciales y finales pueden variar desde -1 a 1 y proporcionan un indicador adecuado del grado de mejora en el aprendizaje de los alumnos. En todos los grupos estudiados la mejora de la certeza conceptual siempre fue la más alta entre los tres índices, variando muy frecuentemente alrededor del 0.8, esto significa que los alumnos frecuentemente mejoraron en un 80% su certeza conceptual. Sólo en casos excepcionales esta mejora fue menor a 0.5. En cambio, la mejora en la amplitud conceptual fue muy irregular en los 5 grupos de alumnos, los casos más extremos se presentaron en los grupos 2 y 4 en donde la variación llegó desde -0.8 hasta 1. Pero a pesar de su extrema irregularidad, frecuentemente la amplitud conceptual presentó valores intermedios entre la certeza y complejidad conceptual en los 5 grupos. Sólo en el grupo 2, la mejora de amplitud y complejidad conceptual fue similarmente baja.

En los 5 grupos estudiados la mejora en la complejidad conceptual fue la más baja y en el grupo 3 frecuentemente adquirió valores negativos. Los casos extremos más altos fueron de 0.4 y los extremos más bajos de -0.38. Los valores más frecuentes de éste índice de mejora de complejidad conceptual se ubicaron de 0.0 a 0.20, lo cual brinda una idea del limitado aprendizaje que evidenciaron los alumnos en este aspecto.



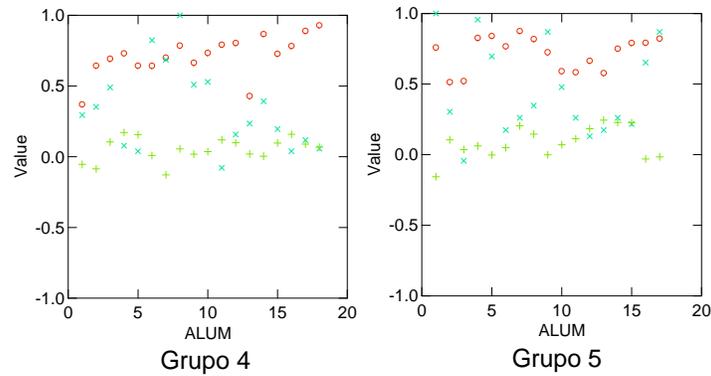


Fig. 8 .Variación de los índices por grupo (“o”: Certeza conceptual, “x”: Amplitud conceptual, “+”: Complejidad conceptual).

3.7 Diferencias de índices por grupo

Los promedios de los índices de certeza y complejidad conceptual son muy similares para los 5 grupos. En cambio, los promedios de los índices de amplitud conceptual sólo son similares para los grupos 1, 4 y 5, pero los promedios de los índices de los grupos 2 y 3 son más bajos que los restantes.

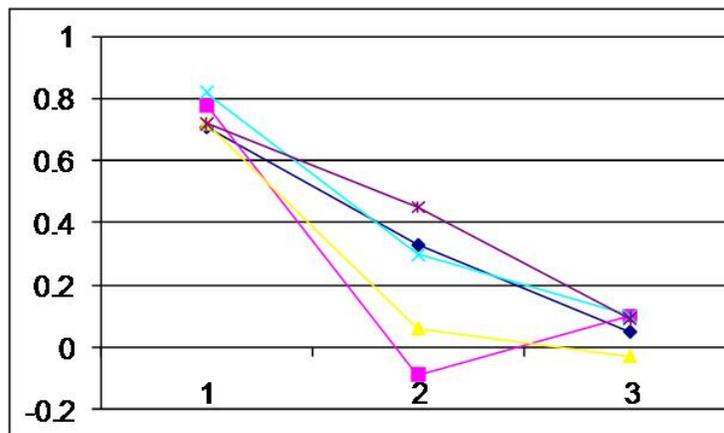


Fig. 9 Promedios de los índices por grupo (1 Índice de certeza conceptual, 2 Índice de amplitud conceptual y 3 Complejidad conceptual).

Al relacionar los índices iniciales y finales en cada grupo, se observa que el conjunto de valores de la certeza conceptual se ubican en la parte superior izquierda de las gráficas de todos los grupos, lo cual indica la mejora significativa que todos ellos tuvieron. Para el caso de la amplitud conceptual, los grupos 2, 3 y 5 muestran un mayor número de alumnos que no mejoraron, en cambio, en los grupos 1 y 4 casi todos los alumnos mejoraron en este índice. Igualmente, la mejora en la complejidad conceptual fue mayor en los grupos 1 y 5 y menor en los grupos restantes, aunque cabe mencionar que en los grupos 2 y 4 hubo alumnos que mejoraron notoriamente.

