

# REFLEXIONES METACOGNITIVAS DE LOS ALUMNOS EN UN EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL MODELO DIDÁCTICO ANALÓGICO SOBRE TEORÍA DE SISTEMAS EN LOS SERES VIVOS.

GRECO<sup>1</sup>, MARCELA y GALAGOVSKY<sup>2</sup>, LYDIA

<sup>1</sup> Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias, Orientación Biología, Facultad de Humanidades, Universidad de General San Martín (UNSAM), San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN), Universidad de Buenos Aires (UBA). Pabellón 2. Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina.

---

**Palabras clave:** Analogías; Metacognición; Modelo didáctico analógico; Representaciones mentales.

## OBJETIVOS

Evaluar la efectividad del aprendizaje de los alumnos durante y después de la aplicación de un Modelo Didáctico Analógico, mediante la indagación del nivel de toma de conciencia sobre sus propios obstáculos de aprendizaje y los logros obtenidos en cada actividad.

## MARCO TEÓRICO

### Desde las ciencias cognitivas

Se afirma que los sujetos nos relacionamos con el mundo que nos rodea y nos podemos comunicar con otros sujetos por nuestra habilidad cognitiva de construir representaciones mentales. Estas representaciones son visiones que las personas tienen del mundo, de sí mismas, de sus propias capacidades, de lo que los demás esperan de ellos; se forman en la interacción con el medio y con los otros y poseen poder predictivo y explicativo. Por ello, se considera que se constituyen en modelos mentales (Johnson-Laird, 1996) a partir de los cuales los sujetos pueden procesar y dar significado, o no, a nueva información.

Se afirma, asimismo, que la característica fundamental del pensamiento humano es su capacidad de correlacionar informaciones entre un dominio base y un dominio destino; esto implica que la habilidad de los sujetos humanos para aprender se relaciona con su posibilidad cognitiva de establecer analogías.

### Desde la didáctica de las ciencias

Acordamos con Benjamín Sierra Díez (1995) que una analogía es:

“...el procedimiento cognitivo que consiste en recurrir a un dominio de conocimiento para conocer o comprender mejor otro dominio total o parcialmente desconocido. Es decir, la analogía es un procedimiento que permite transferir conocimiento de unas áreas a otras, y que se pone en funcionamiento básicamente ante situaciones nuevas, parcial o totalmente desconocidas. Este procedimiento desempeña diferentes papeles en el sistema cognitivo humano: se utiliza en tareas de lenguaje, para favorecer la comprensión; en tareas de aprendizaje, para adquirir nuevos conceptos; en tareas de creatividad, para generar nuevas ideas, y en tareas de razonamiento, para resolver problemas.”

Crear una analogía para ayudar a los estudiantes a comprender un tema específico implica hacer un “recorte” en el que se seleccionan aspectos relevantes y pertinentes del tema a explicar, y que se corresponden con otra información más cotidiana, o que resulta más comprensible para el entendimiento de los estudiantes.

Desde nuestra experiencia de trabajo con analogías en las aulas establecimos la importancia de aplicar una secuencia de pasos específicos, denominado Modelo Didáctico Analógico (Galagovsky y Adúriz Bravo, 2001; Greco, 2004); que consta de cuatro momentos:

- **Momento Anecdótico:** Se utiliza una analogía en forma de juego, con distintas consignas para los alumnos, ellos se familiarizan con el análogo y utilizan diferentes estrategias idiosincrásicas para resolverlas. Al final del juego se realiza una puesta en común en donde se ponen en evidencias las estrategias utilizadas.
- **Momento de conceptualización sobre la analogía:** se analizan las estructuras y funciones del análogo según la interpretación que hicieron los alumnos en el primer momento, se *negocian significados* y se dejan por escrito, en una *tabla de correlación conceptual* (TCC), para ser utilizados luego en la comparación con la información científica que el docente se propone enseñar.
- **Momento de correlación conceptual:** se abordan los conceptos científicos. Los estudiantes deben buscar la correlación entre éstos y el análogo utilizado anteriormente, completando la TCC.
- **Momento de la Metacognición:** Tal como se fundamenta en el Modelo de Aprendizaje Cognitivo Consciente Sustentable (MACCS) (Galagovsky, 2004 a, b), la metacognición es fundamental para que los alumnos reflexionen y tomen conciencia sobre los conceptos nuevos que debieron incorporar y sobre los obstáculos que se les presentaron para abordar alguno o todas las consignas dadas. En el momento de la correlación conceptual discuten acerca de las limitaciones y alcances de la analogía que ellos logran percibir, desde sus estructuras cognitivas; este momento es transversal a los anteriores y también se lleva a cabo como una actividad final.

