

DOI: <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.543>

Estrategia Didáctica para Promover el Funcionamiento Ejecutivo y el Aprendizaje de la Respiración Celular en Estudiantes de Bachillerato

Alina Ysabel Castro Sánchezalina.castro.sanchez10@gmail.com<https://orcid.org/0000-0003-0269-7879>

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería

Cecilia Hernández Garcíadiegocecilia.hernandez@uaq.mx<https://orcid.org/0000-0003-0269-7879>

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo presentar los resultados de una intervención pedagógica basada en la implementación de un Modelo Didáctico Analógico (MDA), diseñado para fomentar el funcionamiento ejecutivo y facilitar el aprendizaje de conceptos básicos sobre la respiración celular en estudiantes del Colegio de Bachilleres Guerrero, Plantel Chilpancingo que cursan las capacitaciones para el trabajo de Informática y Contabilidad. Se trata de una investigación en el área de la didáctica de la biología, sustentada en el modelo de aprendizaje cognitivo consciente sustentable; tiene un enfoque mixto, alcance descriptivo y utiliza como método un estudio de caso. La producción y recolección de datos se realizó mediante una escala autoinforme para evaluar flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo (numérica y verbal), aplicada como pretest y postest, y tablas de conceptualización y correlación conceptual generadas durante la implementación del MDA. El análisis de datos se efectuó en dos niveles: estadístico descriptivo y análisis de contenido interpretativo de las producciones escritas y orales generadas por los estudiantes. Los hallazgos evidencian un impacto positivo de la estrategia didáctica en la autopercepción de las dos habilidades ejecutivas evaluadas. Sin embargo, se identificó un desempeño diferencial en el procesamiento y comprensión de la información científica en función de la capacitación que cursan los participantes.

Palabras clave: funciones ejecutivas, didáctica de la biología, analogías, bachillerato

Didactic Strategy to Promote Executive Functioning and the Learning of Cellular Respiration in High School Students

ABSTRACT

This article aims to present the results of a pedagogical intervention based on the implementation of a Didactical Analogical Model (DAM), designed to promote executive functioning and to facilitate the learning of basic concepts about cellular respiration in students from Colegio de Bachilleres Guerrero (high school), Chilpancingo Campus, who are enrolled in the work training programs for Informatics and Accounting. This research is in the field of biology didactics and is supported by the sustainable cognitive model of conscientious learning; it uses a mixed-method approach with a descriptive scope and a case study as a research method. Data collection was carried out through a self-report scale to assess cognitive flexibility and working memory (both numerical and verbal), applied as a pretest and posttest, as well as through conceptualization and conceptual correlation tables generated during the implementation of the DAM. Data analysis was conducted on two levels: descriptive statistical analysis and interpretative content analysis of students' written and oral productions. The findings reveal a positive impact on students' self-perception of the two executive skills assessed. However, differential performance was identified in the processing and understanding of scientific information, depending on the work training program in which the participants were enrolled.

Keywords: executive functions, biology didactics, analogies, high school

INTRODUCCIÓN

La enseñanza y el aprendizaje de la respiración celular en el nivel educativo medio superior representan un reto significativo, dada la naturaleza abstracta de los procesos involucrados, la gran cantidad de detalles que se abordan, así como el uso de lenguaje científico especializado, aunado a los obstáculos epistemológicos y ontológicos que dificultan su comprensión (Garófalo et al., 2014; Quesada, 2011). Desde el ámbito de la didáctica de la biología, se han propuesto diversas estrategias y recursos didácticos para abordar los procesos de la respiración celular. Entre ellos destacan: la combinación de lecturas, construcción de mapas conceptuales, demostraciones, actividades de laboratorio, juegos de roles, así como el uso de la analogía entre la combustión química y la respiración celular (Bergan-Roller et al., 2020). Sin embargo, los resultados son consistentemente poco favorables, evidenciados por las bajas puntuaciones obtenidas en los exámenes y la escasa motivación manifestada por los estudiantes durante las actividades.

En este contexto, el presente estudio aborda el problema de cómo mejorar la comprensión de la respiración celular en estudiantes de bachillerato mediante una estrategia didáctica que, además de facilitar el aprendizaje de este concepto, promueva el desarrollo de las funciones ejecutivas (FE). Dichas funciones hacen referencia a un conjunto de habilidades cognitivas de orden superior que controlan y regulan el pensamiento y las acciones asociadas (Jacob y Parkinson, 2015; Diamond y Ling, 2016). Miyake et al. (2000) distinguen tres funciones centrales denominadas memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio. A partir de ellas, se construyen otras, como el razonamiento, la solución de problemas y la planeación (Collins y Koechlin, 2012).

La importancia de abordar este tema radica en que las FE están relacionadas con el rendimiento académico (Diamond y Ling, 2016) y se consideran un predictor de éxito más

determinante que el índice de inteligencia (Carballo, 2019). Investigaciones previas precisan asociaciones teóricas y empíricas entre FE y componentes de la habilidad lectora (Cirino et al., 2019), ortografía (Moreno et al., 2022), matemática (Bull y Lee, 2014) e incluso con el aprendizaje de las ciencias en niños en edad escolar (García, 2012).

La evidencia empírica demuestra que las FE pueden entrenarse y que su mejora se asocia con el logro de metas particulares. Los programas de entrenamiento escolar de la FE se clasifican en tres enfoques principales: 1) entrenamiento cognitivo: actividades focalizadas en tareas concretas de FE (Jiménez-Puig et al., 2019); 2) enfoques curriculares: énfasis en el juego simbólico y las habilidades socioemocionales, como el método *Montessori* y *Tools of the mind* (Diamond y Lee, 2011); 3) estrategias integradas: prácticas de *Mindfulness* y actividad física (Lori, 2021; Martín-Martínez et al., 2015). Estos programas se han aplicado principalmente en infantes en edad preescolar y escolar.

Respecto a las intervenciones educativas dirigidas a adolescentes, la literatura reporta un número limitado de investigaciones. Entre ellas: 1) entrenamiento explícito y modelado de habilidades y estrategias vinculadas a la planificación y organización en el trabajo práctico (Yoldi et al., 2019); y 2) participación colaborativa en prácticas de robótica educativa para estimular flexibilidad cognitiva y control inhibitorio (Araújo y Azoni, 2020). Implementadas en Uruguay y Brasil con una duración promedio de cinco meses, ambas experiencias reportan un impacto moderado en las habilidades ejecutivas analizadas. Cabe señalar que el énfasis es la enseñanza explícita de las FE, sin integrar contenidos curriculares o metodologías didácticas específicas. Asimismo, la evaluación de las FE se realiza mediante pruebas neuropsicológicas estandarizadas (comparadas con parámetros externos al contexto escolar).

