

STRUCTURAL ANALYSIS OF CONCEPT MAPS (AEMC): EVALUATION OF THE PAJITEX MODEL AS A DIDACTIC RESOURCE FOR THE LEARNING OF NUCLEIC ACIDS

(ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE MAPAS CONCEPTUALES (AEMC): EVALUACIÓN DEL MODELO PAJITEX COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE ÁCIDOS NUCLEICOS)

Saulo Hermosillo Marina¹, Pablo González Yoval¹, Viviane Abreu de Andrade²

¹Escuela Nacional Preparatoria, UNAM, México, ²CEFET7RJ Instituto Oswaldo Cruz FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Brasil
Email: saulo@unam.mx, pyoval@unam.mx, kange@uol.com.br

Abstract A learning activity was designed that included the use of the Pajitex model. This is an analog model that allows a student to construct three-dimensional representations of nucleic acids. Their conceptual pertinence was evaluated in relation to the following aspects of DNA: general information, structure, processes and applications. The evaluation was carried out with a group of high school students who studied a subject of Biology. The concept map was used as an assessment tool, based on the Concept Map Analysis of Structures (AEMC). To achieve this, an expert concept map was elaborated, based on some of the learning resources considered in the activity. This concept map was modified by removing most of the concepts, and retaining the phrases links and architecture. This concept map was the one that was provided to the students so that they will complete it with a list of attached concepts. The application was made twice, at the beginning and end of the learning activity. According to the AEMC, the statistical test of χ^2 (chi square) was applied, and the calculation of frequencies and percentages was performed. From the analysis carried out, it is concluded that the Pajitex model is a didactic model that favors the learning of the DNA structure. The completion of the boxes on the first map by students increased from 41% to 84% on the second map. This difference was significant. ($\chi^2 = 29.3$, $gl = 15$, $p > 0.05$). The area in which the Pajitex model had a significant influence was the region of the concept map identified as the DNA structure. According to the results obtained, it is suggested to include as one of the tools of the AEMC, analysis by cognitive areas in the expert map

Resumen. Se diseñó una actividad de aprendizaje que incluyó el uso del modelo Pajitex. Este es un modelo analógico que permite a un estudiante construir representaciones tridimensionales de los ácidos nucleicos. Se evaluó su pertinencia conceptual con relación a los siguientes aspectos del ADN: información general, estructura, procesos y aplicaciones. La evaluación se realizó con un grupo de estudiantes de bachillerato que cursaron una asignatura de Biología. El mapa conceptual fue utilizado como instrumento de evaluación, basándonos en el Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC). Para lograrlo, se elaboró un mapa conceptual experto, con base en algunos de los recursos de aprendizaje considerados en la actividad. A este mapa conceptual se le modificó quitándole la mayoría de los conceptos, y conservando las frases enlaces y la arquitectura. Este mapa conceptual fue el que se proporcionó a los estudiantes para que lo completarán con una lista de conceptos anexa. La aplicación se realizó en dos ocasiones, al inicio y final de la actividad de aprendizaje. De acuerdo con el AEMC, se aplicó la prueba estadística de χ^2 (chi cuadrado), y se realizó el cálculo de frecuencias y porcentajes. Del análisis realizado, se concluye que el modelo de Pajitex es un modelo didáctico que favorece el aprendizaje de la estructura del ADN. El completado de las casillas del primer mapa por los estudiantes paso de 41% a 84% en el segundo mapa. Esta diferencia fue significativa. ($\chi^2 = 29.3$; $gl = 15$, $p > 0.05$). El área en la cual influyó de forma significativa el modelo de Pajitex, fue la región del mapa conceptual identificada como Estructura del ADN. De acuerdo con los resultados obtenidos, se sugiere incluir como una de las herramientas del AEMC, análisis por áreas cognitivas en el mapa experto.

Keywords: Evaluation, DNA model, Biology, AEMC, fill in map.

1 Introducción

El *Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC)* se ha utilizado como una herramienta auxiliar para interpretar y transformar un mapa conceptual en una matriz de asociación o relación. El componente principal de este instrumento se relaciona con la posibilidad de sumar matrices individuales a partir de mapas conceptuales transformados, para obtener una matriz grupal, la cual puede ser utilizada para facilitar diferentes tipos de análisis estadísticos. El AEMC ha sido aplicado para diagnosticar desde ideas previas en estudiantes, hasta valorar el aprendizaje de alumnos sobre contenidos científicos, así como las estrategias didácticas empleadas (González *et al.*, 2004; González *et al.* 2006). Un análisis de investigaciones relativas al AEMC en diferentes áreas del conocimiento se puede localizar en Hermosillo *et al.* (2010).