El trabajo con MDA propone un uso de las analogías con fines de enseñanza completamente nuevo y diferente al tradicional, en el cual el docente expone la información analógica, la información científica y sus correspondencias.

### **Desde la Biología**

Consideramos que los conceptos de Propiedad Emergente y de Niveles de Organización de los Seres Vivos son “estructurantes” para el conocimiento Biológico; es decir, que son conceptos cuya construcción por aprendizaje escolar, conlleva a lograr una representación mental sobre los seres vivos, que permite comprender tanto sus partes y sus características como su lugar en la integración con el medio ambiente. Desde esta perspectiva holística y sistémica, los estudiantes podrían comprender con mayor profundidad la problemática de múltiples causas y efectos, propia de la biología.

Adoptamos también la caracterización que considera que los seres vivos son:

“...sistemas abiertos, con capacidades que no existen en los sistemas inanimados: como la de evolucionar; autorreplicación; crecimiento y diferenciación (siguiendo un programa genético); metabolismo, autorregulación (para mantener el complejo sistema en estado estacionario -Homeostasis y retroalimentación); capaces de percibir y responder a estímulos del ambiente; con capacidad de cambio a dos niveles, el del fenotipo y el del genotipo” (Mayr, 1998)

## **DESARROLLO DEL TEMA**

Se diseñó una Unidad Didáctica aplicando el Modelo Didáctico Analógico, para integrar los conceptos aprendidos sobre las estructuras y funciones de los seres vivos y la estructura y dinámica de los ecosistemas durante los tres años de Enseñanza Polimodal. El trabajo se realizó con 31 alumnos (entre 15 y 18 años) que cursaban el último año del Nivel Polimodal (ex escuela secundaria de la provincia de Buenos Aires, Argentina) con orientación en Ciencias Naturales. El tiempo destinado para esta unidad fue de cuatro semanas con una carga horaria de tres horas reloj semanales (Galagovsky y Greco, 2005).

Se utilizó un Modelo Didáctico Analógico en el que los estudiantes debían construir las características fundamentales de una “fábrica genérica” como conocimiento sustentado (Galagovsky, 2004). El uso de una fábrica como análogo de sistema vivo o de sistema de producción en un ser vivo, está presente en diferentes textos; sin embargo, en este caso, la aplicación del MDA se cumplió mediante una actividad inicial en la que los estudiantes construyeron los conceptos de la relación estructura-función de una fábrica genérica, a partir de un juego de naipes. Este juego se asemejaba a un *chinchón* en el que gana aquél que arma una serie completa de cartas con todos los elementos necesarios para que funcione una fábrica que elabora un determinado producto (las opciones eran bebidas gaseosas, aderezos, alfajores o mermeladas). Todos los participantes debían jugar, en grupos de cuatro alumnos. El mazo de naipes se componía de 40 cartas, donde se podían armar cuatro juegos de 10 elementos cada uno.

Luego de la puesta en común del *momento anecdótico*, se entregó a los grupos la Tabla 1; la primera contenía las leyendas de cada una de las diez cartas consensuadas como las partes de una “fábrica genérica”; la segunda columna vacía debía ser completada con la justificación sobre la importancia de cada parte en la elaboración y funcionamiento de dicha fábrica. La puesta en común permitió completar el segundo momento del MDA, en que quedaron consensuadas las dos columnas de la izquierda que se presentan en la Tabla 2.