Marco teórico

Aprendizaje sustentable

El presente estudio se fundamenta en el Modelo de Aprendizaje Cognitivo Consciente Sustentable (MACCS), propuesto por Galagovsky (2004a, 2004b) en el ámbito de la didáctica de las ciencias. Este modelo teórico se enmarca en los principios constructivistas y hace aportes sobre los procesos cognitivos conscientes que intervienen durante la construcción del conocimiento.

El MACCS introduce el concepto de aprendizaje sustentable como alternativa al aprendizaje significativo propuesto por Ausubel et al. (1983), el cual, con el devenir de la práctica docente ha generado ambigüedades en su acepción. De acuerdo con Galagovsky (2004a), el aprendizaje adquiere un carácter sustentable cuando un individuo incorpora con éxito información externa a su estructura cognitiva mediante la resignificación consciente de conceptos *nexo* (representaciones mentales, conocimientos previos), transformándolos en conceptos *sostén* que sirven de anclaje para el nuevo conocimiento.

Lo anterior demanda diferenciar entre información y conocimiento. Mientras la primera es externa al individuo y corresponde al conjunto de datos, conceptos y relaciones entre ellos, los cuales provienen de diferentes fuentes, el segundo hace referencia a lo que sabe el sujeto, a lo que tiene en su mente, en su estructura cognitiva. Durante el proceso de aprendizaje, la información se transforma en conocimiento (Galagovsky, 2004b).

Para lograr lo anterior, el MACCS enfatiza la necesidad de crear consignas y actividades apropiadas para movilizar y traer a la mente de los estudiantes los conceptos *nexo* que poseen y que ya existen en su estructura cognitiva, sean estos erróneos o incompletos, y a partir de actividades de explicitación y discusión con sus pares y con el docente, resignifique esos

conceptos *nexos* y sus representaciones mentales originales, para procesar la información externa recibida y transformarla en aprendizaje sustentable.

Entre las derivaciones comunicacionales y didácticas del MACCS que pueden redefinir las prácticas educativas actuales, se pueden citar: 1) priorizar los procesos cognitivos que ocurren durante la apropiación de la información científica, como focalizar la atención, sostener, procesar y manipular datos en la memoria de trabajo, adoptar estrategias de búsqueda y evocación desde la memoria de corto plazo (Diamond y Ling, 2016), entre otras; 2) facilitar la argumentación de los conceptos *nexo* identificados, haciendo explícitos aspectos sintácticos y semánticos de los lenguajes empleados; y 3) resignificar las acciones didácticas convencionales como la indagación de ideas previas, generación de un conflicto cognitivo y el logro de un cambio conceptual en los estudiantes.

El modelo didáctico analógico (MDA)

Desde el enfoque constructivista y los principios establecidos en el MACCS, se concibe al MDA como un recurso innovador para la enseñanza basada en analogías (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Este modelo se fundamenta en la presentación de situaciones problemáticas cuya resolución se estructura de manera análoga a una situación científica. Su aplicación didáctica destaca por involucrar activamente a los estudiantes en la construcción del conocimiento, fomentar la interacción entre pares y promover la reflexión metacognitiva.

El MDA se basa en el uso de la analogía como un mecanismo de enseñanza, estableciendo correspondencias entre un *dominio base* (conocido por los estudiantes) y un *dominio objetivo* (desconocido o parcialmente comprendido). Diferentes tipos de analogías pueden ser empleadas según la naturaleza del dominio base y la estrategia didáctica utilizada en el aula. Ejemplos de estos enfoques incluyen el uso de metáforas, pares de representaciones y análogos concretos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

Desde una perspectiva cognitiva, Richland y Simms (2015) resaltan que las FE desempeñan un papel central en la capacidad de razonar mediante analogías. En particular, el control inhibitorio y la memoria de trabajo, los cuales son procesos esenciales que permiten a los estudiantes identificar relaciones estructurales entre los elementos del *dominio base* y del *dominio objetivo*.

En el ámbito de la enseñanza de las ciencias, el uso de secuencias metodológicas basadas en analogías ha demostrado favorecer el aprendizaje significativo. Algunas estrategias reconocidas incluyen la enseñanza con analogías (TWA, por *Teaching With Analogies*) y la guía FAR (Foco, Acción y Reflexión) (Raviolo y Lerzo, 2016). En esta misma línea, el MDA se presenta como una estrategia didáctica que favorece la comprensión conceptual a través de cuatro momentos articulados (Adúriz-Bravo et al., 2005; Galagovsky y Greco, 2009):

- Anecdótico: se introduce la analogía a través de una situación problema o un juego. Los estudiantes, organizados en pequeños grupos, formulan soluciones basadas en sus conocimientos previos y socializan sus respuestas.
- Conceptualización: se identifican los elementos clave de la analogía y su relación con los conceptos científicos. El docente orienta la discusión sin proporcionar respuestas directas, fomentando la participación y el desarrollo del pensamiento crítico.
- Correlación conceptual: se establece la comparación entre la información científica y la analogía, promoviendo la construcción de conceptos sólidos que actúen como puentes cognitivos.
- Metacognición: se estimula la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje mediante preguntas orientadoras como "¿Qué aprendí?" y "¿Cómo lo aprendí?".

