

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE MAPAS CONCEPTUALES (AEMC) EN UN CONTEXTO DE EDUCACIÓN CTS

Pablo González Yoval, Saulo Hermosillo Marina, Eduardo Chinchilla Sandoval, Laura Guadalupe García del Valle, Liliana Elizabeth Martínez Flores, Escuela Nacional Preparatoria, UNAM, México
Email: yoval@servidor.unam.mx, saulo@servidor.unam.mx

Resumen. Presentamos la aplicación de un método para interpretar mapas conceptuales que combina el Análisis Estructural Educativo (AEE) y la prueba o análisis bidimensional Olmstead-Tukey, la cual denominamos como *Análisis Estructural de Mapas Conceptuales mediante la prueba de asociación de Olmstead-Tukey* (AEMC). La metodología fue aplicada a los mapas de 37 alumnos de bachillerato de la UNAM como parte de una estrategia didáctica llamada *injerto* en forma de *Webquest* con el tema de células madre. El injerto es una estrategia basada en el aprendizaje cooperativo que esta asociada con el enfoque educativo de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Se construyó un mapa experto con 16 conceptos y sus respectivos conectores sobre el tema de células madre con base en la información de la *Webquest*. El mapa experto se modificó para que al ser suministrado al alumno, éste eligiera los conceptos de una lista y los colocase en el sitio del mapa que considerase correcto. El llenado de mapas por parte del alumno se realizó en dos ocasiones, *antes* de la actividad del injerto y *después* de finalizada. Los mapas obtenidos fueron procesados por medio de la técnica del AEMC. Los resultados muestran que la estrategia del injerto contribuyó a la identificación de conceptos y establecimiento de relaciones con los conceptos de células madre, en particular los asociados a la transformación de la célula. Sin embargo, también muestran que se requiere un reforzamiento posterior a la técnica del injerto, por lo que recomendamos que el injerto se aplique al inicio de la unidad didáctica y no al final. De esta forma el AEMC sería empleado como herramienta diagnóstica y reorientar las actividades de aprendizaje del resto de la unidad didáctica. La evaluación de los injertos se ha enfocado a los valores y actitudes mediante cuestionarios, descuidando el hecho de que los conceptos tecnocientíficos requieren de ser evaluados por otros instrumentos. La aplicación del AEMC es una contribución en este sentido.

1 Introducción

Los mapas conceptuales han sido aplicados en un amplio contexto de situaciones (Cañas *et. al*, 2004) y se han traducido en líneas específicas de investigación en el área educativa. Una de ellas es utilizar los mapas conceptuales como herramienta para explicitar y valorar como un estudiante selecciona y enlaza diferentes conceptos. Ruiz-Primo & Shavelson (1996) describieron un conjunto de factores ha considerar al utilizar los mapas conceptuales con estos fines: a) tipos de conceptos, b) tipos de líneas de conexión, c) frases o explicaciones de conexión, y d) estructura espacial o jerárquica. Por otra parte, las técnicas de construcción de un mapa difieren en el tipo y cantidad de piezas del mapa que se le proporcionan al estudiante o que se le solicita que genere, de tal forma que en algunas investigaciones se contrastan las dos técnicas generales para la obtención de mapas: *“fill-in-map”* (FM) y *“construct-a-map* (CM); los resultados obtenidos sugieren que las dos técnicas (FM y CM) producen mapas cuya interpretación no es equivalente debido a la influencia que ejerce la técnica elegida (consultar Ruiz-Primo *et. al*, 2001; Ruiz-Primo, 2004; Yin *et. al*, 2005)

La técnica de FM consiste en suministrar un mapa al alumno, al cual se le han eliminado piezas (conceptos, enlaces, ...) por lo que para resolverlo el estudiante tiene que completar los elementos que faltan. Hernández (2005) sugiere que se le proporcione al alumno una lista con los elementos que faltan para evitar problemas de equivalencia semántica entre los elementos propuestos por el estudiante y el mapa experto; la desventaja radica en que se limita la expresión de conocimiento por parte del alumno y por otra parte, es difícil precisar si el estudiante está adivinando cuando coloca el elemento en el mapa.

