

APLICACIÓN DEL AEMC EN MAPAS CONCEPTUALES ELABORADOS AL FINAL DE UN CURSO DE BIOLOGÍA PARA ESTUDIANTES DE BACHILLERATO

Saulo Hermosillo Marina, Laura García del Valle & Pablo González Yoval, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Email: saulo@unam.mx

Resumen: En esta ponencia utilizamos los mapas conceptuales como un procedimiento para explorar la forma en que estudiantes de bachillerato asociaban conceptos mínimos de un curso anual de Biología. La elaboración de los mapas ocurrió al final del curso con base en un listado de palabras y metodología que fue obtenida de una investigación publicada en 2004. Para el análisis de resultados se utilizó el Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC) y también se realizó la comparación con los datos de la publicación ya mencionada. Se ubicaron ocho conceptos dominantes para los mapas conceptuales analizados y que comparados con la publicación ya citada, mostró tres conceptos comunes: Célula, Ecosistema y Reproducción. Aunque el concepto de Ciencia es importante para articular el resto de los conceptos, este fue clasificado como ocasional en esta investigación y la del 2004. Se propone un análisis de las frases que conectan a los conceptos más frecuentemente asociados, el cual corroboró parte de los resultados obtenidos con el AEMC.

Palabras Claves: Evaluación, Programas de estudios, AEMC.

1 Introducción

Moreira (2010) menciona que usar mapas conceptuales constituye “una estrategia facilitadora del aprendizaje significativo y de la conceptualización” (p. 17), por otra parte los mapas conceptuales han sido empleados como un instrumento exploratorio de la forma en la cual los estudiantes estructuran sus ideas (Ladislada del Puy, 2012). Cuando un grupo está constituido por muchos alumnos un problema práctico es cómo procesar la información generada por tantos mapas conceptuales.

Una herramienta útil en este sentido es el Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC). Este instrumento permite, entre otros aspectos, integrar los mapas conceptuales que producen cada uno de los estudiantes en un mapa conceptual colectivo o grupal. Lo anterior se logra mediante la transformación de las proposiciones de cada mapa conceptual individual en un arreglo de renglones y columnas (matriz de asociación o matriz de datos). De esta forma, al sumar las matrices individuales se obtiene una matriz colectiva. A partir de la matriz grupal se puede optar por realizar diferentes análisis (gráficos Olmstead-Tukey, pruebas estadísticas, mapa conceptual colectivo), en los cuales se puede sustentar la toma de decisiones con respecto a un proceso de aprendizaje. El AEMC ha sido empleado como mecanismo de diagnóstico y evaluación de métodos o estrategias de aprendizaje, y en general es un mecanismo auxiliar para interpretar el significado colectivo del mapa conceptual que elaboran o completan estudiantes. El AEMC fue presentado en la publicación de González *et al.* (2006) y una revisión de sus aplicaciones se encuentra en Hermosillo *et al.* (2010). Sin embargo, el primer esbozo de esta herramienta fue presentado en González *et al.* (2004).

En esta ponencia retomamos esta primera publicación para realizar un análisis similar y profundizar en aspectos que no fueron abordados en ese momento, como el análisis de las frases enlace. Otra precisión es que los datos a comparar son de generaciones con una diferencia en dos décadas, ya que los datos empleados en González *et al.* (2004) fueron recolectados en 1994. En el trabajo de González *et al.* (2004) se utilizaron los mapas conceptuales para explorar la forma en que los alumnos de la muestra seleccionada asociaban palabras o conceptos esenciales en el contexto del programa de Biología IV de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este programa se sustituyó en 1996 por otro programa de estudios que conservó, para la asignatura de Biología IV, casi la totalidad de los contenidos. La diferencia se encuentra en un replanteamiento de abordaje de los contenidos con un enfoque de aprendizaje constructivista así como una reestructuración en el orden de los contenidos.

Por lo anterior, fue de nuestro interés aplicar la metodología del trabajo de González *et al.* (2004) a una muestra de la generación del 2014 y valorar si existían diferencias perceptibles entre ambas generaciones mediante el AEMC. Un punto clave fue la lista de palabras que se utilizó en el trabajo de González *et al.* (2004) para que los estudiantes elaboraran su mapa conceptual. Al analizarla, consideramos que era equivalente y válida, en el sentido de constituir un conjunto de conceptos mínimos que debe aprender un estudiante para el actual programa de estudios. Por otra parte también analizamos el tipo de asociaciones que se establecieron

entre los conceptos con un porcentaje de frecuencia de asociación mayor al 60% para tener otra perspectiva de interpretación, y enriquecer el AEMC.