Una línea de investigación del AEMC es referente al tipo de mapa conceptual que Ruiz-Primo (2004) clasifica como *fill-in-map*, y que González *et al.* (2006) designan como mapa conceptual cerrado. Este tipo de mapa conceptual se fundamenta en la siguiente técnica de elaboración. Un especialista construye un mapa conceptual experto de algún tema. Posteriormente se seleccionan algunos conceptos y/o enlaces, los cuales son suprimidos del mapa experto. El mapa conceptual experto modificado es proporcionado al estudiante para que complete las piezas faltantes mediante una lista de conceptos y/o frases enlaces; la lista de piezas evita problemas de equivalencia

semántica entre los elementos propuestos por el mapa experto y el alumno (Hernández, 2005). En este caso, la matriz grupal de conceptos se obtiene al concentrar la información de cada mapa conceptual cerrado que fue completado por cada estudiante. La información que proporciona el mapa conceptual grupal y la matriz de conceptos permite determinar frecuencias de mención de cada concepto ya sea por azar o por certidumbre y contrasta hipótesis de tendencias o patrones (González *et al.*, 2006; Hermosillo, *et al.* 2014). Recientemente se han realizado capturas digitales de los mapas cerrados que permita obtener matrices de conceptos de forma más eficiente, (González *et al.*, 2016).

El AEMC ha sido empleado para evaluar representaciones tridimensionales (Hermosillo *et al.*, 2014), investigación en la cual se compararon modelos analógicos y digitales de la estructura del operón, un modelo del funcionamiento de los genes. Para este trabajo, analizaremos la comprensión de la estructura y función del ácido desoxirribonucleico (ADN) empleando el modelo didáctico Pajitex (Abreu de Andrade *et al.*, 2011). Este modelo analógico permite hacer representaciones tridimensionales de ácidos nucleicos. El modelo de la molécula de ADN fue propuesto por James Watson y Francis Crick en 1953 con la publicación de su artículo en la revista *Nature*. El modelo consta de una doble cadena de polinucleótidos en forma de una escalera de caracol o hélice. Cada cadena tiene un eje azúcar-fosfato que corresponde al pasamanos de la escalera y los escalones están representados por las uniones de bases nitrogenadas que son: adenina con timina y guanina con citosina. También se pueden representar cadenas de ARN que son sencillas y se sustituye la timina por uracilo, (Watson y Berry, 2003) El modelo original fue construido con material metálico, representando cada una de sus partes. En el caso de Pajitex, se intenta hacer una representación general de la estructura del ADN, sustituyendo lo metálico por material reutilizable de bajo costo, que sirva como modelo didáctico en las escuelas.

Por lo general, la comprensión de estructuras moleculares constituye un problema recurrente en la enseñanza de las ciencias, por la carga cognitiva abstracta del contenido. Castro (2011) considera que estas dificultades se pueden afrontar mediante la construcción y comprensión de modelos. La modelización es una de las estrategias recurrentes en la enseñanza de la biología. La enseñanza de la biología molecular utiliza modelos mecanicistas que permite explicar y entender aquello que no se puede observar a simple vista, tal es el caso de las estructuras moleculares. Márquez y Sarda (2008), consideran que es importante utilizar maquetas en el estudio de los seres vivos. Señala que el proceso de construir maquetas requiere el uso de un lenguaje representacional no verbal ayuda a concretar ideas y tomar decisiones sobre recursos que permiten construir al modelo. La tridimensionalidad es otro aspecto que favorece el planteamiento de preguntas diferentes y la problematización de aspectos espaciales. Asimismo, la construcción de la maqueta en grupo promueve una comunicación efectiva entre el alumnado, ya que debe tomar decisiones en relación con una problemática común.

En síntesis, en este trabajo se utilizó el AEMC como instrumento de evaluación del modelo didáctico denominado *Pajitex*, el cual permite a un estudiante construir moléculas de ADN y/o ARN con material reutilizable. La ventaja de utilizar este modelo didáctico es facilitar la comprensión de una temática que se considera difícil en la enseñanza de las ciencias, que es la genética y su relación con la síntesis de proteínas. La idea de emplear a *Pajitex* es contribuir a que, mediante el proceso de construcción de la molécula de ADN y/o ARN, el alumno pueda representar y trabajar en tres dimensiones y de forma dinámica, algunos conceptos relacionados con la estructura y función de los ácidos nucleicos. Por lo cual, el propósito de este trabajo es analizar y comentar los resultados obtenidos al evaluar, por medio del AEMC, el modelo de *Pajitex*, el cual fue aplicado a estudiantes de bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). De forma consecutiva, el valorar si este tipo de aprendizaje, mediado por la construcción de modelos, en que proporción se refleja en el completado del mapa conceptual experto.

2 Metodología

2.1 Aplicación del Modelo para la Construcción de la Molécula de ADN

La muestra estudiantil que participó en esta investigación estuvo constituida por 16 estudiantes, 10 mujeres y 6 hombres, cuya edad osciló entre los 17 y 18 años. Los alumnos estuvieron inscritos en la asignatura de Temas Selectos de Biología, la cual está ubicada en el último grado del bachillerato en el plantel 2 de la ENP, institución que forma parte del sistema de educación media superior de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La asignatura incluye como uno de sus contenidos el tema de Genética Molecular en la unidad de estudios: Interacción: Bioquímica, Ingeniería Genética y Biotecnología. Se considera prioritario el concepto de

estructura y función del ADN para abordar aplicaciones en la ingeniería genética, terapia génica, biotecnología y medicina (ENP, 1996).