Para intentar resolver estos planteamientos consideramos que el análisis de los mapas construidos con esta técnica, se debe dirigir a valorar la proposición (concepto-conector-concepto) que explicita el alumno, aunque ésta no coincida con la establecida en el mapa experto o en el lugar indicado por el mismo. De igual manera, si se condensa la información de las proposiciones de los alumnos en un mapa grupal, éste permitiría reconocer repeticiones (por azar o por certidumbre) y contrastar hipótesis de tendencias o patrones (González *et. al* 2004).

El contexto de esta investigación tiene su origen en la participación de los autores en la *Cátedra México Ciencia, Tecnología y Sociedad + Innovación*, que fue auspiciada por la Organización de los Estados Iberoamericanos y otras instituciones educativas mexicanas como la UNAM, IPN, UAM, entre otras. Con base en la formación recibida, decidimos crear un Seminario llamado *“Injertos: diseño, construcción y validación de material didáctico para fomentar una educación y cultura CTS de la Escuela Nacional Preparatoria, (ENP) UNAM”*. En este seminario, profesores del área de Biología del bachillerato de la ENP, diseñamos y validamos actividades de

aprendizaje (injertos) que permitan ser una alternativa de formación educativa que contribuya a una comprensión de la ciencia y tecnología sin desligarse de sus fines y utilidades sociales, que es lo que denomina Osorio (2002) educación con enfoque ciencia, tecnología y sociedad, (CTS).

El concepto CTS se ubica en un contexto académico, enfocado a los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, y se desarrolla en dos vertientes. El primero se relaciona con los factores sociales asociados al cambio científico y tecnológico, el segundo con las consecuencias sociales y ambientales como producto del desarrollo de la ciencia y tecnología. La influencia del enfoque CTS ha sido tal que en varios países se ha decidido modificar la curricula de diversas instituciones educativas (García et al. 2001; Osorio 2002). Existen diferentes mecanismos para introducir el enfoque CTS en los curricula; Osorio (2002) sugiere que por la complejidad de los sistemas educativos latinoamericanos, los injertos son una opción adecuada. Un injerto es un añadido temático que a partir de una situación real o ficticia, permite que el alumno desarrolle una valoración crítica sobre las consecuencias en la sociedad de la adopción de tecnologías o conocimientos científicos, entre otros aspectos y que está sustentado en un aprendizaje cooperativo. Un referente de los injertos es el presentado por Argos (2001) y Gordillo (2001).

Para validar los injertos nos enfocamos en dos mecanismos; el primero fue el diseño de un cuestionario que permitiera indagar la parte afectiva o de valores del alumno, y la segunda fue la aplicación de un mapa conceptual relacionado con los contenidos tecnocientíficos. Existe evidencia empírica que corrobora el hecho de que el uso de mapas conceptuales favorece el proceso de aprendizaje; Markow & Lonng (1998) encontraron que alumnos de un curso de laboratorio de química se beneficiaron con la elaboración de premapas y postmapas. Yarden et. al (2004) mencionan que el utilizar mapas conceptuales contribuyó en el aprendizaje de alumnos e instructores para el tema de la estructura del ADN y funciones de ácidos nucleicos. En este trabajo el uso de los mapas conceptuales tiene una doble función: por una parte es un elemento que contribuye al proceso de aprendizaje del tema eje del injerto, pero también es un mecanismo de evaluación y validación.

La utilización de diferentes herramientas teóricas y metodológicas en conjunto con los mapas conceptuales no es algo nuevo, como lo demuestra la investigación de Odom & Kelly (2001) en la que relaciona los mapas conceptuales con los círculos de aprendizaje ("*learning cycle*"). Para este trabajo, como ya mencionamos anteriormente, utilizaremos la técnica FM, en combinación con el *Análisis Estructural Educativo* (AEE) propuesto por Solano (1989) y la *Prueba o Análisis Bidimensional Olmstead-Tukey* (Sokal. & Rohlf, 1985, García de León, 1988).