2 Metodología

Este trabajo se realizó durante el ciclo escolar 2013-2014 con una población 31 estudiantes que cursaron la asignatura de Biología IV de 5° año de bachillerato. Para este trabajo no se consideró el tipo de escuela de la cual egresaron los estudiantes que participaron en la muestra, por ser muy pequeña, aunque se tomó nota de lo anterior para elaborar las tablas comparativas.

Durante el curso los estudiantes aprendieron a elaborar mapas conceptuales y el dato importante al respecto es que la construcción de los mapas conceptuales que analizamos en esta ponencia se elaboró al final del curso, para proporcionar un panorama de cómo estructuraron los estudiantes los conceptos proporcionados después de haber cursado la signatura de Biología IV.

La elaboración de los mapas conceptuales consistió en:

- Proporcionar la lista de 20 palabras ordenadas alfabéticamente y que corresponde al trabajo de González *et al.* (2004)
- Solicitarles que elaboraran un mapa conceptual en 50 minutos de clase con papel y lápiz. Esta lista se puede observar en la matriz de datos de la tabla 1. Una vez terminado ese lapso de tiempo entregaron su mapa conceptual elaborado.
- Los mapas conceptuales fueron revisados para detectar ambigüedades como el tipo de frases que empleaban o dificultades para interpretar el significado de las proposiciones en el mapa conceptual.
- En una sesión posterior se devolvió a cada estudiante el mapa conceptual que había elaborado. A continuación se le brindó asesoría sobre aspectos detectados en la construcción de su mapa conceptual
- Estas asesorías fueron grabadas en audio para complementar el análisis, aunque no forman parte de los resultados presentados en esta ponencia.
- Por último, se le solicitó al estudiante que con base en la asesoría brindada, reconstruyese su mapa conceptual y que lo trasladase a un formato digital para su entrega facilitando así su interpretación,

Un análisis preliminar de los mapas fue clasificar a los mapas elaborados mediante los criterios de la Taxonomía tipológica propuesta por Cañas y Novak (2006). Esto nos permitió garantizar que los mapas tenían un nivel aceptable en su estructura de construcción para ser incluidos en la investigación. Posteriormente los mapas conceptuales fueron procesados mediante el AEMC, transformando cada mapa en una matriz individual y obteniendo la matriz grupal y la gráfica de Olmstead-Tukey respectiva.

3 Resultados y discusión.

En la tabla 1 se muestran las frecuencias y porcentajes de los mapas conceptuales clasificados de acuerdo a la los niveles propuestos por la taxonomía topológica de Cañas y Novak (2006). De acuerdo a la tabla 87% de los mapas conceptuales presentaron un nivel de 3 o 4, lo cual es un indicador de que los mapas analizados presenten una calidad aceptable para el análisis que efectuamos.

Tabla 1: Resultado de la clasificación de los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes utilizando los criterios de la Taxonomía Topológica propuesta por Cañas y Novak, (2006)

Nivel Taxonómico	Frecuencia	Porcentaje
3	11	35
4	16	52
5	4	13
Total	31	100

En la Figura 1a, 1b y 1c se presentan ejemplos de los mapas conceptuales elaborados. La mayoría de los estudiantes eligió empezar la construcción del mapa a partir del concepto de ciencia o relacionado directamente con la misma. En la mayoría de los mapas conceptuales, los primeros conceptos que asocia tienen un vínculo directo con la primera unidad vista en el curso de Biología IV, la cual se titula *La Biología como ciencia*. El resto de los conceptos no reflejan de forma evidente el bloque de conceptos asociados a una unidad determinada.

En la tabla 2 se presenta la matriz de asociación resultante de los 31 mapas analizados. A partir de esta matriz se construyó la gráfica de Olmstead-Tukey que se muestra en la figura 2. La matriz de asociación

también fue útil para determinar cuáles de las asociaciones fueron las más empleadas por los estudiantes y que son analizadas y representadas en otra tabla posterior. La gráfica de Olmstead-Tukey muestra los conceptos clasificados en las cuatro categorías (Dominantes, Ocasionales, Constantes y Raros). Con base en esta información se procedió a realizar la comparación con los datos del trabajo de González *et al.* (2004) y que se muestran en la tabla 3.