Abreu de Andrade *et al.* (2011) precisan en su descripción del modelo Pajitex que es “...un modelo didáctico tridimensional para la enseñanza de ácidos nucleicos (ADN y ARN) a partir de materiales de bajo coste, como: pajitas de refresco, tijeras, elástico látex y aguja; de simple manipulación y de fácil adquisición en el mercado” (p.115). Destacan la importancia del uso de este modelo en la enseñanza de conceptos relacionados con ácidos nucleicos y problemáticas asociadas a la replicación semiconservativa de la molécula de ADN, transcripción, recombinación genética, transgénicos y terapia genética, entre otros.

En la figura 1 se muestra el modelo de Pajitex que fue modificado y elaborado por los alumnos de esta muestra de estudio. Entre las adaptaciones al modelo original destaca la referente a incluir botones o botonaduras que representan la molécula de desoxirribosa, y cuentas de madera que corresponden a los grupos fosfato. El modelo original representa estas estructuras solo con amarres en el hilo elástico.

2.2 Desarrollo de la Estrategia

Se diseñó una actividad de aprendizaje para los alumnos sustentada en el uso del modelo Pajitex en el salón de clases. El encuadre de la actividad se realizó mediante una entrada de blog que permitió describir el desarrollo de esta (<http://biologiavpn2.blogspot.mx/2018/04/que-es-el-adn.html>). Fue durante esta sesión que se aplicó por primera vez el mapa conceptual cerrado, aspecto que se detalla en párrafos posteriores. También en esta sesión se conformaron equipos de tres integrantes y se les planteó preguntas foco relacionadas con la molécula de ADN. Dichas preguntas fueron: ¿Qué es el ADN?, ¿Cuál es la estructura del ADN?, ¿Cuál es la función del ADN? y ¿Cuál es su importancia en diversos campos como el médico o alimenticio?, las cuales sirvieron como base en el desarrollo de la actividad de aprendizaje.

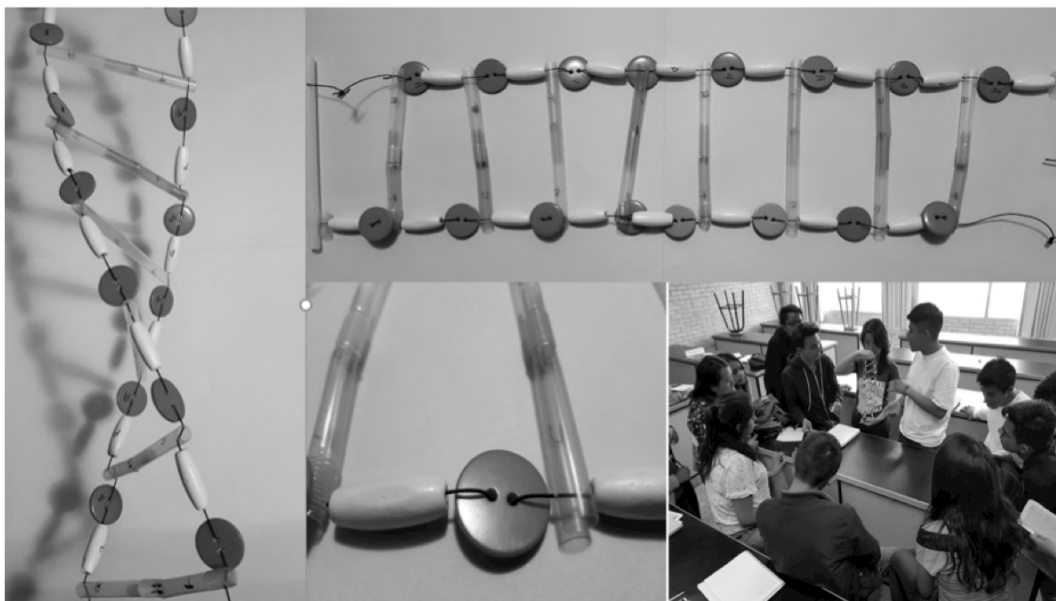


Figura 1. Modelo Pajitex para la construcción de una molécula de ADN. Se presentan adaptaciones al modelo original en la forma de representar la desoxirribosa (botón) y el grupo fosfato (cuenta de madera). Los alumnos lo utilizaron para entender la estructura del ADN.

En la siguiente sesión se proyectaron en el aula dos videos introductorios y de esta forma comunicar de forma audiovisual los antecedentes y descripción de la estructura del ADN. Estos vídeos fueron incluidos posteriormente en otra entrada del blog. A continuación, se proporcionó a cada equipo los materiales necesarios para construir las moléculas de ADN sugeridos en el modelo Pajitex. La instrucción a los estudiantes fue que utilizaran la información

de los vídeos como guía en la construcción de las moléculas de ADN. El tiempo empleado, incluida la proyección de los vídeos y la construcción del modelo, fue de dos sesiones de 50 minutos cada una.

En una segunda etapa, los alumnos observaron en el aula tres videos que describen procesos y aplicaciones de la molécula del ADN: Duplicación. Transcripción, Transgénicos y Terapia Génica. Los vídeos fueron incluidos en el blog una vez que fueron proyectados. A cada equipo se le asignó una temática, y se solicitó que la explicaran haciendo uso del modelo Pajitex que construyeron. La actividad permitió que se hiciera uso del modelo y que, mediante una discusión grupal, los alumnos entendieran las características de las problemáticas asociadas a algunas de las tecnologías derivadas del conocimiento del ADN.