Solano (1989) señala que el "*Análisis Estructural Educativo ... es un conjunto de razonamientos, técnicas, y algoritmos ... que permiten plantear y resolver problemas pertenecientes al campo de la educación, a partir de la idea de estructura*"; su aplicación es amplia: diseño y evaluación curricular, análisis de contenido, evaluación de material didáctico, entre otras. Los procedimientos de trabajo en el AEE están sustentados en el álgebra lineal y booleana así como la Teoría de Grafos, generando imágenes que son semejantes a los mapas conceptuales en el sentido de reflejar conjuntos de elementos vinculados por diferentes tipos de relaciones. Considerando esta semejanza, utilizamos algunos procedimientos de trabajo del AEE para interpretar los mapas resueltos por los alumnos al participar en el injerto.

El análisis Olmstead-Tukey tiene una utilización práctica en estudios de ecología, ya que permite determinar de manera gráfica cuales especies de un ecosistema son dominantes, constantes, ocasionales y raras (Rodríguez-Villanueva, et. al, 2003), pero que nosotros adaptamos para identificar los conceptos dominantes, constantes, ocasionales y raros en un mapa conceptual (González et. al 2004). El procedimiento para llegar a la elaboración de las gráficas Olmstead-Tukey coincide con los utilizados en el AEE, ya que emplean operaciones con matrices para generar resultados. La combinación de ambas técnicas la denominaremos como *Análisis Estructural de los Mapas Conceptuales mediante la utilización de la prueba de asociación Olmstead-Tukey* (AEMC), y que nos permitirá la transformación de los datos del mapa para su interpretación.

2 Metodología

El injerto consistió en el planteamiento de un problema ficticio asociado con la pertinencia de que en México se creará un Banco de Células Madre para Latinoamérica. A cada alumno se le asignó la representación de un personaje (científico, diputado, representante religioso, medio de comunicación, etc.), de tal forma que en el grupo

estuviesen opiniones a favor, en contra e indecisos para la creación del banco de células madre. La actividad tuvo una duración de cinco sesiones de 50 minutos cada una, siendo algunas consecutivas. En las sesiones los alumnos se agruparon por sectores afines a sus posturas, en dónde discutían y se preparaban para el debate y su recomendación sobre la creación del banco de células madre. De manera programada se interrumpían sus sesiones para entrevistas, en las que todos escuchaban al entrevistador y el entrevistado, y así oír otras opiniones. Al final, concluyó con una reflexión individual y grupal sobre el planteamiento original: la creación del banco de células madre.

La participación de los alumnos en el injerto requería que estuviesen informados acerca de la postura del personaje que interpretaban, del tema de células madre, el orden en que participarían y otros detalles de organización. Considerando las habilidades de los alumnos para consultar Internet, se decidió emplear una estrategia de aprendizaje colaborativo llamada WebQuest. Esta estrategia de aprendizaje fue propuesta por Bernie Dodge y Tom March (Dodge, 1997, March, 1997) y que consiste en la creación de una página web con una estructura que es complementaria y coherente con la estrategia del injerto. La página elaborada y en donde se ubica el injerto tiene como dirección <http://mx/geocities.com/enpblogia/>

En la WebQuest hay una sección con direcciones electrónicas que permitía al alumno fundamentar el conocimiento de su personaje, pero también su conocimiento sobre las células madre. De manera específica se les indicó a los alumnos que participaban en el injerto, que tenían que consultar las siguientes direcciones electrónicas:

- <http://www.ecojoven.com/uno/05/celulasm.html>
- <http://www.biotech.bioetica.org/clase2-17.htm>
- http://www.bionetonline.org/castellano/Content/sc_cont1.htm