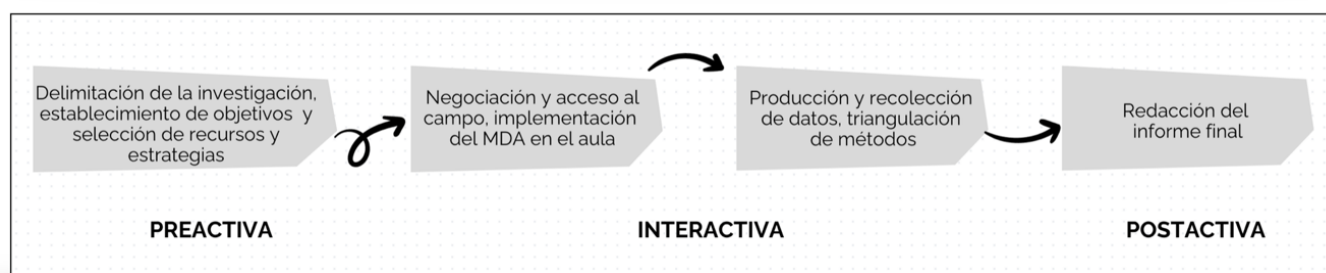
Con base en lo anterior expuesto, la presente investigación tiene como objetivo promover el desarrollo de dos funciones ejecutivas (flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo, numérica

y verbal) y el aprendizaje de conceptos básicos sobre la respiración celular, a través del diseño e implementación de un MDA en un grupo de estudiantes de nivel bachillerato. La selección de esta estrategia didáctica está respaldada por estudios que evidencian la eficacia de las analogías para mejorar la organización y retención de la información, potenciar el razonamiento crítico y desarrollar habilidades cognitivas superiores (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Richland y Simms, 2015).

METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolla con un enfoque cualitativo, alcance descriptivo y utiliza como método un estudio de caso, el cual se aborda en tres fases generales: preactiva, interactiva y postactiva (figura 1), acordes con la estructura planteada por Martínez (1988) y Álvarez y Fabián (2012).

Figura 1 Esquema de las fases del estudio de caso empleado en esta investigación



Fuente: Con base en (Martínez, 1988; Álvarez y Fabián, 2012)

Población

La población de estudio la conforman 25 estudiantes adolescentes que cursan el segundo grado de educación media superior en el Colegio de Bachilleres Guerrero, Plantel Chilpancingo, inscritos en las capacitaciones para el trabajo de Informática y Contabilidad. Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo por conveniencia, previa obtención del consentimiento informado de los padres y/o tutores legales.

Diseño e implementación de la estrategia didáctica

El MDA empleado en este estudio tiene como base la analogía entre un partido de fútbol y la respiración celular; su diseño comprendió un proceso riguroso, a saber: 1) revisión teórico-conceptual sobre la enseñanza de la respiración celular en diferentes niveles educativos y el uso de analogías en las ciencias naturales; 2) planteamiento de cuatro momentos didácticos con demandas cognitivas y lingüísticas graduales acordes con las habilidades ejecutivas que se busca fomentar (flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo); y 3) validación del modelo por parte de dos especialistas en didáctica de las ciencias, quienes evaluaron su coherencia conceptual, pertinencia didáctica y alineación con los objetivos propuestos.

La implementación del MDA en el aula se llevó a cabo en seis sesiones de 45 minutos cada una, distribuidas en dos semanas. Para su desarrollo, se conformó un solo grupo integrado por los 25 estudiantes participantes, quienes asistieron simultáneamente a cada sesión de trabajo.

Recolección y análisis de datos

La recolección de datos se realizó mediante los siguientes instrumentos: una escala autoinforme tipo Likert, utilizada como pretest y posttest para evaluar flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo, y dos tablas de conceptualización y correlación conceptual complementadas por los estudiantes durante la implementación del MDA. La escala está conformada por trece ítems tipo Likert con cinco opciones de respuesta, los cuales cuestionan el grado de acuerdo con diversas tareas del ámbito escolar relacionadas con FE específicas. Este instrumento fue construido y validado por González-Medina y Rodríguez-García (2022) y cuenta con validez ecológica. Su aplicación en esta investigación se realizó con la autorización expresa de los autores.

El análisis de datos se efectuó en dos niveles: estadístico descriptivo de las variables de interés en el pretest-posttest, y análisis de contenido interpretativo de las producciones escritas y orales generadas en el MDA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los datos producidos durante las diferentes etapas de la intervención didáctica. El análisis se estructura en dos ejes principales: el efecto del MDA en dos FE, y en el aprendizaje de conceptos básicos sobre la respiración celular.

Análisis descriptivo de la población de estudio

En primera instancia, se muestran los datos demográficos del grupo de estudio, representados en frecuencias y sus porcentajes correspondientes (tabla 1).

Tabla 1 Frecuencias y porcentajes de las características demográficas

Variables	Característica	Frecuencia	Porcentaje
Sexo	Mujer	10	40
	Hombre	15	60
Edad (años)	16	19	76
	17	5	20
	18	1	4
Capacitación	Informática	12	48
	Contabilidad	13	52
<i>Total</i>		25	100

Fuente: Construcción personal

La muestra está conformada por 25 estudiantes del Plantel Chilpancingo del Colegio de Bachilleres Guerrero. El 40% de los participantes son mujeres y el 60% hombres. Sus edades fluctúan entre los 16 y 18 años, con una media de 17 años. Con respecto a la capacitación para el trabajo en la que están inscritos, el 48% pertenece a Informática y el 52% a Contabilidad. Todos ellos conforman el único grupo de intervención.

Efecto del modelo didáctico sobre las funciones ejecutivas

Como pretest y postest los estudiantes respondieron una escala autoinforme conformado por trece ítems tipo Likert que evalúan la flexibilidad cognitiva (ítem 1 al 5) y la memoria de trabajo, subdividida en numérica (ítem 6 al 8) y verbal (ítem 9 al 13). Las respuestas posibles son cinco y pueden asumir un valor que va desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo).

A continuación, se presentan las tablas con los datos descriptivos de cada ítem, organizados por función ejecutiva y clasificados por capacitación y momento de aplicación de la prueba (pre y postest).

La tabla 2 se muestran los valores obtenidos en la estadística descriptiva de la **flexibilidad cognitiva**. En el grupo de **Informática**, los valores medios en el pretest indican que los participantes están indecisos en su capacidad de adaptación a los cambios. Por ejemplo, en su capacidad de enfocarse en una nueva actividad ($M=2.9$), dejar de lado actividades previas para poner atención en una clase nueva ($M=2.9$) y en la adaptación a los cambios que se presentan para obtener los resultados deseados ($M=2.8$). Tras la implementación de la estrategia didáctica, el puntaje medio incrementó en los tres ítems relacionados con esas capacidades ($M=3.6$, 4.0 y 4.1 , respectivamente), indicando una mejora notable en la autopercepción de los estudiantes.

Los ítems que evalúan la capacidad para encontrar alternativas para solucionar problemas académicos y para modificar estrategias cuando un trabajo no está bien hecho, mostraron valores que indican que los estudiantes están de acuerdo con su desempeño ($M=3.1$ y 3.3 , respectivamente); en el postest se observó una mejoría en la percepción de esas capacidades ($M=3.4$ y 3.8 , respectivamente).