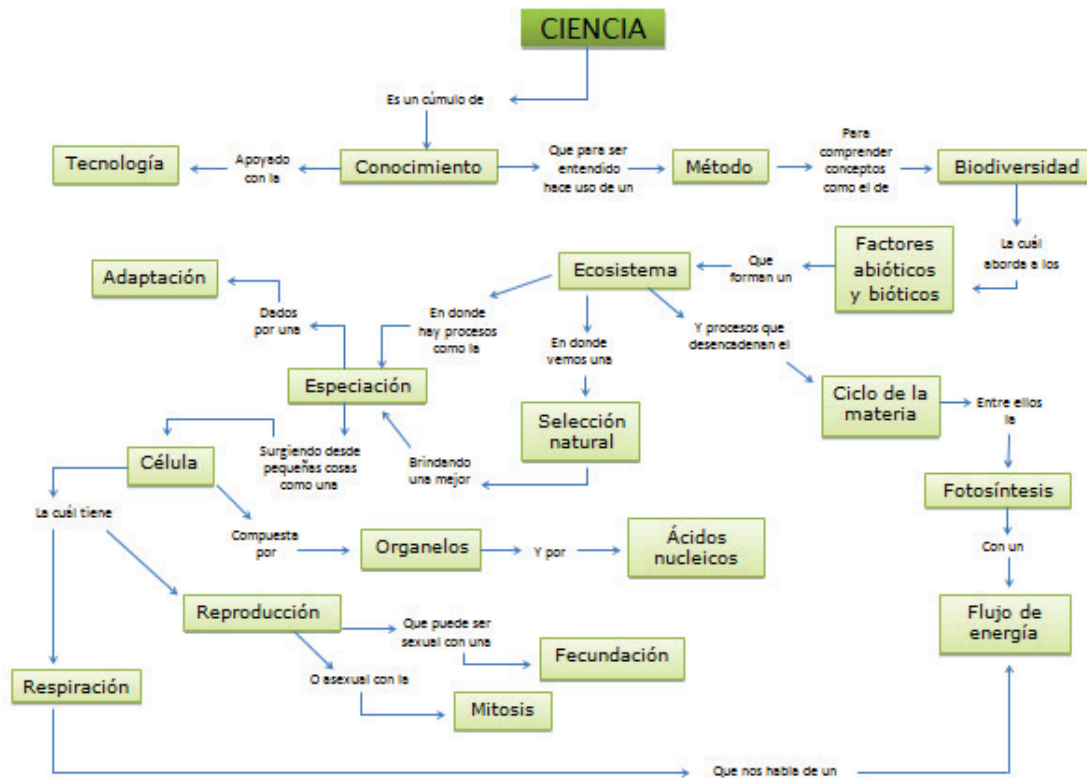


Figura 1a: Ejemplo de mapa conceptual elaborado por los estudiantes con el concepto de ciencia jerarquizado como el más importante.

De la revisión y análisis de esta tabla 3 fue que se decidió enfocarse a los conceptos dominantes y realizar la comparación de las tres poblaciones mencionadas en el trabajo de González *et al.* (2004), las cuales se muestran en la tabla 4. Tres conceptos resultaron comunes para estas poblaciones: *Célula*, *Ecosistema* y *Reproducción*.

Los dos programas de estudios coincidieron en incluir los aspectos relacionados con el concepto de ciencia en la primera unidad. En el caso del concepto de *Ecosistema* es abordado de forma secuencial distinta en los dos programas; en el programa anterior se ubicó al tema de ecosistema en la segunda unidad, en tanto que en el programa actual corresponde a la última unidad. El concepto de *Reproducción* coincide en ambos programas en ser abordado en la tercera unidad. El concepto de *Ciencia*, a pesar de no ser dominante en las diferentes poblaciones también coincidió en ser ubicado como ocasional.

En el trabajo de González *et al.* (2004) se sugería que el esfuerzo del docente se debería encaminar a establecer mayor número de relaciones que permitieran que el concepto de ciencia se ubicará de ser un concepto ocasional a uno dominante. Sin embargo, con base en la evidencia de esta investigación, consideramos que el que sea ocasional se debe a que el concepto es ubicado en la mayor jerarquía posible, por lo cual difícilmente en esa posición establecería un mayor número de relaciones que lo trasladarían a la categoría de *Dominio*.