Estas direcciones fueron seleccionadas por contener información tecnocientífica especializada en células madre, adecuada al grado educativo de los alumnos. Con base en esta información, los autores elaboramos un “mapa conceptual experto” con 16 conceptos y sus respectivos conectores (figura 1). Posteriormente, quitamos los conceptos del mapa y los colocamos en una lista ordenada alfabéticamente. Este mapa fue el que se le suministró al alumno para que completara los conceptos, al menos en dos ocasiones; la primera fue al inicio, cuando de manera previa había consultado la información pero no la había discutido con sus compañeros. Este mapa lo denominaremos con la palabra “antes”. La segunda ocasión de aplicación, fue previo a la actividad de cierre del injerto, cuando ya había transcurrido el debate. A este mapa lo denominaremos “después”.

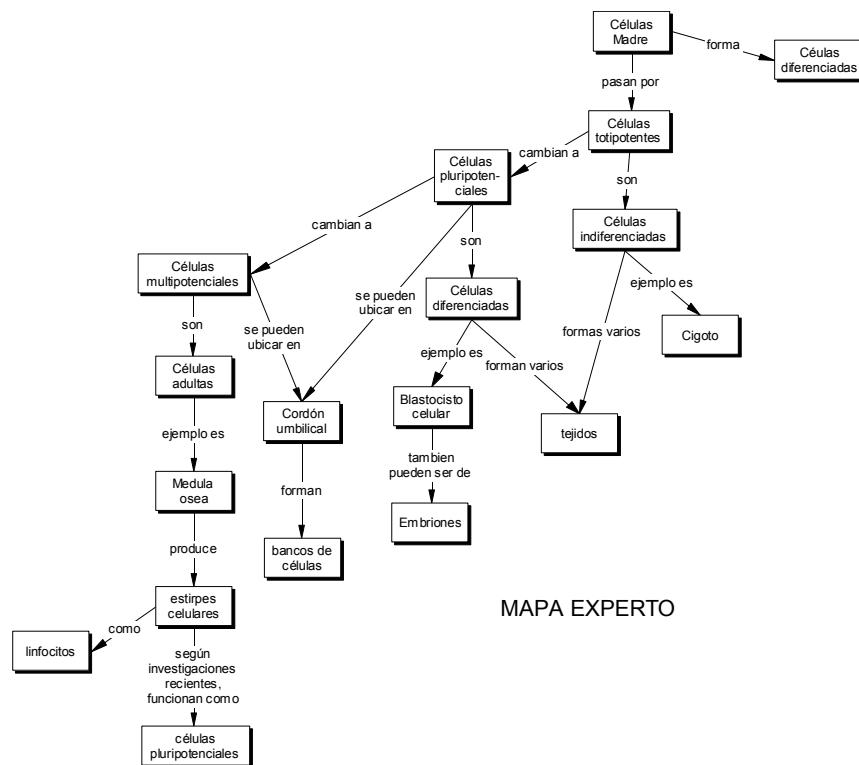


Figura 1. Mapa experto elaborado por los autores del trabajo.

Se aplicó la prueba de χ^2 (ji cuadrada) entre las relaciones correctas de los conceptos dominantes para estimar si hay un cambio en las proporciones *antes* y *después* de la actividad del injerto (Sokal & Rohlf, 1985).

La aplicación del injerto fue del 14 al 26 de marzo de 2006 en cinco sesiones de 50 minutos. Es importante añadir que los alumnos sabían que es un mapa conceptual y cómo construirlo. Basándose en las características de las lecturas a partir de las cuales se elaboró el mapa experto, hay dos conceptos que se repiten (células diferenciadas y células pluripotenciales). En la lista de palabras que se les entregó tenían la advertencia de que dos conceptos se repetirían, cada uno, dos veces en el mapa. Por otra parte en ninguna de las aplicaciones se les aviso a los alumnos que tendrían que resolver un mapa conceptual.