Con lo que respecta al grupo de **Contabilidad**, los valores descriptivos en el pretest muestran una tendencia similar a la del grupo de Informática, aunque con medias ligeramente más altas en algunos ítems. Por ejemplo, en los dos primeros que evalúan la capacidad para adaptarse a los cambios, los estudiantes mostraron indecisión, tanto en su capacidad de enfocarse en una nueva actividad (M=3.0), como en poder dejar de lado actividades previas con la intención de centrar su atención en la clase siguiente (M=2.9). También se observó un nivel de acuerdo positivo en su capacidad para adaptarse a los cambios que surgen para obtener resultados deseados (M=3.3). Estos tres valores se vieron modificados en el postest, indicando un acuerdo genuino de los participantes con su capacidad de adaptación a los cambios (M=4.6, 4.5 y 4.2, respectivamente) tras la intervención.

Los valores descriptivos evidencian un incremento en las medias en todos los ítems que evalúan la flexibilidad cognitiva tras la intervención didáctica en ambos grupos, acompañado en la mayoría de los casos por una reducción en la desviación estándar, lo que indica una menor dispersión en las respuestas.

Tabla 2 Resultados descriptivos del pretest y postest para flexibilidad cognitiva

Ítem	Informática				Contabilidad			
	Pre		Post		Pre		Post	
	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
Ítem 1	2.9	0.8	3.6	0.8	3	1.4	4.6	0.7
Ítem 2	2.8	1	4.1	1.2	3.3	1	4.2	0.9
Ítem 3	2.9	0.9	4	1.1	2.9	1	4.5	0.7
Ítem 4	3.1	1	3.4	0.9	3.2	1.1	3.8	0.9
Ítem 5	3.3	1.1	3.8	1.4	3.5	0.9	4	0.8

1. Cuando hay cambio de actividad o tema en la clase, puedo enfocarme en esta nueva actividad (FC1).

2. Me adapto a los cambios que se me presentan para lograr los resultados que deseo (FC2).

3. Al cambiar de hora clase, dejo de realizar las actividades de la clase anterior y pongo atención a la materia que está empezando (FC3).

4. Cuando se me presenta alguna situación académica complicada puedo encontrar alguna alternativa para solucionarla (FC4).

5. Cuando mis trabajos no están del todo bien puedo buscar formas diferentes para realizarlos (FC5).

Nota. Se utilizan las abreviaturas M: media y DE: Desviación estándar. Fuente: Construcción personal

La tabla 3 muestra la estadística descriptiva de los tres ítems que evalúan la **memoria de trabajo numérica**. En el grupo de **Informática**, los valores medios en el pretest indican que los participantes se encuentran en un punto de indecisión o con un nivel moderado de acuerdo respecto a sus habilidades numéricas. Por ejemplo, en el ítem 6, la media inicial ($M=3.0$) sugiere que los estudiantes no mostraban una postura clara sobre su capacidad para realizar cálculos a partir de la información de un problema matemático. Tras la intervención, se observó un ligero aumento en la media ($M=3.4$). En cuanto a la habilidad para efectuar cálculos mentales, los valores se mantuvieron relativamente estables, con una media inicial de 3.8 y una media posttest de 3.9, lo que sugiere un nivel de acuerdo en la autopercepción de esa capacidad.

Un comportamiento similar se observa en la habilidad para anticipar la solución de un problema razonado al leerlo, donde los estudiantes de Informática presentaron un nivel de acuerdo inicial ($M=3.4$) que aumentó ($M=3.7$) tras la intervención didáctica.

Con respecto al grupo de **Contabilidad**, nuevamente presenta un comportamiento similar al registrado en la flexibilidad cognitiva, es decir, los resultados iniciales y finales presentan medias más altas en comparación con las obtenidas por los estudiantes de Informática. En el ítem 6, la media inicial ($M=4.2$) fue superior a la registrada en Informática y experimentó un ligero aumento en tras la intervención ($M=4.3$), lo que refleja un alto grado de acuerdo con la capacidad para realizar cálculos a partir de la información extraída de un problema matemático. De manera similar, en el ítem relacionado con la habilidad para efectuar cálculos mentales, la media inicial ($M=4.2$) mostró un incremento ($M=4.5$) en el posttest, lo que indica una mayor confianza en esta habilidad.

El análisis descriptivo también muestra una diferencia significativa en la capacidad de anticipar la solución de un problema durante la lectura. Previo a la intervención, los estudiantes de

Contabilidad mostraron desacuerdo ($M=2.4$) y posteriormente, la media aumentó a 3.8, lo que refleja una mejora en su autopercepción.

Los valores descriptivos de la memoria de trabajo numérica muestran un aumento en las medias de los tres ítems después de la intervención didáctica en ambas capacitaciones, con una menor dispersión en algunos casos, especialmente en los estudiantes de Contabilidad, lo que sugiere una tendencia hacia respuestas más homogéneas tras la implementación de la estrategia didáctica.

Tabla 3 Resultados descriptivos del pretest y postest para memoria de trabajo numérica

Ítem	Informática				Contabilidad			
	Pre		Post		Pre		Post	
	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
Ítem 6	3	0.7	3.4	1.1	4.2	0.7	4.3	0.8
Ítem 7	3.8	0.8	3.9	0.8	4.2	0.8	4.5	0.7
Ítem 8	3.4	1.2	3.7	1.1	2.4	1.4	3.8	0.7

6. Puedo realizar los cálculos necesarios a partir de la información de un problema de matemáticas (MTN1).

7. Puedo realizar cálculos mentalmente (MTN2).

8. Puedo ir anticipando la solución de un problema razonado al ir leyéndolo (MTN3).

Nota. Se utilizan las abreviaturas M: media y DE: desviación estándar. Fuente: Construcción personal

En la tabla 4 se muestra la estadística de los ítems que evalúan la **memoria de trabajo verbal**.

El grupo de **Informática** refleja desacuerdo inicial con su capacidad para recordar un texto después de haberlo leído una única vez ($M=2.8$) y para recordar indicaciones verbales ($M=2.7$).

Después del postest las medias aumentaron ligeramente ($M=3.1$ y 3, respectivamente).