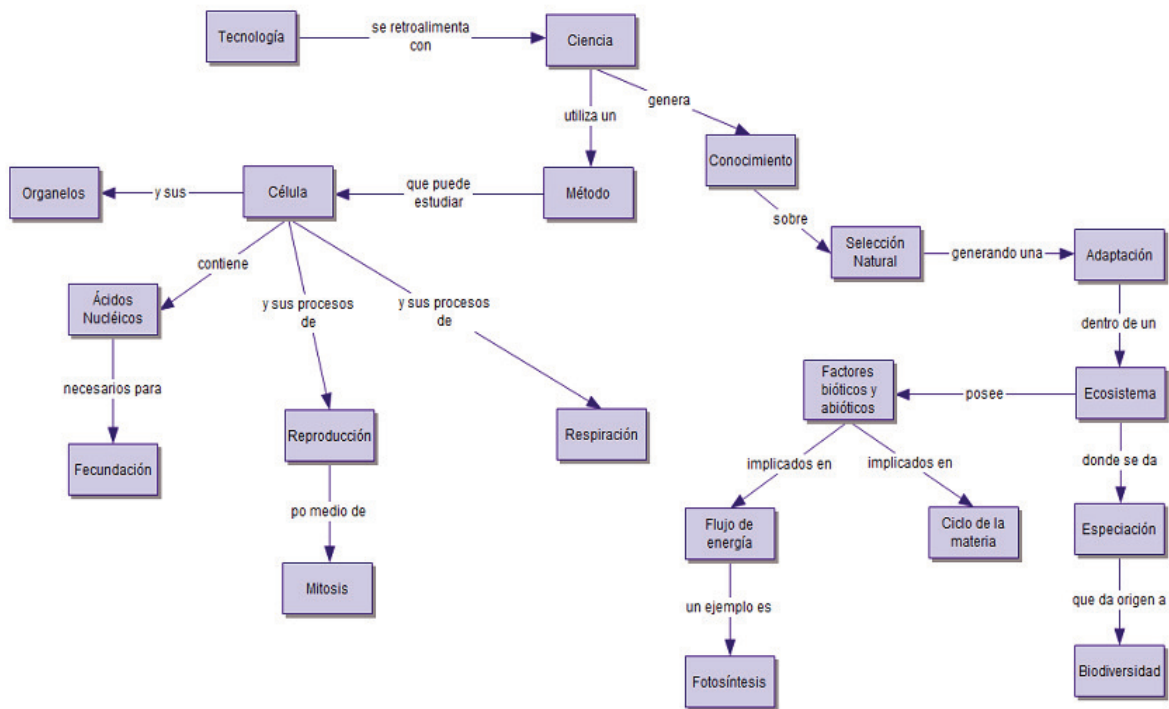


Figura 1b: Ejemplo de mapa conceptual elaborado por los estudiantes con el concepto de tecnología jerarquizado como el más importante.