2.3. Diseño del Mapa Conceptual y Aplicación del AEMC

Se elaboró un mapa conceptual experto a partir de los 2 videos introductorios. El mapa conceptual experto incluyó 28 conceptos (figura 2), a partir del cual se elaboró un mapa conceptual cerrado para aplicación, que conservó cinco conceptos como organizadores previos, las frases enlaces y la arquitectura del mapa conceptual experto (figura 3). A este mapa conceptual cerrado modificado se le añadió una lista de 30 conceptos en orden alfabético, que incluyó 23 conceptos del mapa experto y siete conceptos distractores. Este fue el mapa conceptual modificado, a partir del experto, que le fue proporcionado a cada estudiante para completar, como se aprecia en la figura 3. Esta idea de utilizar los conceptos y frases enlaces como organizadores previos ya ha sido aplicada en otras investigaciones (consultar Hermsillo *et al.*, 2010), y parte de la premisa de emplearlos como “puentes cognitivos”, como lo expresa Moreira (2008:24), al interpretar a Ausubel, que “la principal función del organizador previo es la de servir de puente entre lo que el aprendiz ya sabe y lo que él debía saber con el fin de que el nuevo material pudiera ser aprendido de forma significativa”.

El mapa conceptual modificado se proporcionó a cada alumno en dos momentos para que lo completarán. La primera aplicación fue al inicio de la primera sesión, antes del encuadre. Los alumnos ya tenían la habilidad, por actividades previas en el curso, para completar este tipo de mapa conceptual. La segunda aplicación se realizó al final del trabajo, posterior a la presentación y discusión grupal de las temáticas asociadas a la molécula de ADN, haciendo uso del modelo Pajitex. El tiempo de duración de la aplicación de las plantillas fue de 30 minutos, aproximadamente en cada momento

Para el análisis de resultados, de acuerdo con el AEMC, se realizó el cálculo de frecuencias y porcentajes. Asimismo, se aplicó la prueba de χ^2 (chi cuadrado) en algunos casos, detallados en los resultados, para establecer si hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) con base en las tablas de χ^2 de Steel y Torrie (1993).

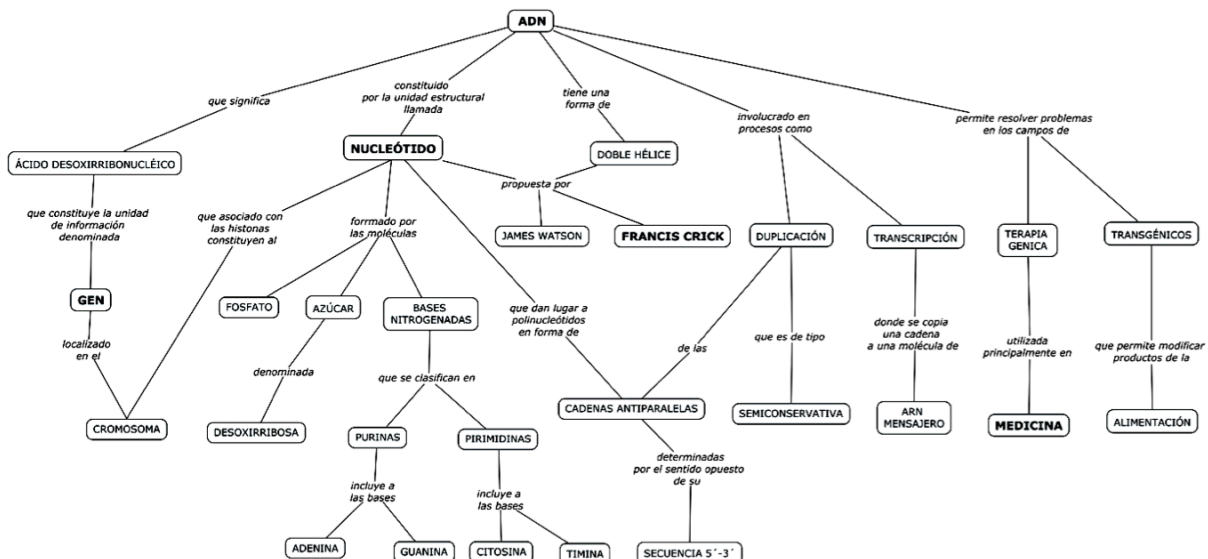


Figura 2. Mapa conceptual cerrado experto elaborado con base en los dos primeros vídeos proyectados a los estudiantes. Las casillas con negritas corresponden a los conceptos que permanecieron en el mapa conceptual proporcionado a los estudiantes.

DIAGNOSTICO SOBRE EL TEMA: ¿QUÉ ES EL ADN?

Nombre del alumno: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: A continuación, se te proporciona un mapa conceptual que deberás llenar, haciendo uso de la lista de conceptos que se ubica a la izquierda de la hoja. No es necesario llenarlo completamente, solamente aquello que recuerdes y consideres que es correcto.