Con respecto a la capacidad de realizar un escrito después de haber leído un texto (ítem 9), los participantes de Informática no mostraron cambios en la media inicial ($M=3.2$) tras la aplicación de la estrategia didáctica, pero si exhibieron un mayor acuerdo en su habilidad para redactar un escrito a partir de ideas o conocimientos propios ($M=4.1$) y para recordar indicaciones escritas ($M=3.7$) tras la estrategia de intervención.

En el grupo de **Contabilidad**, los valores obtenidos en el pretest y postest fueron más altos en comparación con Informática, reflejando una mejor autopercepción en todas las actividades y tareas relacionadas con la memoria de trabajo verbal. Se puede citar su capacidad para redactar un escrito después de leer un texto (M=4.3), recordar lo leído (M=4.2), elaborar una redacción a partir de sus propias ideas (M=4.6), así como la facilidad para recordar indicaciones verbales (M=4.2) y escritas (M=4.2).

En términos generales, los resultados muestran una mejora en la percepción de la memoria de trabajo verbal en ambas capacitaciones tras la intervención, con un aumento más notable en Contabilidad. Además, la reducción en las desviaciones estándar en la mayoría de los ítems indica respuestas más homogéneas tras la intervención didáctica.

Tabla 4 Resultados descriptivos del pretest y postest para memoria de trabajo verbal

Ítem	Informática				Contabilidad			
	Pre		Post		Pre		Post	
	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
Ítem 9	3.2	1.2	3.2	1.1	3.5	1.4	4.3	0.8
Ítem 10	2.8	1.1	3.1	1.4	3.8	1.1	4.2	0.6
Ítem 11	3.7	1.1	4.1	0.9	4.3	0.9	4.6	0.5
Ítem 12	2.7	0.9	3	1	3.9	0.8	4.2	0.6
Ítem 13	3.3	1.3	3.7	1	3.8	0.8	4.2	0.6

9. Luego de leer un texto, puedo realizar un escrito al respecto (MTV1).

10. Con leer una vez un texto o lectura, puedo recordar lo que he leído (MT V2).

11. Puedo redactar un escrito a partir de mis ideas o conocimientos (MTV3).

12. Puedo recordar con facilidad indicaciones verbales (MTV 4).

13. Puedo recordar con facilidad indicaciones escritas (MTV 5).

Nota. Se utilizan las abreviaturas M: media y DE: desviación estándar. Fuente: Construcción personal

Efecto del modelo didáctico sobre el aprendizaje de la respiración celular

Los estudiantes participantes cursaron previamente la asignatura de Biología I, donde construyeron conceptos generales sobre la estructura y función de la célula, así como una introducción a las biomoléculas y su metabolismo. En virtud de lo anterior, se parte del supuesto de que los alumnos tienen en su estructura cognitiva conceptos sostenidos que les

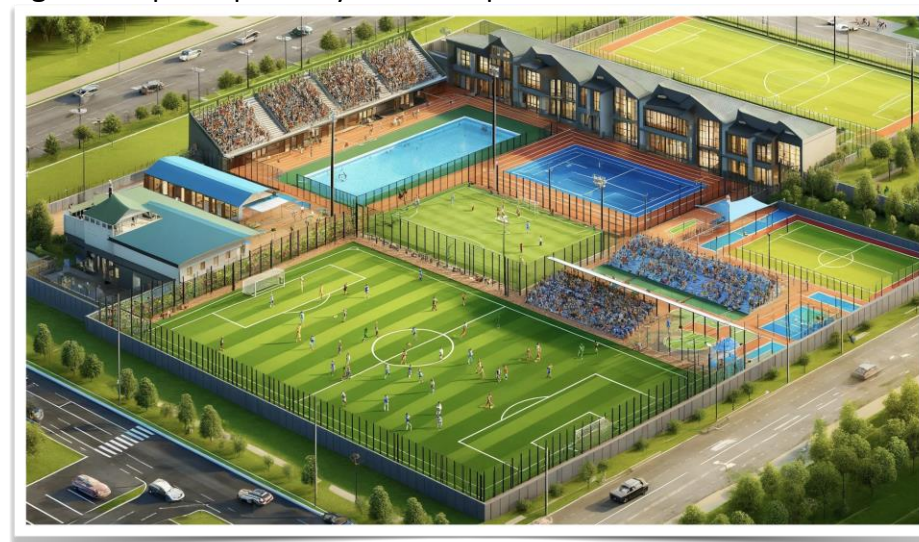
permitirán procesar e incorporar la información científica nueva a la que van a ser expuestos, como lo plantea el MACCS (Galagovsky, 2004a). Con base en esta premisa, se diseña e implementa en el aula un MDA para la enseñanza y el aprendizaje de la respiración celular. La intención de la estrategia didáctica es que los alumnos comprendan un modelo familiar que permita representar la respiración celular, enfocándose en los agentes participantes, procesos involucrados, productos generados y sitios de ocurrencia. La analogía que se emplea es una comparación entre un partido de fútbol y la respiración celular.

Los resultados obtenidos durante la implementación del MDA se muestran por cada una de las sesiones de trabajo. Primero, se indica el número de sesión y se caracteriza el momento didáctico, a continuación, se describen las actividades realizadas, se muestran los productos generados y los eventos significativos de las participaciones orales de los estudiantes.

Primera sesión: momento anecdótico

Con base en Adúriz-Bravo et al. (2005) y Oliva (2004), la intencionalidad de este momento es inducir y facilitar la construcción personal de la analogía, para ello se recurre a un estímulo externo y a la asignación de consignas que los alumnos deben resolver y comunicar al grupo. En esta sesión de trabajo, se indica a los participantes que durante cuatro clases se implementará en el aula una estrategia de enseñanza y aprendizaje que busca favorecer la comprensión de un proceso vital para todo ser vivo, y que dentro de las actividades que se realizaran se requiere el análisis individual, el trabajo en equipo y el consenso de acuerdos en el grupo. En la primera sesión se solicita el análisis individual y la discusión en equipo de la imagen impresa de un polideportivo generado con inteligencia artificial (OpenAI, 2024), enfocándose en las áreas o canchas que lo componen (figura 2).

Figura 2 El polideportivo y las áreas que lo conforman



Fuente: (OpenAI, 2024)

Posteriormente, se pide a los estudiantes centrar su atención en la *cancha de fútbol* de mayor tamaño con la intención de identificar sus características generales. La tabla 5 muestra las características identificadas y acordadas por consenso en el grupo.