**TABLA 1**  
**“Tabla base para naipes”.**

ESTRUCTURA	FUNCIÓN
Edificio o construcción donde están los equipos necesarios.	
Lugares para la entrada de materia prima.	
Materia prima.	
Programa de fabricación.	
Maquinarias de producción.	
Producto elaborado.	
Grupo electrógeno.	
Sistema de transporte de la materia y el producto dentro de la fábrica.	
Depósito de materia prima y del producto elaborado.	
Lugares de salida para los productos y para el material de descarte.	

El *tercer momento de Correlación Conceptual* se dividió en cinco etapas: primero se pidió a los alumnos, en sucesivos momentos del aprendizaje, que compararan las relaciones estructura-función discutidas para la fábrica, con las estructuras y funciones de diferentes niveles de organización de los seres vivos como “ser humano”, “un árbol”, “organismos unicelulares autótrofos y heterótrofos” y “un ecosistema”. Para completar cada uno de estos momentos se relleno una TCC pertinente. La Tabla 2 es un ejemplo del producto consensuado para el caso “ser humano”. Para agilizar cada momento de correlación se les entregó, un texto *ad hoc* con la información científica específica para cada nivel de seres vivos, en lugar de solicitarles que ellos la buscaran en textos o apuntes de años anteriores.

En cada vuelta del momento de correlación se tenía el objetivo de indagar ideas previas por escrito, para luego ser utilizadas en la etapa de metacognición. Es decir, los estudiantes debían completar dichas tablas con sus recuerdos sobre lo aprendido (representaciones mentales construidas en años anteriores) y éstos eran documentos sobre los que ellos mismos debían evaluarse, por escrito, luego de la discusión y corrección de todas las respuestas en la puesta en común.

Al finalizar las cinco TCC, correspondientes a cada Nivel de Organización se pidió a los alumnos que las compararan y elaboraran dos listas, una con aquellas estructuras y funciones que encontraban en común y

**TABLA 2**  
**TCC de relaciones entre las estructuras y las funciones de una fábrica genérica y de un ser humano.**

FABRICA GENÉRICA		SER HUMANO	
ESTRUCTURA	FUNCIÓN	ESTRUCTURA	FUNCIÓN
Edificio y construcciones donde están los equipos necesarios.	Protege las estructuras de la fábrica,, permite el intercambio con el afuera	Esqueleto, articulaciones, músculos, piel, mucosas	Protegen, dan fuerza y permiten el movimiento e intercambio con el afuera
Lugares para la entrada de materia prima.	Sistema que permite y controla la entrada de materia prima.	Aparatos respiratorio, digestivo.	Entran alimentos por la boca y la nariz. Pueden entrar microorganismos por la piel. Los órganos de los sentidos y el sistema nervioso nos permite percibir el medio externo.
Materia prima.	A partir de ella se pueden elaborar los productos.	Agua, iones, sales, Hidr. de C, lípidos, proteínas, oxígeno. Alimentos complejos proveen los nutrientes necesarios.	Ingerimos materia prima para que el cuerpo produzca sus propias moléculas y realice todas las actividades. De los alimentos y el oxígeno obtenemos energía.
Programa de fabricación.	Contiene las instrucciones necesarias para que se puedan manejar las máquinas y elaborar un determinado producto.	ADN. El Sistema neuroendocrino coordina el funcionamiento de todos los órganos y la relación con el medio interno y externo.	ADN, tiene instrucciones para sintetizar enzimas que controlan el funcionamiento del cuerpo. El cerebro mediante nervios y hormonas dirige a los órganos.

otra con aquellas que eran exclusivas de cada nivel. Esta actividad les permitió construir el concepto de Nivel de Organización y Propiedad Emergente, así como consolidar el conocimiento sobre las estructuras y relaciones presentes en todo Sistema Biológico. Asimismo, los estudiantes pudieron hacer representaciones gráficas sobre el concepto de “sistema abierto” en relación a cualquier ser vivo, lo que indicó que ellos habían podido construir representaciones mentales apropiadas, desde el punto de vista del conocimiento experto (Galagovsky y Greco, 2005).