3 Resultados

Los alumnos que participaron en el injerto CTS, corresponden a dos grupos de la asignatura Temas Selectos de Biología que se fusionaron para tal fin, siendo 37 alumnos en total; la proporción de sexos fue de 57% mujeres y 43% hombres con edades de 17 a 19 años principalmente.

Cada mapa elaborado por alumnos se transformó en una matriz de asociación. Solano (1989) indica que en el AEE las matrices se pueden analizar los renglones o las columnas. Si se utilizan los renglones, se analiza como un concepto A se relaciona con B, C, D... Si se emplean las columnas se analiza como los conceptos E, F, G ... se relacionan con el concepto H. Nosotros utilizamos los renglones de la matriz.

Con las matrices se efectuó una sumatoria para obtener dos matrices grupales (*antes* y *después*) procedimiento similar al que se propone en el AEE. Tomando en cuenta estas matrices se calcularon los porcentajes de las frecuencias de relación de un concepto con respecto a los otros, y el total de relaciones que establece cada concepto, se aplicó la prueba de asociación Olmstead-Tukey. En la tabla 1 se muestra la matriz grupal *después* con los dos parámetros anteriormente citados, además de su mediana respectiva. La matriz general *antes* es similar, pero por limitaciones de espacio no es presentada. Utilizando las medianas de las frecuencias de relación y del total de relaciones se clasificaron los conceptos en dominantes, ocasionales, constantes y raros (tabla 2 y figura 2).

DESPUES CORRECTO	banco de células	blastocisto celular	células adultas	células diferenciadas	células indiferenciadas	células madre	células multipotentes	células pluripotentes	células totipotentes	cigoto	cordón umbilical	embriones	estirpes celulares	linfocitos	médula ósea	tejidos	Total de relaciones	frecuencia de relación	% frec de relación	
banco de células																	0	0	0	
blastocisto celular								1	1								2	4	3	19
células adultas			4						4		1	1			3	2	15	6	38	
células diferenciadas	1	5					3	4			4	1			3	6	27	8	50	
células indiferenciadas		1	2					4	3			2				8	20	6	38	
células madre	10		2	1				15	4	2	4	3			3	44	9	56		
células multipotentes		3	14				4		7	1					9	2	40	7	44	
células pluripotentes		2	17				18		2		7	1			2	3	52	8	50	
células totipotentes		1	7	4			13		3	1					2	31	7	44		
cigoto	6		1									4	2		2	15	5	31		
cordón umbilical	4		2													6	2	13		
embriones			1													1	1	6.3		
estirpes celulares													1		1	2	2	13		
linfocitos														1		0	0	0		
médula ósea						1	1					1	14		1	18	5	31		
tejidos															1	1	1	6.3		
mediana																16		32		

Tabla 1 Matriz grupal *después* de la aplicación del injerto de células madre. Las casillas sombreadas corresponden a las relaciones entre conceptos del mapa conceptual experto.

Otro dato representado en las matrices grupales corresponde a información del mapa conceptual experto; las casillas sombreadas indican cuales son las relaciones que se establecen entre los conceptos a partir del mapa experto (tabla 1). Con base en las matrices grupales se elaboraron mapas *antes* y *después* de la aplicación, considerando las relaciones totales entre los conceptos de dichas casillas. Una relación correcta se definió en dos sentidos: a) debería coincidir con la casilla sombreada, b) La relación entre los dos conceptos y su conector (proposición), era válida desde la perspectiva del contenido de las lecturas, independientemente de que no coincidiera con una casilla

sombreada. La frecuencia de relaciones correctas se transformó a porcentajes partiendo de que el valor máximo para cada casilla sombreada es de 37, que corresponde al total de alumnos que construyeron su mapa.