Tabla 5 Características de la cancha de fútbol identificadas en consenso grupal

Características generales de la cancha de fútbol
Forma rectangular
Tiene una barda perimetral y líneas o demarcaciones en el campo de juego
Hay un área para la banca y una zona para los árbitros
Hay gradas para el público
Los elementos indispensables para el juego son: el balón y los jugadores
Los jugadores pueden tener diferentes posiciones dentro de la cancha (defensas, delanteros, porteros)

Fuente: Construcción propia

Segunda sesión: momento de conceptualización sobre la analogía

En esta etapa se busca promover la construcción del conocimiento analógico sustentado, mediante el planteamiento de correlaciones estructurales y funcionales en un partido de fútbol. Para ello, se proporcionó a los participantes una tabla de conceptualización sobre la analogía que deben completar tras un proceso de análisis y discusión. La tabla contiene tres columnas: la primera ya enlista los elementos/agentes que participan en un partido de fútbol;

las dos restantes corresponden al “sitio de actuación” y “función”, respectivamente, y deben ser complementadas por los estudiantes.

Los resultados de cada equipo son socializados al grupo, llegando a acuerdos sobre las correlaciones estructurales y funcionales en un partido de fútbol. La coincidencia conceptual entre las respuestas planteadas por los estudiantes y las esperadas desde la planificación didáctica, se muestra en la tabla 6.

En este momento didáctico se establece el conflicto cognitivo y la toma de consciencia de las significaciones propias y del vocabulario común o cotidiano empleado para describirlas. Dos estudiantes de Contabilidad, en colaboración con la docente, introducen el vocabulario preciso que sirve de base para el científico. Además, se realiza un consenso entre los aspectos del *dominio base* que tienen similitud o conexión con el *dominio objetivo*.

Tabla 6 De conceptualización sobre la analogía

Elemento/ agente	Lugar donde Actúa	Función (consenso grupal)	Función (respuestas esperadas)
Cancha de juego	Toda el área de juego	Permitir que se enfrenten dos equipos	Delimitar y proteger el espacio físico donde sucede el partido de fútbol. Contiene regiones donde es posible el intercambio de lo que está adentro con lo de afuera
Delimitaciones de la cancha de fútbol	Marcas en la cancha: arcos, esquinas, líneas laterales y horizontales, círculo central, área grande, área de penal	Ayudar a los jugadores con sus posiciones y entender cuando haya penalizaciones	Sistema que controla y facilita el ingreso al campo de juego. Señalar las áreas donde es posible la ejecución de eventos que conducirán a la anotación a gol
Jugadores y sus demarcaciones (goleador, portero, defensa)	En toda la cancha de juego	Depende de la posición del jugador. Puede defender, anotar, proteger, adelantar la jugada	Asumir roles específicos durante el juego
Balón	En toda la cancha	Rodar, pasar de jugador a otro	Ser un elemento clave durante el partido

Pases del balón	En toda la cancha, pero hay zonas clave sobre todo las cercanas a la portería	“Transferir” el balón de un jugador a otro, facilitando la progresión del juego y la estrategia del equipo	Conectar y establecer interacciones efectivas entre los agentes participantes
Anotación de gol	Cercana a la línea de meta (entre los postes y debajo del travesaño)	Ganar puntos, ganar el partido	Ser el objetivo motor del partido
Afición público	Alrededor de la cancha. Si es más <i>nais</i> (<i>nice</i>) puede haber tribuna baja, tribuna alta, palcos	“Impulsar” a los jugadores para que avancen en el campo de juego y anoten un gol	Brindar apoyo y aumentar la motivación del equipo
Entrenadores	En el campo de juego y fuera de él	Dar indicaciones para los cambios de “estrategia” de juego	Tomar decisiones en función de las necesidades del juego
Nota. Los términos entre comillas fueron utilizados por algún estudiante durante la fase de consenso y requirieron ser discutidas. Fuente: Construcción propia			

Tercera sesión: momento de correlación conceptual

La intención de esta fase es construir la correlación entre el partido de fútbol y los conceptos científicos de la respiración celular. En consecuencia, se solicitó que completaran la tabla de correlación conceptual (tabla 7) que relaciona la estructura de la cancha de fútbol y la mecánica del partido con la estructura celular y los procesos que implica la respiración celular. El llenado de la tabla se realiza en dos momentos: cada estudiante registra sus respuestas con base en sus concepciones iniciales y posteriormente por consenso grupal, posterior a la lectura de un texto científico sobre respiración celular. Diversos términos requieren ser aclarados o explicados con mayor detalle, sea por alumnos de Contabilidad o por la docente. Este proceso promueve la toma de conciencia sobre los *conceptos nexos* que movilizan los estudiantes y el uso de vocabulario cotidiano para describir o hablar de eventos científicos.

Tabla 7 De correlación conceptual entre los agentes del partido de fútbol y la respiración celular

Elemento/Evento del partido de fútbol	Elemento/Evento de la respiración celular (consenso grupal)	Elemento/Evento de la respiración celular (respuestas esperadas)
Polideportivo	La célula	Célula
Cancha de fútbol	La mitocondria	Mitocondria con su membrana externa
Delimitaciones de la cancha de fútbol	La malla que rodea la cancha es la membrana externa mitocondrial; el rectángulo que marca la zona de juego es la membrana interna mitocondrial	Zonas delimitadas en la célula que cumplen funciones específicas: membrana externa, membrana interna, matriz mitocondrial
Jugadores, sus demarcaciones y roles: delantero, portero, mediocampista, defensa	Las proteínas que participan en los procesos de la respiración celular	Enzimas, coenzimas y cofactores. Ejemplos: Goleador: ATP sintasa Portero: Aceptor final de electrones
Balón	La glucosa	Molécula de glucosa
Pases del balón	Cada vez que se pasan la pelota los jugadores, unos lo pierden y otros lo ganan, “parece la ganancia y pérdida de electrones”	Reacciones de oxido-reducción
Anotación de gol	La producción de energía	Síntesis de ATP
Afición o público	La fuerza que hace que se produzca energía	Gradiente electroquímico que constituye la fuerza motriz para que la ATP sintasa genere ATP
Entrenadores	Indica a las proteínas de la célula qué hacer	Decisiones celulares basadas en las condiciones y necesidades de la célula

Nota. Incluye acuerdos finales y respuestas esperadas. Abreviaturas empleadas: ATP: Adenosín Trifosfato. **Fuente:** Construcción propia

La tabla 8 muestra las respuestas generadas por un equipo de Contabilidad, donde identifican los análogos a los procesos bioquímicos de la respiración celular; es decir: glucólisis, ciclo de Krebs, cadena de transporte de electrones y fosforilación oxidativa.