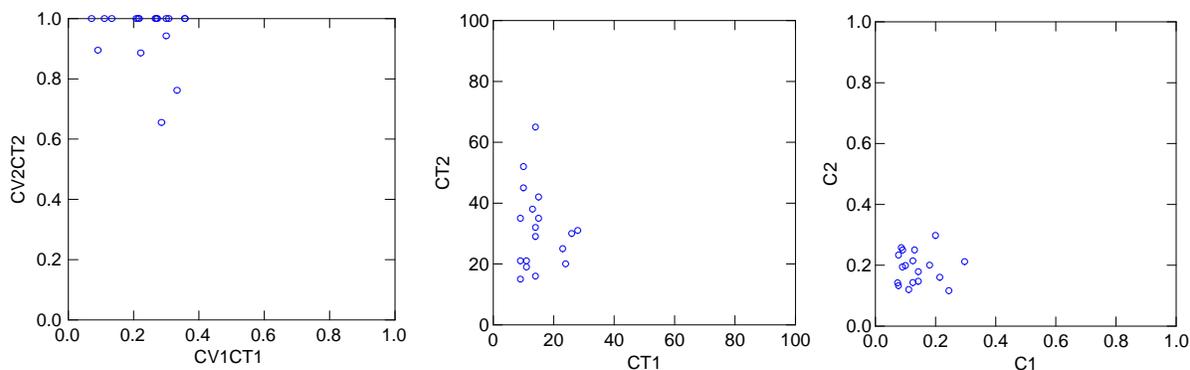


Fig. 10 Variación de los índices por grupo ((CV1CT1: Certeza inicial, CV2CT2: Certeza final, CT1: Amplitud inicial, CT2: Amplitud final, C1: Complejidad inicial y C2 Complejidad final).

Los valores de los 3 índices mostraron distintos rangos de variación en los diferentes grupos y esta variación no logra apreciarse a través de los promedios. Para analizar cuantitativamente la variación de los índices en los 5 grupos se aplicó un ANOVA el cual arrojó un valor de $p = 0.000$ para los índices de certeza y amplitud conceptual y un valor de $p = 0.001$ para el índice de complejidad conceptual. Estos valores indican que hubo una diferencia significativa en los 3 índices en todos los grupos de alumnos estudiados.

3.8 Correlación certeza conceptual y complejidad conceptual

Se aplicó un análisis de correlación entre los índices de certeza conceptual y complejidad conceptual iniciales y finales. El valor de la correlación inicial fue de 0.040 indicando una correlación muy baja, es decir, no hay indicios de que los alumnos que llegan con conocimientos más certeros, sean también los que posean una estructura conceptual más compleja.

El valor de la correlación para los índices finales fue de -0.149 la cual también evidencia una correlación muy baja, pero en este caso negativa, evidenciando así una ligera tendencia de que los alumnos con un conocimiento más preciso, no son los que logran desarrollar su estructura conceptual.

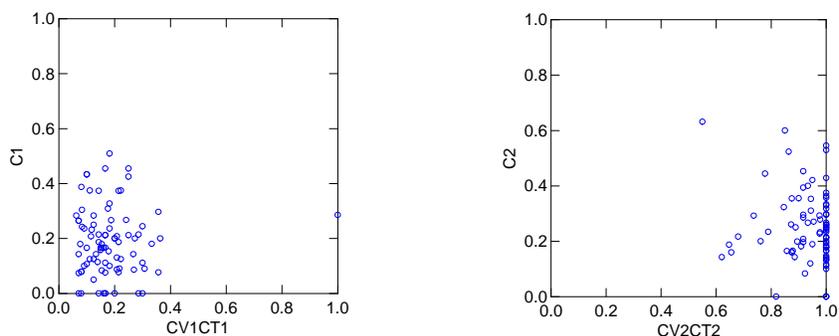


Fig. 11 .Correlación global de los índices iniciales de certeza conceptual (CV1CT1) y complejidad conceptual (C1) mediante el coeficiente de Pearson (0.040) y de los índices finales de certeza conceptual (CV2CT2) y complejidad conceptual (C2) mediante el coeficiente de Pearson (-0.149).

4 Conclusiones

En todos los alumnos estudiados se detectaron trascendentes cambios cuantitativos y cualitativos en sus estructuras cognitivas, lo cual seguramente se debe a que la intervención, centrada en la actividad de los alumnos, tiene una influencia notoria para lograr esto. No obstante, también se detecta que su influencia es muy variable en los distintos alumnos y que no en todos los casos termina en aumentar la complejidad de las estructuras conceptuales de los alumnos.

Ciertamente, algunos alumnos mejoraron en su capacidad de síntesis, en su capacidad de profundizar en el conocimiento y de percibir el mismo en forma más global y cohesionada y, como

resultado de todo eso, desarrollaron estructuras cognitivas más complejas. Pero también hubo alumnos que sólo activaron y relacionaron aquellos esquemas que fueron relevantes a la situación concreta y privilegiaron así, solo una serie de enlaces entre conceptos.

La forma y el tipo de respuesta de los alumnos a la intervención educativa presenta relaciones significativas con algunos datos de procedencia de los alumnos, particularmente, aquellos relacionados con su trayectoria académica.