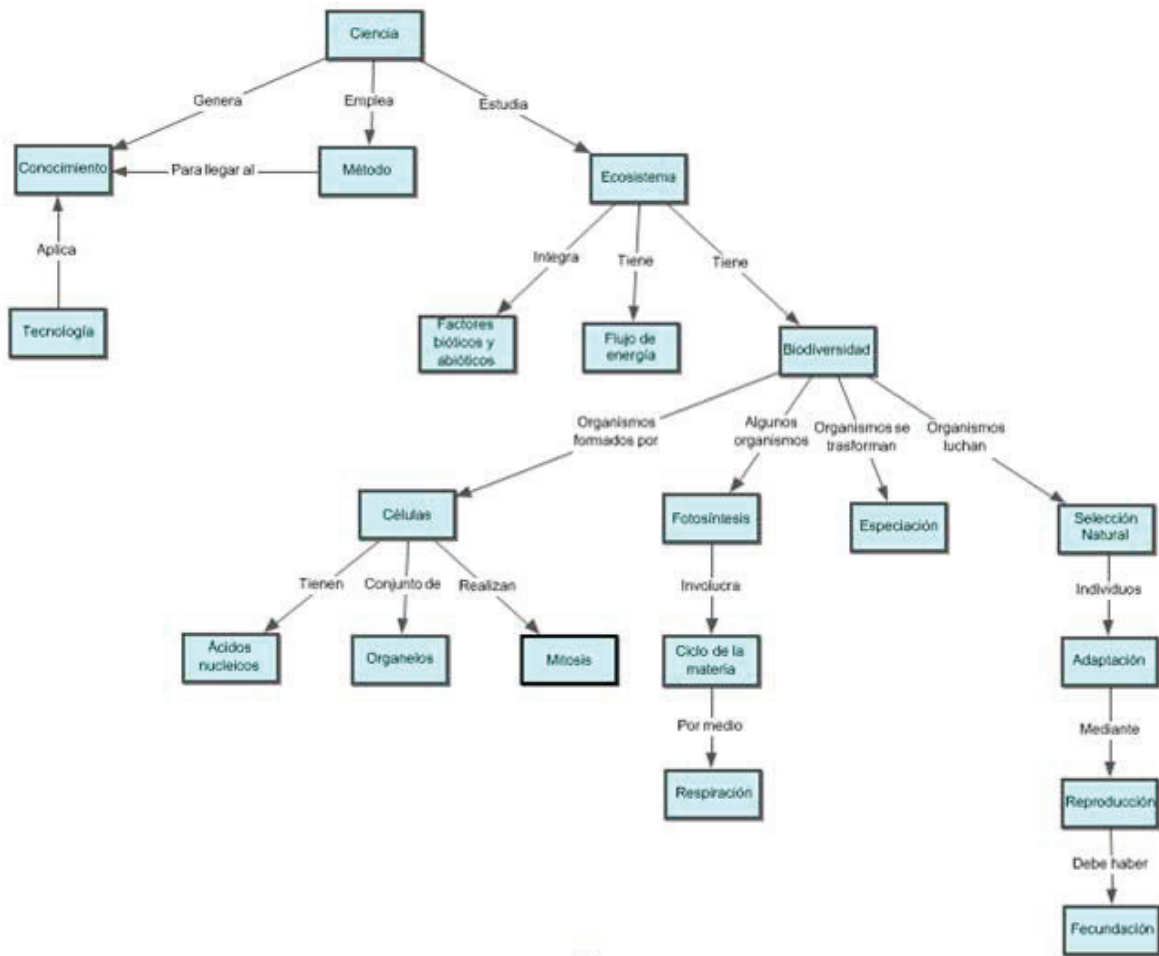


Figura 1c: Ejemplo de mapa conceptual elaborado por los estudiantes con el concepto de ciencia jerarquizado como el más importante.

En la tabla 5 se muestran un conjunto de caracterizaciones teóricas de los conceptos obtenidas en libros de bachillerato que consultaron los estudiantes en el curso. Estas argumentaciones nos sirvieron como parámetro para analizar las frecuencias de asociación más *populares* (mayor a 60%) entre los mapas conceptuales analizados.

En la tabla 6 se presenta el análisis de estas asociaciones clasificadas en dos categorías de acuerdo al conector o frase utilizada: *Incompleto* y *Adecuado*. Se consideró incompleto cuando el conector empleado en la proposición no era equivalente a los argumentos específicos mostrados en la tabla 5, ya fuese porque estuviese ausente alguna característica relevante o en estuviese en contradicción. Se consideró adecuada la asociación si era equivalente con los argumentos específicos de la tabla 5.

Tabla 2: Matriz de asociación grupal entre los 20 conceptos del programa de Biología IV. Las casillas sombreadas corresponden a las relaciones más altas entre los conceptos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL DE RELACIONES	FRECUENCIA DE RELACION	% FREQ. DE RELACION
	Ácidos nucleicos	Adaptación	Biodiversidad	Célula	Ciclo de la materia	Ciencia	Conocimiento	Ecosistema	Especiación	Fac. Abio y Bio	Fecundación	Flujo de Energía	Fotosíntesis	Método Científico	Mitosis	Organelos	Reproducción	Respiración	Selección Natural	Tecnología			
1	Ácidos nucleicos	2	1	2					1		3					1	2	1			13	8	40
2	Adaptación		1					5	10	1	3						3	2	6		31	8	40
3	Biodiversidad		5		2	1		10	7	2		1					2		7		37	9	45
4	Célula	14	2	2			3	1	2	1					6	22	9	9	1		75	13	65
5	Ciclo de la materia					3	1	2		1		4	13				1	3			24	6	30
6	Ciencia			2	3		19	1		1				21						24	71	7	35
7	Conocimiento	1	1	4	6	1	2		5					11			1	1	3	5	41	12	60
8	Ecosistema		1	10		9		1		5	25		7								63	8	40
9	Especiación	1	7	6	1				1		3						4	2	5		30	9	45
10	Fac. Abio y Bio		3	4	2	9		2	2			9	1				5	4	2		43	11	55
11	Fecundación	1			4	1			1	2							1				10	6	30
12	Flujo de Energía				1	7		2		1			11					6	1		29	7	35
13	Fotosíntesis					3					1	6				4					14	4	20
14	Método Científico	2		1	4		8	1												1	17	6	30
15	Mitosis	3			4						1						1				9	4	20
16	Organelos	6	1									1		1		1	5	7			21	6	30
17	Reproducción	1	1	3	1				3		21			22	2				1		55	9	45
18	Respiración				2							7	2		1	1					13	5	25
19	Selección Natural		11	2				3	2	1		2					1	1			23	8	40
20	Tecnología				1	10	11	1						3							26	5	25
	MEDIANA																				27.5		37.5