LISTA DE CONCEPTOS:

1. ÁCIDO DESOXIRIBONUCLEÍCO
2. ÁCIDO RIBONUCLEÍCO
3. ADENINA
4. ALIMENTACIÓN
5. AMINOÁCIDOS
6. ARN MENSAJERO
7. AZÚCAR
8. BASES NITROGENADAS
9. CADENAS ANTIPARALELAS
10. CITOSINA
11. CONSERVATIVA
12. CROMOSOMA
13. DESOXIRIBOSA
14. DOBLE HÉLICE
15. DUPLICACIÓN
16. FOSFATO
17. GUANINA
18. JAMES WATSON
19. PIRIMIDINAS
20. PURINAS
21. RIBOSA
22. ROSALIN FRANKLIN
23. SECUENCIA 5'-3'
24. SEMICONSERVATIVA
25. TERAPIA GENICA
26. TIMINA
27. TRADUCCIÓN
28. TRANSCRIPCIÓN
29. TRANSGÉNICOS
30. URACILO

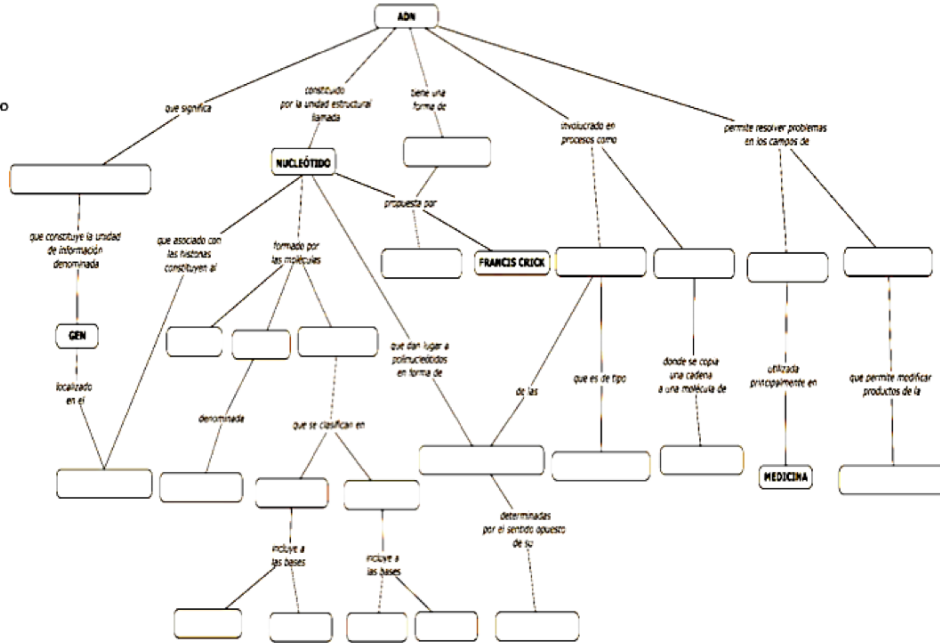


Figura 3. Mapa conceptual experto modificado que fue el que se proporcionó a los estudiantes. Se destacan cinco conceptos como organizadores previos y una lista de 30 conceptos a elegir por los alumnos para ser colocados en las casillas.

3 Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados de las frecuencias y porcentajes de aciertos antes y después de aplicar el modelo de Pajitex. El número de la muestra es de 16 mapas conceptuales, y los conceptos a completar fueron 23. Al aplicar la prueba estadística de χ^2 se encontró que hubo diferencias significativas en el completado de las casillas antes y después de la aplicación del modelo de Pajitex ($\chi^2 = 29.3$; $g.l = 15$, $p > 0.05$). Lo anterior lo interpretamos en el sentido de que la actividad realizada con el modelo Pajitex, favoreció el que una proporción de estudiantes pudiesen completar de forma más adecuada el mapa conceptual, como muestran los datos de la tabla 1.

Frecuencias y porcentaje de conceptos completados correctamente por los estudiantes de acuerdo con el mapa experto	Antes de aplicar el modelo Pajitex	Después de aplicar el modelo Pajitex	Diferencia entre antes y después de aplicar el modelo Pajitex
Frecuencia mínima	4	11	7
Frecuencia máxima	16	22	6
Promedio de frecuencia	9.5	18.8	9.3
Porcentaje de frecuencia	41	81.8	40.8

Tabla 1 Frecuencias y promedios de los mapas conceptuales completados por los alumnos antes y después de la aplicación del modelo Pajitex. El número de mapas resueltos fue de 16 en cada aplicación, y los conceptos correctos, de acuerdo al mapa conceptual experto fue de 23. La diferencia en la frecuencia de completado fue significativa antes y después de aplicar el modelo ($\chi^2 = 29.3$; $g.l = 15$, $p > 0.05$).

Al analizar los 23 conceptos, por medio de la prueba de χ^2 , se encontró que, con excepción de cuatro conceptos, los 19 restantes presentaron diferencia significativa en la frecuencia de completado antes y después de la aplicación del modelo. En la tabla 2 se muestran los datos de los conceptos que no presentaron una diferencia significativa. Esto sugiere, por los valores de completado en ambas aplicaciones, que el concepto de *Ácido ribonucleico* ya era manejado por los alumnos antes de la aplicación del modelo Pajitex. En el caso de los conceptos de *James Watson* y *Transcripción*, estos eran manejados por los estudiantes (75% y 56.2% respectivamente), pero la actividad con el modelo Pajitex no modificó la proporción de completado; nula en el concepto de *James Watson*, y escasa en el concepto de *Transcripción* (6.3%). El concepto de *Semiconservativa* no fue identificado por la mayoría de los estudiantes, ni antes ni después de la aplicación del modelo Pajitex (93.8%).