Antes y Después de la aplicación			
Conceptos Dominantes	Conceptos Ocasionales	Conceptos Constantes	Conceptos Raros
Células diferenciadas	Médula ósea	Células adultas	Blastocisto celular
Células indiferenciadas			Cordón umbilical
Células madre			Embriones
Células multipotenciales			Estirpes celulares
Células pluripotenciales			Linfocitos
Células totipotenciales			Tejidos (solo aparece en antes)
Antes de la aplicación			Después de la aplicación
<i>Cigoto</i>			<i>Cigoto</i>

Tabla 2: Clasificación de los conceptos del injerto de células madre antes y después de su aplicación, utilizando la prueba de asociación Olmstead-Tukey

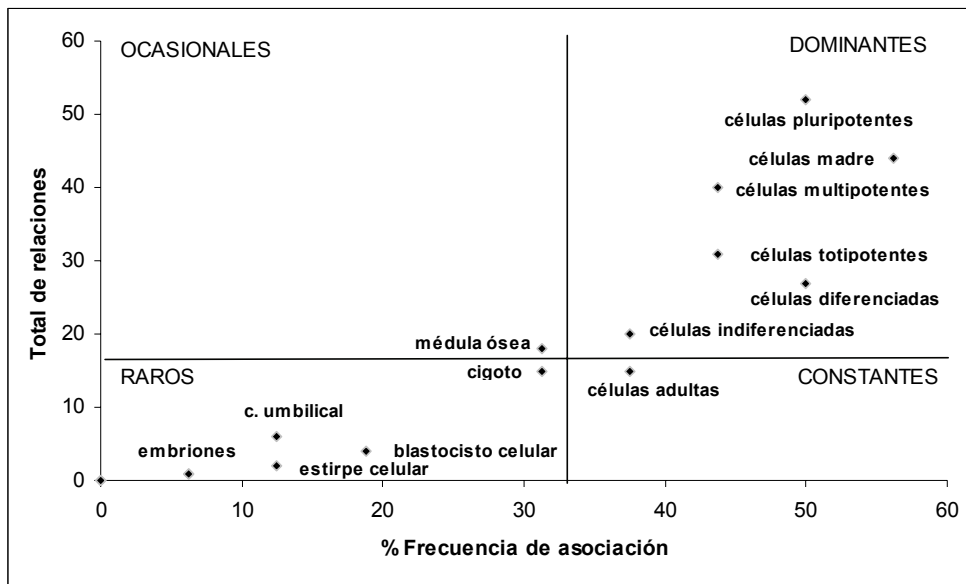


Figura 2. Clasificación de los conceptos mediante la prueba de asociación Olmstead-Tukey que corresponde a la aplicación posterior (después) del injerto de células madre.

En la tabla 2 se presenta la clasificación de los conceptos con base en la prueba de asociación Olmstead-Tukey. Al hacer un análisis comparativo de las matrices grupales (*antes* y *después*) considerando las relaciones totales y frecuencias de asociación, se obtuvo que con excepción de el concepto cigoto (que cambio de dominante a raro) y el concepto tejidos (solo aparece en la matriz *antes*), el resto de los conceptos no presento modificación en su categorías inicial (*antes*) y final (*después*). En la figura 2 se tiene la representación gráfica. Con respecto a las medianas como criterio de clasificación de los conceptos, se observa que para la primera aplicación (*antes*) son 22% para el porcentaje de frecuencia de asociación y 7.5 para el total de relaciones. Con respecto a la aplicación posterior (*después*) el valor de mediana es 32% y 16 de frecuencia total de relaciones.

Con base en las matrices grupales de los mapas conceptuales *antes* y *después*, se obtienen porcentajes de relación de un concepto con respecto a otro. Al considerar aquellos porcentajes de relación que están vinculados al mapa experto, se generaron dos mapas del grupo que se muestra en la figura 3. Al realizar comparaciones entre los mapas se observa: a) un incremento en la frecuencia de conceptos utilizados por los alumnos de 12 a 17 de un total de 19 (63% a 89%); b) con respecto al tipo de proposiciones destacaríamos que 14 presentan incremento desde 3 hasta 38 puntos porcentuales; 2 proposiciones se mantienen constantes (8% y 19%); 2 proposiciones no fueron utilizadas en ambos mapas; 4 presentaron incrementos a partir de cero.