Destaca nuevamente el concepto de *ciencia* a pesar de no ser dominante, sino ocasional de acuerdo a la prueba de Olmstead-Tukey, y que corrobora lo mencionado anteriormente para el bloque de conceptos asociados con *ciencia*. De acuerdo a este análisis el concepto de *ecosistema* es clave para los estudiantes del curso de Biología IV por ser frecuentemente asociado y su adecuada forma de ser incorporado.

Consideramos que este sería un concepto previo que se debe abordar en conjunción con *ciencia*, quizá como ejemplo de aplicación de los conceptos de *Ciencia*, *Tecnología*, *Método Científico* y *Conocimiento*. El concepto de *Reproducción* presenta mayor número de asociaciones inadecuadas, en particular con el concepto de *Fecundación*. Quizá esto se debe a que otros estudios han señalado que constituye una concepción alternativa (Banet, 2000; Jiménez, 2007), y que es difícil de abordar.

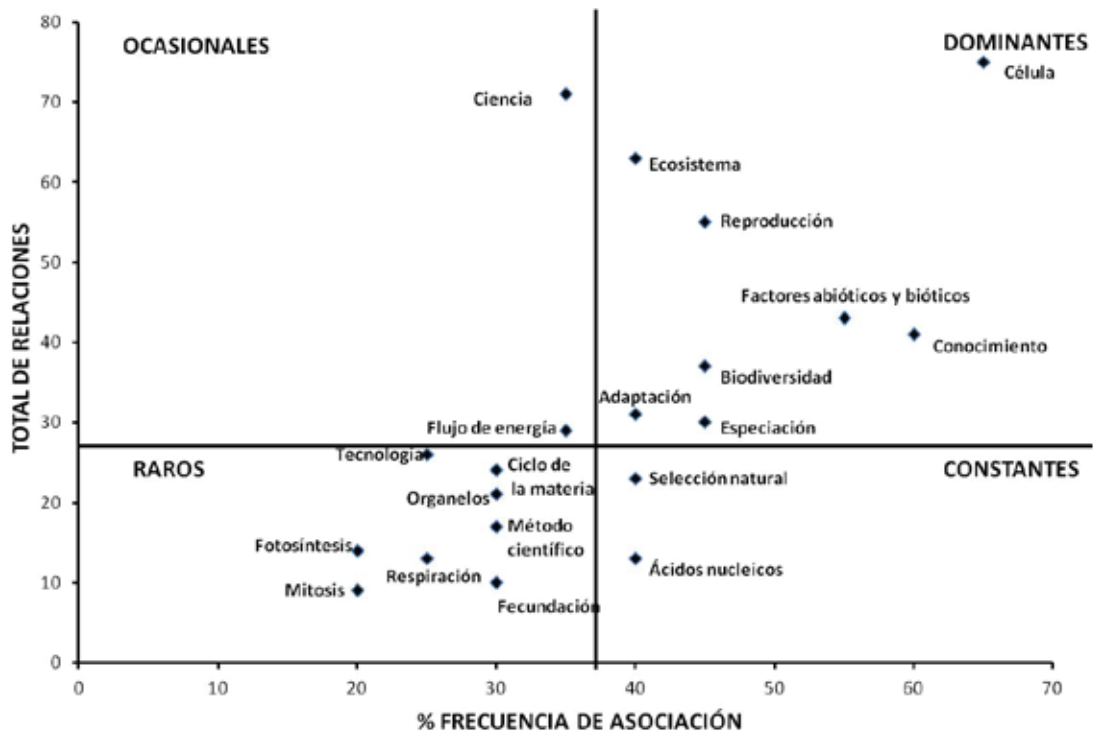


Figura 2: Clasificación de los conceptos mediante la prueba de asociación Olmstead-Tukey, aplicación 2014.