Tabla 8 De correlación entre los procesos de la respiración celular y sus análogos en juego de fútbol

Procesos implicados en la respiración celular	Análogos en un partido de fútbol
Glucólisis Es el primer paso para que las células obtengan energía a partir de la ruptura de una molécula de glucosa en dos más pequeñas. Ocurre en el citoplasma celular	Entra el balón al campo de juego para el saque inicial
Ciclo de Krebs Secuencia de reacciones en las que las dos moléculas generadas en la glucólisis se siguen degradando hasta bióxido de carbono y agua. Ocurre en la matriz mitocondrial	Los jugadores mueven el balón en la cancha de para romper la línea defensiva
Cadena de transporte de electrones (CTE) Etapa final de la respiración celular donde grupos de proteínas que están en membrana interna de la mitocondria transfieren electrones desde unos compuestos llamados NADH y FADH ₂ hasta quien los acepta al final del proceso: el oxígeno	Es el previo a una anotación de gol. Los jugadores se pasan el balón entre sí para marcar un gol
Fosforilación oxidativa Proceso que sucede de manera simultánea a la CTC. Cuando los electrones transitan por cada uno de los integrantes de la CTE se libera energía que es utilizada para bombear protones a través de la membrana interna mitocondrial. Esto crea una diferencia en la concentración de protones a través de la membrana (gradiente de protones) que impulsa la generación de ATP por la enzima ATP sintasa	Asistentes o público Cuando hay una jugada a gol, los asistentes se emocionan y animan a los jugadores, provocando una fuerza que le llega al goleador del equipo y marca un gol en la portería del equipo contrario

Nota. Las respuestas correspondientes a los análogos fueron proporcionadas por un equipo de la capacitación de Contabilidad. Fuente: Construido con base en: (Farina, 2013; Ospina, 2019; Pégola, 2022)

Momento de metacognición

Esta fase busca valorar la capacidad reflexiva de los participantes sobre lo que aprendieron y las dificultades que enfrentaron para la comprensión del concepto. Se plantearon a los participantes una serie interrogantes, como son: ¿Qué les llamó la atención?, ¿qué fue lo más confuso? Un equipo de Contabilidad evidenció la toma de conciencia a partir de estas respuestas orales:

- “En esta clase aprendimos que hay semejanzas entre un partido de fútbol y la respiración. Podemos explicarla como un conjunto de reacciones químicas que suceden al interior de las células, en un órgano llamado mitocondria. Inicia con una glucosa que entra, se rompe, se va transformando al pasar de una proteína a otra que están ubicadas en las membranas de la mitocondria.”
- “Le puedo decir las fases de la respiración: glucolisis, cadena de pases de electrones y producción de ATP”
- “No sabíamos que eso podía suceder cuando respiramos o cuando lo hace cualquier ser vivo.”
- “¡Menos que cada que respiramos producimos energía!, ¡ATP!”

Algunos estudiantes comentan que ellos entienden la respiración celular como “meter y sacar aire por la nariz”, “que si uno no respira se muere porque no tiene aire en los pulmones”. Otro estudiante señala que lo más difícil eran las palabras “rebuscadas” que se utilizan. Conforme transcurre la discusión los estudiantes tomaban conciencia de sus ideas previas. Alguien dijo: “el libro de secundaria no decía eso”.

Se solicita a los participantes que propongan un concepto propio sobre respiración celular de manera oral, procurando incorporar el vocabulario científico empleado en las sesiones de trabajo. La intención de esta actividad es determinar la transferencia de significados de la situación anclaje (el partido de fútbol) hacia el *concepto objetivo* (la respiración celular). Los jóvenes de Contabilidad establecen relaciones más detalladas entre los elementos de la analogía y los términos científicos esperados. En sus participaciones incorporaron las palabras: *glucosa, reacciones de oxidación, producción de ATP y cadena de transporte de electrones*, lo que sugiere una apropiación progresiva del vocabulario científico. Pueden replantear sus explicaciones iniciales conforme avanzan los momentos didácticos, así como también

nombran a la mitocondria, haciéndola visible y reconociendo este organelo como el sitio clave donde ocurren la respiración celular.

De acuerdo con Orgill y Bodner (2004), el uso de analogías en el aula favorece la retención de conceptos abstractos cuando se relacionan con experiencias cotidianas para los estudiantes. La viabilidad de esta estrategia está respaldada por los resultados de este estudio, donde la explicitación de lenguajes (escrito-oral, cotidiano-científico) demuestra ser clave para la comprensión conceptual de temas curriculares complejos de la didáctica de la Biología. Sería pertinente evaluar el impacto del MDA en otros temas del área, como la estructura y función celular, la sinapsis o la división celular (mitosis y meiosis), utilizando analogías contextualizadas como la organización y dinámica de una ciudad, el envío de un correo electrónico o un concurso de baile mestizo con intercambio de parejas, respectivamente.

CONCLUSIONES

Este estudio de caso, centrado en 25 estudiantes de bachillerato de las capacitaciones de Informática y Contabilidad, evidencia que la implementación del MDA basado en la analogía entre la respiración celular y un partido de fútbol favorece tanto el desarrollo de funciones ejecutivas (flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo) como la comprensión de conceptos científicos básicos sobre la respiración celular. Los resultados muestran mejoras significativas en la adaptación a cambios, la resolución de problemas académicos y el manejo de información numérica y verbal.

Los hallazgos de esta investigación coinciden con los reportados en otros estudios internacionales que han utilizado analogías como estrategia didáctica para facilitar el aprendizaje de temas curriculares complejos de la Biología, en el nivel educativo medio superior. Por ejemplo, Raviolo y Lerzo (2016) mostraron que la analogía de la caja negra ayudó a los estudiantes a comprender el concepto de modelo científico; igualmente Ameyaw y Kyere

(2018) documentaron mejoras en la comprensión de conceptos sobre el Ácido Desoxirribonucleico (ADN) mediante las analogías de la construcción de una casa y el hornear pan. En investigaciones más recientes, Sanabria-Totaitive y Arango-Martínez (2021) emplearon con éxito la analogía de la evolución de los videos juegos para enseñar la evolución biológica.