5 Referencias

- [1] PALACIOS, C.; LÓPEZ R.F. "Resolución de problemas de química, mapas conceptuales y dominio cognitivo". *Revista de Educación*, No. 297, 1992, pp. 293-314.
- [2] D' APOLLONIA, S.T.; CHARLES, E.S.; BOYD, G.M. "Acquisition of Complex Systemic Thinking: Mental Models of Evolution". *Educational Research and Evaluation*, Vol. 10, No. 4-6, 2004, pp. 499 – 521.
- [3] AUSUBEL, D.P. *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas, 1980.
- [4] COLL, C. *Conocimiento psicológico y práctica educativa*. Barcelona: Barcanova, 1988.
- [5] NOVACK, J.; GOWIN, D.B. *Learning How to Learn*. Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
- [6] TALLÍZINA, N.F. *La formación de actividad cognoscitiva de los escolares*. La Habana, Cuba: Ángeles Editores, 1987.
- [7] TALLÍZINA, N.F. *La teoría de la actividad de estudio como base de la didáctica en la educación superior*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, 1994.
- [8] POSNER, G.J.; STRIKE K.A.; HEWSON P.W.; GERTZOG W.A. "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change". *Science Education*, No. 66, 1982, pp. 211-222.
- [9] THOMPSON, T.L.; MINTZES, J. "Cognitive structure and the effective domain: on knowing and feeling in biology". *Int. Journal Science Education*, Vol. 24, No. 6, 2002, pp. 645-660.
- [10] TSAI, C.C. "Probing students' cognitive structures in science: The use of a flow map method coupled with a meta listening technique". *Studies in Educational Evaluation*, No. 27, 2001, pp. 257-268.
- [11] HOZ, R.; GONIK, N. "The use of concept mapping for knowledge-oriented evaluation in nursing education". *Evaluation and Research in Education*, Vol. 15, No. 4, 2001, pp. 207-227.
- [12] WANDERSEE, J.; MINTZES, J.; NOVAK J. *Research on alternative conceptions in science*. En D. GABEL (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan, 1994, pp. 177-210.
- [13] MINTZES, J.; WANDERSEE, J.; NOVAK J. *Meaningfull learning in science: the human constructivist perspective*. En G. D. PHY (ed.), *Handbook of Academic Learning*. San Diego: Academic Press, 1997.
- [14] MINTZES, J.; WANDERSEE, J.; NOVAK J. *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*. San Diego: Academic Press, 1998.
- [15] MINTZES, J.; WANDERSEE, J.; NOVACK, J. *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*. San Diego: Academic Press, 2000.
- [16] NOVACK, J. *Learning, Creating and Using Knowledge: The Use of Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaun, 1998.

- [17] CASSATA, A.E.; HIMANGSHU, S.; LULI, J.J. *What do you know? Assessing change in student conceptual understanding in science*. En: A. J. CANAS, J. D. NOVAK & F. M. GONZÁLEZ (Eds) *Concept maps: theory and practice*. Proceeding of the first international conference on concept mapping, Pamplona Spain, 2004.
- [18] MARKHAM, K.M.; MINTZES, J.; JONES, M.G. "The concept map as a research and evaluation tool: further evidence of validity". *Journal of Research in Science Teaching*, No. 31, 1994, pp. 91-101.
- [19] WALLACE, J.D.; MINTZES, J.J. "The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology". *Journal of Research in Science Teaching*, No. 27, 1990, pp. 1033-1052.
- [20] RUIZ-PRIMO, M.A.; SHAVELSON, R.J. "Problemas and issues in the use of concepts maps in science assessment". *Journal of Research in Science Teaching*, No. 33, 1996, pp. 569-600.
- [21] EDMONDSON, K. *Assesing science understanding throught concepts maps*. En J MINTZES; J.J. WANDERSEE; J. NOVACK, (eds.) *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*. San Diego: Academic Press, 2000, pp. 15-40.
- [22] JACOBS-LAWSON, J.M.; HERSEY, D.A. "Concepts Maps As an Assessment Tool in Psychology Courses". *Teaching of Psychology*, Vol. 29, No. 1, 2002, pp. 25 – 29.
- [23] HAY, D.B. "Using concepts maps to measure deep, surface and non-learning outcomes". *Studies in Higer education*, Vol. 32, No. 1, February, 2007, pp. 39-57.
- [24] CASAS G.L.M.; LUENGO, G.R. "Representación del conocimiento y aprendizaje. Teoría de los Conceptos Nucleares". *Revista Española de Pedagogía*, Año LXII, No. 227, 2004, pp. 59-84.
- [25] REITMAN, J.; RUETER, H. "Organization revealed by recal orders and confirmed by pauses". *Cognitive Psycology*, Vol. 12, 1980, pp. 554-581.
- [26] JONASSEN, D., BEISSNER, K.; YACCI, M. *Structural knowledge: Techniques for representing, conveying and acquiring structural knowledge*. Hillsdale. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1993.
- [27] SCHVANEVELDT, R.W. (Ed.) *Pathfinder Associative Networks. Studies in knowledge organization*. Norwood, NJ: Ablex, 1989.
- [28] KINCHIN I. M.; HAY, D. B.; ADAMS, A. "How a qualittive approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development". *Educational Research*, Vol. 42, No.1, 2000, pp. 43-57.