Tabla 3: Comparación de la clasificación de los conceptos de Biología obtenidos por medio de la prueba de asociación Olmstead-Tukey. Los datos corresponden a la aplicación en 2014 y de la referencia de González et al. (2004); estos últimos están ubicados por sector educativo de acuerdo a esta fuente.

Datos de la presente publicación			
Conceptos Dominantes	Conceptos Ocasionales	Conceptos Constantes	Conceptos Raros
biodiversidad	ciencia	ácidos nucleicos	método científico
célula	flujo de energía	selección natural	ciclo de la materia
conocimiento			fecundación
ecosistema			fotosíntesis
factores bióticos y abióticos			mitosis
reproducción			organelos
adaptación			respiración
especiación			tecnología
Datos de González et.al. 2004			
SEP			
célula	ciencia	adaptación	tecnología
ecosistema	conocimiento	fotosíntesis	especiación
reproducción	biodiversidad	factores bióticos y abióticos	ciclo de la materia
fecundación	método científico	respiración	organelos
selección Natural		mitosis	ácidos nucleicos
		flujo de energía	
Iniciación			
célula	ciencia	fotosíntesis	fecundación
ecosistema	conocimiento	adaptación	organelos
tecnología	reproducción	ciclo de la materia	flujo de energía
biodiversidad	método científico		mitosis
selección natural			especiación
			respiración
			factores bióticos y abióticos
			ácidos nucleicos
Particular			
célula	ciencia	ciclo de la materia	selección natural
ecosistema	conocimiento	fotosíntesis	fecundación
reproducción			método científico
biodiversidad			especiación
factores bióticos y abióticos			tecnología
adaptación			ácidos nucleicos
			mitosis
			organelos
			flujo de energía
			respiración

Tabla 4: Comparación de la clasificación de los conceptos *dominantes* de Biología, obtenidos por medio de la prueba de asociación Olmstead-Tukey. Los datos corresponden a la aplicación en 2014 y de la referencia de González et al. (2004); estos últimos están ubicados por sector educativo de acuerdo a esta fuente.

CONCEPTOS DOMINANTES	2014	Fuente González et al. 2004		
		SEP	INICIACIÓN	PARTICULAR
<i>Biodiversidad</i>	●		●	●
<i>Célula</i>	●	●	●	●
<i>Conocimiento</i>	●			
<i>Ecosistema</i>	●	●	●	●
<i>Factores bióticos y abióticos</i>	●			●
<i>Reproducción</i>	●	●		●
<i>Adaptación</i>	●			●
<i>Especiación</i>	●			

Tabla 5: Definiciones basadas en textos del bachillerato de conceptos con un porcentaje de frecuencia de asociación mayor al 60%.

Asociación de Conceptos	
Ecosistema <i>Los organismos de una comunidad y los factores abióticos asociados con los que están en interacción.</i>	Factores bióticos <i>Un componente vivo de una comunidad biológica, un organismo o un factor que están relacionados con un organismo u organismos.</i> Factores abióticos <i>Un componente no vivo de un ecosistema, tal como el aire, el agua o la temperatura.</i>
Ciencia <i>Campo del conocimiento, cuerpo de conocimientos, conjunto de teorías o explicaciones o como una actividad de investigación.</i> <i>Conjunto de conocimientos objetivos y verificables.</i>	Tecnología <i>Conjunto de conocimientos de orden práctico y científico que son utilizados para la obtención de bienes de utilidad práctica que pueden satisfacer las necesidades.</i>
Reproducción <i>Cualquier proceso reproductor, como la gemación o la división de una célula o de un organismo en dos o más partes aproximadamente iguales, en la que no intervienen la unión de gametos (Reproducción asexual)</i>	Mitosis <i>División nuclear caracterizada por la replicación de los cromosomas y la formación de dos núcleos hijos idénticos.</i>
Célula <i>Unidad estructural de los organismos, rodeada por una membrana y compuesta por citoplasma y en los eucariontes uno o más núcleos.</i>	Organelos <i>Cuerpo rodeado por membrana que se encuentra en el citoplasma de una célula.</i>
Reproducción <i>Reproducción en la que intervienen la meiosis y la fecundación (Reproducción sexual)</i>	Fecundación <i>Fusión de dos núcleos gaméticos haploides, forman el núcleo de un cigoto diploide.</i>
Ciencia <i>Es un campo del conocimiento, cuerpo de conocimientos, conjunto de teorías o explicaciones o como una actividad de investigación.</i> <i>Conjunto de conocimientos objetivos y verificables.</i>	Método científico <i>Conjunto de procedimientos y técnicas para alcanzar el conocimiento de un objeto.</i>
Ciencia <i>Campo del conocimiento, cuerpo de conocimientos, conjunto de teorías o explicaciones o como una actividad de investigación.</i> <i>Conjunto de conocimientos objetivos y verificables.</i>	Conocimiento <i>Proceso social mediante el cual el hombre elabora explicaciones acerca del mundo en que vive.</i>