Conceptos que no presentaron diferencia significativa	Frecuencia (porcentaje) antes de aplicar el modelo Pajitex	Frecuencia (porcentaje) después de aplicar el modelo Pajitex	χ^2 calculado < χ^2 tablas gl = 1, p > 0.05
Ácido desoxirribonucleico	16 (100 %)	16 (100 %)	0 < 3.8
James Watson	12 (75 %)	12 (75 %)	0 < 3.8
Transcripción	9 (56.2 %)	10 (62.5 %)	0.1 < 3.8
Semiconservativa	1 (6.2 %)	1 (6.2 %)	0 < 3.8

Tabla 2 Frecuencias y porcentajes de los conceptos que no registraron una diferencia significativa en el completado correcto del mapa conceptual, antes y después de la aplicación del modelo Pajitex. La tabla de contingencia de 2 x 2 fue ajustada de acuerdo lo sugerido por Steel y Torrie (1993) para frecuencias de datos menores a 5 para el 20% de las casillas.

Al analizar el mapa conceptual experto, como en la investigación del modelo de operación de Hermosillo *et al.* (2004), se ubicaron tres categorías o regiones que serían las siguientes: *Información General* (figura 4), *Estructura del ADN* (figura 5), y *Procesos y Aplicaciones* (figura 6).

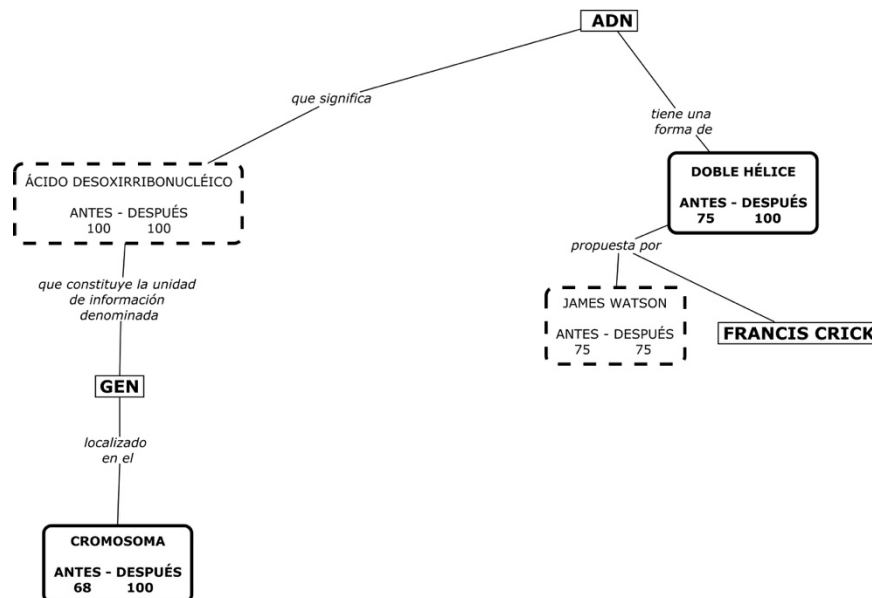


Figura 4. Región del mapa conceptual experto denominada como *Información General* que muestra los porcentajes de completado para cada concepto antes y después de la aplicación del modelo de Pajitex. Los conceptos encerrados con línea intermitente fueron *no significativos*, en tanto que los conceptos encerrados con línea continua fueron significativos para la prueba de χ^2 (gl= 1, p > 0.05).