Proposición (concepto-conector-concepto)	Incremento en puntos porcentuales
[células madre <i>-pasan por-</i> células totipotentes]	18
[células totipotentes <i>-cambian a-</i> células pluripotenciales]	24
[células pluripotenciales <i>-cambian a-</i> células multipotenciales]	27
[células pluripotenciales <i>-son-</i> células diferenciadas]	38

Tabla 3. Proposiciones que presentaron los máximos incrementos porcentuales al comparar el mapa grupal *antes* con el mapa *después*

Proposición (concepto-conector / conector-concepto)	Incremento en puntos porcentuales
[células multipotenciales <i>-son-</i> células diferenciadas]	16
[médula ósea <i>-forman / produce-</i> linfocitos]	14
[células madre <i>-forman-</i> bancos de células]	8

Tabla 4. Proposiciones que presentaron los máximos incrementos porcentuales al comparar el mapa grupal *antes* con el mapa *después*

4 Discusión y conclusiones

De acuerdo a la prueba de asociación Olmstead-Tukey, los conceptos dominantes son casi los mismos antes y después de la aplicación de la estrategia didáctica del injerto. Esto se puede interpretar como evidencia de que el injerto no distorsiona la identificación de los elementos importantes del tema. Por el contrario, aparentemente contribuye a que un mayor número de alumnos los identifiquen al final de la actividad, como lo sugiere el incremento de los valores de las medianas en la prueba Olmstead-Tukey.

En el caso del concepto cigoto que es el único que se modificó después de la aplicación del injerto (dominante a raro), indica como esta estrategia favoreció el que de manera colectiva lo ubicaran en una categoría más adecuada al contexto específico del tema que se analizó. El concepto cigoto en un alumno de bachillerato es importante en su lenguaje académico, ya que es mencionado y utilizado como objeto de aprendizaje en diferentes asignaturas, pero en una investigación especializada como es el tema de células madre, es un antecedente y deja de ser concepto incluyente. Una línea de investigación quizá sería el incluir algunos conceptos dominantes o raros en el esqueleto del mapa que se le entrega al alumno. La hipótesis sería establecer si un concepto dominante o raro puede orientar la ubicación del resto de los conceptos en el mapa.

Por otra parte, el incremento del porcentaje de proposiciones establecidos por los alumnos después de la aplicación del injerto, sugiere algún beneficio en su aprendizaje, aunque no de manera clara ya que la prueba estadística de ji cuadrada no fue significativa para los conceptos dominantes. Esto implicaría que el profesor debiera orientar su labor al reforzamiento de este contenido. En particular los conceptos que se ubican en el primer y segundo nivel jerárquico del mapa experto están conectados con la idea de cambio o transformación de la célula, y es en estos niveles dónde ocurrieron los incrementos posteriores a la aplicación del injerto.

El gran número de proposiciones correctas establecidas por el alumno fuera del mapa experto sugiere que las frases de conexión deben de ser analizadas en su versatilidad para asociar conceptos, ya que palabras como *son*, *forman* y *producen* son susceptibles de ser empleadas en contextos muy amplios. Si se corrige este detalle quizá sea útil el analizar estas proposiciones que el alumno genera fuera del mapa experto para reorientar las actividades de aprendizaje o del mapa experto.

El injerto fue aplicado al final de la unidad didáctica considerando que los temas analizados previamente favorecerían su participación en el injerto. Los resultados de los mapas conceptuales sugieren que quizá sea más útil el emplear el injerto al inicio, ya que el AEMC se utilizaría como diagnóstico sobre los conceptos y proposiciones que presenten un manejo deficiente en el grupo y de esta forma reorientar el diseño de las actividades de aprendizaje en el resto de la unidad.