Luego de cada bloque de planificación hubo una solicitud de expresión escrita de reflexiones metacognitivas: se pidió a los alumnos que se manifestaran sobre las dificultades que se les presentaron al querer completar cada actividad propuesta; sobre aquellos conceptos que consideraron más interesantes; sobre la utilidad de las actividades propuestas para la comprensión y elaboración de conceptos, y comentarios sobre la interacción que habían realizado en el aula en cada discusión grupal.

## CONCLUSIONES

La aplicación del MDA en forma espiralada, por comparación de la fábrica genérica con cada uno de los niveles de organización de los seres vivos y del ecosistema permitió a los estudiantes recuperar sus ideas previas aprendidas en años anteriores y analizarlas a la luz de nuevos aprendizajes. Pudieron reconocer la polisemia de términos tales como materias primas, nutrientes, alimentos, productos e insumos, así como resignificar conceptos tales como producción y consumo de energía, información genética e intercambio de materia y energía con el medio ambiente.

Las diferentes instancias de reflexión metacognitiva durante el desarrollo del MDA resultaron fundamentales para que los estudiantes tomaran conciencia sobre lo que aprendieron y sobre las dificultades que habían tenido para comprender algún concepto. Al hacerlo, fueron capaces de actuar sobre sus propias dificultades, o bien ser conscientes de lo que habían aprendido y poder aplicar sus propias estrategias cognitivas para resolver nuevas situaciones. Estas actividades les permitieron construir modelos mentales sobre estrategias cognitivas relacionadas con la utilización de analogías como tipo de razonamiento.

Durante el transcurso de las actividades programadas los alumnos comunicaron estas dificultades o los logros que obtenían a partir de frases tales como “nos dimos cuenta que...” ; “nos llamó la atención...” ; “...nos solíamos confundir...” ; “no tuvimos en cuenta que...” ; “siempre nos olvidamos de...” ; “Este tema no lo entendí antes porque no le presté atención” ; “Podría explicarle este tema a otro fijándome en el esquema que realicé...” ; “...los conceptos trabajados no son nuevos, pero nunca los habíamos estudiado así...(se refieren al tipo de relación que establecieron)”.

Una encuesta final permitió evaluar que la mayoría de los estudiantes:

- a) Reconocieron la importancia de utilizar pensamientos de tipo analógico como estrategia cognitiva de aprendizaje.
- b) Valoraron positivamente el diseño de la planificación; especialmente, manifestaron la utilidad de los momentos de trabajo en pequeños grupos y de las puestas en común.

La oportunidad brindada a estos estudiantes de autoevaluar sus desempeños no sólo escolares, sino también cognitivos -en el último mes de clases de su último año de Polimodal-, les resultó sumamente motivador; y les permitió no solo dominar ciertos procesos mentales superiores, sino también, tomar conciencia de ellos, adquiriendo así nuevas habilidades metacognitivas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- GALAGOVSKY, L Y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242, Barcelona, ICE. Pág. 231-242.
- GALAGOVSKY, L. R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte I. El modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias* 22(2), 229-240.
- GALAGOVSKY, L y GRECO, M. (2005). Uso de Analogías para el Aprendizaje Sustentable. Caso: enseñanza de los Niveles de Organización en Sistemas Biológicos y Propiedades Emergentes, en *Anuario Argentino de Didáctica de las Ciencias Naturales*, Buenos Aires: Jorge Baudino Ediciones (en prensa).
- GRECO, M. (2004). La enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos. Un modelo didáctico analógico. Tesis de licenciatura en la Enseñanza de la Biología. U.N.San Martín.
- JOHNSON-LAIRD, P. (1996). Images, Models, and Propositional Representations, en *Models of Visuospatial Cognition*, Manuel de Vega, Margaret Jean Intons Peterson, Philip Johnson-Laird, Michel Denis y Marc Marschark, Cap.3 pp 90-126, New York, Oxford, Oxford University Press.
- MAYR, ERNST. 1998. *Así es la Biología*. Editorial Debate, S.A. Madrid.