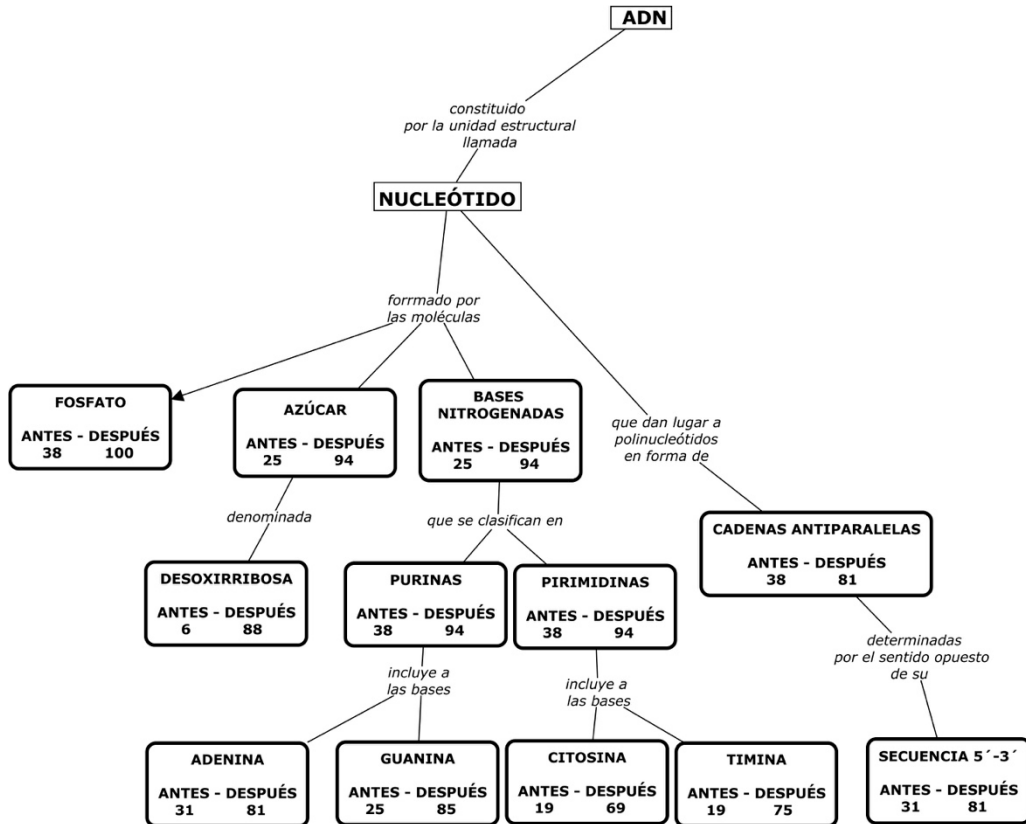


Figura 5. Región del mapa conceptual experto denominada *Estructura del ADN* que muestra los porcentajes de completado para cada concepto antes y después de la aplicación del modelo de Pajitex. Todos los conceptos presentaron diferencia significativa para la prueba de χ^2 ($gl= 1, p > 0.05$).

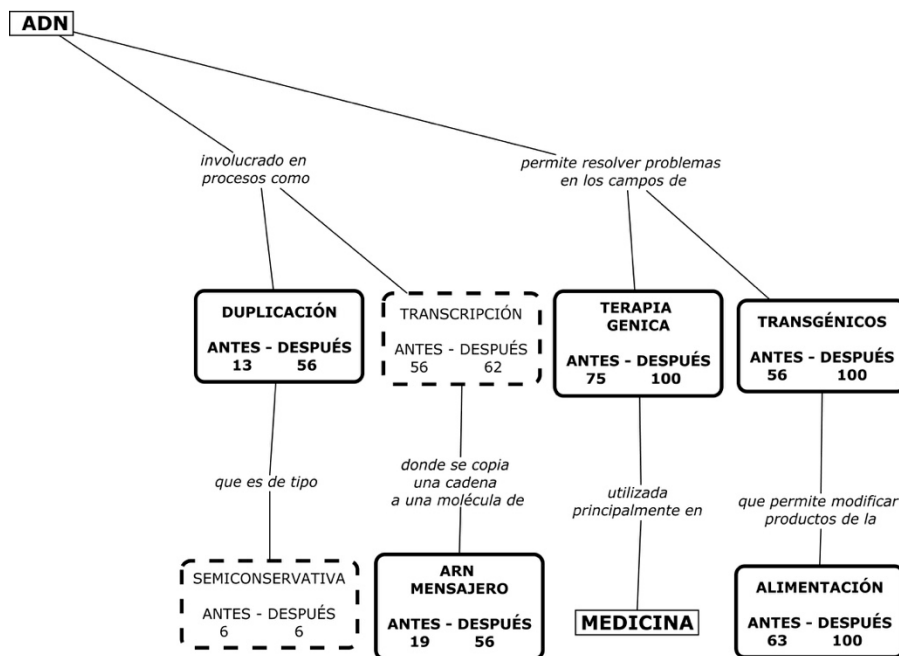


Figura 6. Región del mapa conceptual experto denominada *Procesos y aplicaciones* que muestra los porcentajes de completado para cada concepto antes y después de la aplicación del modelo de Pajitex. Los conceptos encerrados con línea intermitente fueron no significativos, en tanto que los conceptos encerrados con línea continua fueron significativos para la prueba de χ^2 ($gl= 1, p > 0.05$).

Con base en estas categorías se procedió a realizar análisis. Los datos de frecuencia y porcentaje se muestran en la tabla 3 y los resultados de las pruebas estadística en la tabla 4.

Regiones del mapa conceptual (número de conceptos que agrupa la categoría)	Frecuencia (porcentaje) de casillas completadas correctamente antes de aplicar el modelo Pajitex	Frecuencia (porcentaje) de casillas completadas correctamente después de aplicar el modelo Pajitex	Diferencia [Frecuencia (porcentaje)] de casillas completadas correctamente entre antes y después de aplicar el modelo Pajitex
Información general (4 conceptos)	51 (79.7 %)	60 (93.8 %)	9 (44.1%)
Estructura del ADN (12 conceptos)	53 (27.6 %)	165 (85.9 %)	112 (58.3%)
Procesos y aplicaciones (7 conceptos)	47 (41.1 %)	77 (88.8 %)	30 (27.7%)

Tabla 3 Frecuencias y porcentajes de completado de las casillas del mapa conceptual, antes y después de la aplicación del modelo Pajitex, agrupados con base en las categorías en las cuales se clasificó el mapa conceptual experto.