A manera de conclusión señalaríamos que dentro del AEMC la prueba de Olmstead-Tukey indica cuales son los conceptos dominantes que utilizan los alumnos, y el AEE describe el cómo los conceptos dominantes establecen proposiciones válidas, las cuales pueden estar ubicadas en un lugar jerárquico similar o distinto del mapa experto.

Los injertos son una estrategia para fomentar valores, y que parte de un manejo mínimo de conceptos tecnocientíficos (García et al. 2001; Osorio 2002); la evaluación de los injertos se ha enfocado a los valores y

actitudes mediante cuestionarios, descuidando el hecho de que los conceptos científicos requieren de ser evaluados por otros instrumentos. La aplicación del AEMC es una contribución en este sentido.

5 Agradecimientos

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), por el apoyo recibido a través del programa Iniciativa para Fortalecer la Carrera Académica del Bachillerato de la UNAM (INFOCAB), con el proyecto INFOCAB SB-000136 *“Injertos: Diseño, construcción y validación de material didáctico para fomentar una educación y cultura CTS de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) en la UNAM.*

Referencias

- Argos, Grupo. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad, materiales para la educación secundaria*. Asturias: Grupo Ed. Norte.
- Cañas, A. J., Novak, J. D., y González Fermín, Eds. (2004). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the 1st Int. Conf. on Concept Mapping*. Vol. 1. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- Dodge, B. (1995). Some thoughts about WebQuests, In http://edweb.sdsu.edu/courses/edtec596/about_webquests.html. [Consulta 20/04/2006].
- García de León, L. A. (1988). *Generalidades del análisis de cúmulos del análisis de componentes principales*. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- García Palacios, E. M., González Galbarte, J. C., López Cerezo, J. A., Lujan, J. L., Gordillo Mariano, M., Osorio, C. & Valdez, C. (2001). *Ciencia, tecnología y sociedad: una aproximación conceptual*. Madrid.: Organización de Estados Iberoamericanos.
- González Yoval, P., Hermosillo Marina, S., Chinchilla Sandoval, E., García del Valle, L & Verduzco Martínez, C. (2004). Valoración cuantitativa para evaluar mapas conceptuales. In Cañas, A.J., Novak, J. D., y González Fermín (eds). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Vol. 1. (pp. 289- 294) Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- Gordillo Martín, Mariano. (2001). *AIDS-2001: la vacuna contra el SIDA. Simulación educativa de un caso CTS sobre la salud*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos.
- Hernández Forte, V. (2005). *Mapas conceptuales. La gestión del conocimiento en la didáctica*. México: Alfaomega
- Markow, P. G. & Lonngig, R. A. (1998). Usefulness of Concept Maps in College Chemistry Laboratories: Students' Perceptions and Effects on Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1015-1029.
- March, T. (1997). The WebQuest design process. In. <http://www.ozline.com/webquests/design.html>, Consulta 20/04/2006.
- Odom, P. & Kelly, V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. *Science Education* 85 (6), 615-635
- Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque de ciencia, tecnología y sociedad. Aproximaciones y experiencias para la educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, (28),61-82.
- Rodríguez-Villanueva, V. Martínez-Lara, R. & Macías Zamora, V. (2003). Polychaete community structure of the northwestern coast of Mexico: patterns of abundance and distribution. *Hydrobiologia* 496(1-3):385-399
- Ruiz-Primo, M. A. (2004). Examining concept maps as an assessment tool. In Cañas, A.J., Novak, J. D., y González Fermín (eds). *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., 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.
- 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.
- Sokal, R. & Rohlf, F. (1985). *Biometry*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Solano Flores, G. (1989). *Principios de análisis estructural educativo. Metodologías sy técnicas para la educación*: México: 2da edición, Trillas:
- Yarden, H, Marbach-Ad, G. & Gershoni, J. M. (2004). Using the concept map technique in teaching introductory cell biology to College Freshmen. *Bioscience*, 30 (1,) 3-13.
- 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.