Tabla 6: Análisis de la proposición de aquellos conceptos asociados que presentaron al menos 60% de porcentaje de frecuencia de asociación.

Asociación de Conceptos		Frecuencia	% de frecuencia	% Incompleto (a)	% Adecuado (b)
Ecosistema	Factores bióticos y abióticos	25	81	0	100
Ciencia	Tecnología	24	77	0	100
Reproducción	Mitosis	22	71	23	77
Célula	Organelos	22	71	14	86
Reproducción	Fecundación	21	68	57	43
Ciencia	Método científico	21	68	14	86
Ciencia	Conocimiento	19	61	11	89

Nota:
(a) Se consideró que un conector estaba incompleto si, la proposición que formaba carecía de al menos un elemento que permitiera inferir una argumentación científica válida.
(b) Se consideró que un conector era adecuado si, la proposición que formaba no contradecía o se oponía, al significado científico de la asociación de conceptos analizados.

4 Conclusiones

De acuerdo a los análisis realizados con el AEMC, el concepto de *Ciencia* es fundamental para la comprensión de un curso general de Biología para el bachillerato, ya que permite articular conceptos específicos de la Biología. Otros dos conceptos claves son los asociados con *Célula* y *Ecosistema*. El análisis de las frases que conectan a los conceptos nos permitió corroborar las anteriores afirmaciones derivadas del AEMC. Consideramos que esta puede ser una nueva herramienta que permita el análisis semántico en el contexto del AEMC.

Bibliografía

- Banet, E. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico. En F. J. Perales & P. Cañal de León (coordinadores) *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, (pp. 449-478). España: Editorial Marfil.
- 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. En 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.
- González Yoval, P., Hermosillo Marina, S., Chinchilla Sandoval, E., García del Valle, L. & Martínez, L. (2006). Aplicación de la Técnica de Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC) en un contexto de educación CTS. En A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*. Vol. 1 (pp. 40-47). San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- González, P., Hermosillo, S., Chinchilla, E., García, L & Verduzco, C. (2004). Valoración cuantitativa para evaluar mapas conceptuales. En Cañas, A. J., J. D. Novak & González, F. (Eds.) *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Vol. 1 (pp. 289- 294). Pamplona, España: Universidad Pública de Navarra.
- Hermosillo, S., González, P., García, L. & Martínez, I. E. (2010). Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC): Revisión de la evidencia empírica de 2004 al 2010. En J. Sánchez, A. Cañas & J. D. Novak (Eds.) *Concept Maps: Making Learning Meaningful Proc. of Fourth Int. Conference on Concept Mapping*. Santiago de Chile: Universidad de Chile-Lom Ediciones.
- Jiménez, M. P. (2007). La enseñanza y el aprendizaje de la Biología. En M. P. Jiménez (coordinadora) *Enseñar ciencias*. Barcelona, España: GRAO
- Ladislada del Puy, A. (2012). Los mapas conceptuales como herramientas de diagnóstico y tratamiento de errores conceptuales. En A. J. Cañas, J. D. Novak & J. Vanhear (Eds), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Fifth Int. Conference on Concept Mapping*. Valleta, Malta.
- Moreira, M. A. (2010). ¿Por qué conceptos? ¿Por qué aprendizaje significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? ¿Por qué mapas conceptuales? *Revista Currículum*, 23, 9-23.