Categorías involucradas en la prueba estadística de χ^2	Resultado de la prueba χ^2
a) Información general, b) Estructura del ADN, c) Procesos y aplicaciones.	16.9, (gl=2, p > 0.05) <i>significativa</i>
a) Información general y b) Estructura del ADN,	15.9, (gl=1, p > 0.05) <i>significativa</i>
a) Información general, c) Procesos y aplicaciones	2.6, (gl=1, p > 0.05) <i>no significativa</i>
b) Estructura del ADN, c) Procesos y aplicaciones.	6.3, (gl=1, p > 0.05) <i>significativa</i>

Tabla 4. Resultados de la prueba χ^2 ; primero entre las tres categorías y después por parejas de categorías.

La interpretación a los datos de las tablas 3 y 4 es que las categorías fueron influenciadas de forma diferente por el modelo de Pajitex. La categoría, Estructura del ADN, fue la que registro un incremento significativo del completado de las casillas del mapa conceptual proporcionado a los estudiantes, e incluso al compararla con las otras dos categorías, Información general, Procesos y aplicaciones.

Desde esta perspectiva, los análisis anteriores del completado del mapa conceptual corroboran que el modelo de Pajitex contribuye de forma significativa a facilitar el aprendizaje de la estructura del ADN. Sin embargo, también sugieren estos análisis que es necesario modificar los recursos o las actividades para que lograr el aprendizaje de algunos de los procesos en los que interviene el ADN, cómo es el de transcripción. Quizá en ese sentido el mapa conceptual debiera incluir más conceptos asociados a este proceso, así como del tipo de duplicación, y no tanto del concepto semiconservativa. Por último, el concepto de Ácido desoxirribonucleico estuvo presente en la estructura cognitiva de los estudiantes que completaron el mapa conceptual, por lo cual debe incluirse como organizador previo en el mapa conceptual a resolver por los estudiantes.

4 Conclusiones

La aplicación del AEMC permitió establecer análisis estadísticos que corroboraron que el modelo de Pajitex es un modelo didáctico que favorece el aprendizaje de algunos conceptos relacionados con la estructura del ADN. Asimismo, la estrategia de dividir el mapa conceptual experto por regiones de conocimiento facilitó la interpretación

de los resultados, y que esta correlacionada y sustentada con el análisis estadístico de concepto por concepto. De esta forma, una contribución al AEMC sería el utilizar análisis, por regiones cognitivas, en mapas expertos.

Referencias

- Abreu de Andrade, V., & Castello Branco da Cunha, K., & Vianna Barbosa, J. (2011). "Pajitex": Una Propuesta de Modelo Didáctico para la Enseñanza de Ácidos Nucleicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (1), 115-124.
- Castro, M. J. (2011). El Modelo del Operon LAC 1 50 Años Después. ¿Qué Implicaciones tiene en la Enseñanza de la Biología Hoy? *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza* 4, 7: 100-110. Recuperado el 9 de mayo de 2018 en: revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/809/1737
- ENP (1996) *Programa de Temas Selectos de Biología*. ENP-UNAM. Recuperado el 11 de mayo de 2018 en: <http://www.dgenp.unam.mx/planesdeestudio/sexta/1711.pdf>
- 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.
- 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. In Cañas, A. J., Novak, J. D., Eds. (2006). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*. Vol. 1. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. pp. 40-47.
- González Yoval, P., Hermosillo Marina, S., & García del Valle, L. (2016). AEMC: Procedimiento para Incrustar un Mapa Conceptual en Formularios Asociados a una Hoja de Cálculo (FORCAL-MAP). *Innovating with Concept Mapping Proc. of the Seventh Int. Conference on Concept Mapping Tallinn, Estonia*. Recuperado el 7 de mayo de 2018 en: <http://cmc.ihmc.us/cmc2016papers/cmc2016-p116.pdf>
- 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. J. Cañas y 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.
- Hermosillo, S., González, P. y García, L. (2014). Análisis Estructural de Mapas Conceptuales (AEMC): Valoración Cuantitativa de la Comprensión del Modelo de Operón en Estudiantes de Bachillerato. En In P. Correia, M. E. I. Malachias, A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds), *Concept Mapping to Learn and Innovate. Proc. of the Sixth Int. Conference on Concept Mapping*, Santos, Brazil: Universidade de São Paulo. Recuperado el 11 de mayo de 2018 en: <http://cmc.ihmc.us/cmc2014Proceedings/cmc2014%20-%20Vol%201.pdf>
- Hernández Forte, V. (2005). *Mapas Conceptuales. La Gestión del Conocimiento en la Didáctica*. México: Alfaomega.
- Márquez B, C. & Sarda J., A. & (2008). El Uso de Maquetas en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje del Sistema Nervioso. *Revista Alambique* (58), 67-76.
- Moreira, M. A. (2008) Organizadores Previos y Aprendizaje Significativo. (Advanced Organizers and Meaningful Learning). *Revista Chilena de Educación Científica*, 7 (2), 23-30.
- Ruiz-Primo, M. A. (2004). Examining Concept Maps as an Assessment Tool. En A. J. Cañas, J. D. Novak, y F. González (editores). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*. Vol. 1. (pp. 555-562) Pamplona, España: Universidad Pública de Navarra.
- Steel, R. & Torrie, J. (1993). *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. Mc. Graw Hill. México.
- Watson, J. & Berry, A. (2003) *ADN, el Secreto de la Vida*. Taurus. España.