El diseño y la planeación didáctica de la analogía entre la respiración celular y el partido de fútbol, al priorizar la construcción consciente de conceptos *sostén*, no busca cuestionar las ideas previas, introducir un conflicto cognitivo y lograr un cambio cognitivo en los estudiantes. Por el contrario, su lógica se basa en presentar una situación análoga a un proceso celular complejo, promover la motivación intrínseca, la toma de conciencia sobre los conceptos vinculantes (*nexo*) e indicar tareas para la construcción de *conceptos sostén* correctos a partir de las consignas e interacciones propuestas. En ello radica el potencial del MDA como estrategia didáctica y como instrumento promotor de FE, teniendo como base un tema curricular concreto.

En virtud de que algunos estudiantes exhibieron dificultades para incorporar términos científicos en su discurso, es necesario replantear algunas consignas o combinar con otras estrategias para promover el uso contextualizado del vocabulario científico, tal como lo propone el MACCS (Galagovsky, 2004b), que enfatiza la transferencia consciente de conocimientos desde contextos cotidianos hacia el lenguaje científico.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio de caso permitió analizar con profundidad los procesos cognitivos, lingüísticos y de interacción social (entre los propios estudiantes y con el docente) implicados en la construcción del aprendizaje sustentable. Sin embargo, las diferencias observadas entre los estudiantes de las capacitaciones de Informática y Contabilidad -específicamente en la autopercepción de funciones ejecutivas y el uso de

lenguaje científico- podrían estar relacionadas con su perfil académico y el desarrollo previo de habilidades ejecutivas. De acuerdo con Clements et al. (2016), la educación temprana en matemáticas no solo favorece la alfabetización en esa área y en lectura, sino que también potencia el desarrollo y expansión de los procesos ejecutivos.

Por lo anterior, se propone realizar estudios futuros que incluyan muestras más amplias y diversas, tanto en el número de participantes como en el nivel educativo de procedencia, con el objetivo de evaluar la adaptabilidad y eficacia de esta estrategia en distintos perfiles formativos (secundaria, bachillerato y capacitación para el trabajo).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, A., Garófalo, J., Greco, M. y Galagovsky, L. (2005). Modelo didáctico analógico:

Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra).

<https://ddd.uab.cat/record/80279>

Álvarez, C. y San Fabián, J. (2012). La elección del estudio de caso en investigación educativa.

Gaceta de Antropología, 28 (1), 1-13. <http://hdl.handle.net/10481/20644>

Ameyaw, Y. y Kyere, I. (2018). Analogy-based instructional approach a panacea to students' performance in studying Deoxyribonucleic Acid (DNA) concepts. *International Journal of Sciences*, 7(05), 7-13. <https://doi.gor/10.18483/ijSci.1644>

Araújo, G. y Azoni, C. (2020). Performance of executive functions in adolescents: Study of intervention with educational robotics. *Revista Psicopedagogia*, 37(112), 5-17.

<https://pepsic.bvsalud.org/pdf/psicoped/v37n112/02.pdf>

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas.

Bergan-Roller, H., Galt, N., Helikar, T., & Dauer, J. (2020). Using concept maps to characterise cellular respiration knowledge in undergraduate students. *Journal of Biological*

Education, 54(1), 33-46.

Bull, R. y Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Dev. Perspec*, 8, 36-41. <https://doi.org/10.1111/cdep.12059>

Carballo, A. (2019). Posibilidades y limitaciones de la neuroeducación. *Mente y Cerebro*, 98, 26-32.

Cirino, P., Miciak, J., Ahmed, Y., Barnes, M., Taylor, W. y Gerst. E. (2019). Executive function: association with multiple reading skills. *Read. Writ.*, 32, 1819-1846.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6824553/pdf/nihms-1000947.pdf>

Clements, D., Sarama, J. & Germeroth, C. (2016). Learning executive function and early mathematics: Directions of causal relations. *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2015.12.009>

Collins, A. y Koechlin, E. (2012). Reasoning, Learning, and Creativity: Frontal Lobe Function and Human Decision-Making. *PLoS Biology*, 10(3), 1-16.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001293>

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annu. Rev. Psychol*, 66, 135-168.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

Diamond, A. y Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959–964.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21852486/>

Diamond, A. y Ling, D. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34-48.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>

Farina, J. (2013). Conceptos previos sobre respiración y función biológica del oxígeno en estudiantes ingresantes a la carrera de Psicología de la Universidad Nacional del Comahue. *Revista de Educación en Biología*, 16(2), pp-31.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22396>

Galagovsky, L. (2004a). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: el modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), pp. 229-240.

<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3885>

Galagovsky, L. (2004b). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: Derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las ciencias*, 349-364.

<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3869>

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. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v19-n2-galagovsky-aduriz/1907>

Galagovsky, L. y Greco, M. (2009). Uso de analogías para el "aprendizaje sustentable": El caso de la enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos y sus propiedades emergentes. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), 10-33. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273320452003>

García, M. (2012). *Las funciones ejecutivas cálidas y el rendimiento académico* [Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio.

<https://docta.ucm.es/entities/publication/79096a8f-2a5f-4f81-bcdc-631dbba30021>

Garófalo, S., Alonso, M. y Galagovsky, L. (2014). Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje. El caso del metabolismo de los carbohidratos. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 155-171.

- González-Medina, M. y Rodríguez-García, C. (2022). Escala para medir flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo en estudiantes de bachillerato. *Dilemas Contemporáneos. Educación, Política y Valores*, IX(2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i2.3045>
- Jacob, R. y Parkinson, J. (2015). The potential for school-based interventions that target executive function to improve academic achievement: A review. *Review of Educational Research*, 85(4), 512-552. <https://doi.org/10.3102/0034654314561338>
- Jiménez-Puig, E., Broche-Pérez, Y., Hernández-Caro, A. y Díaz-Falcón, D. (2019). Funciones ejecutivas, cronotipo y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista Cubana de Educación Superior*, 38(2).
- Lori, A. (2021). *Eficacia de un programa de entrenamiento en mindfulness en el rendimiento académico, las funciones ejecutivas y el bienestar subjetivo de estudiantes de educación primaria y secundaria españoles e italianos* [Tesis de doctorado, Universidad de Sevilla]. Repositorio. <https://idus.us.es/items/407f5d48-4527-4ae8-ba46-3b8d3f3fa424>
- Martín-Martínez, I., Chirisa-Ríos, L., Reigal-Garrido, R., Hernández-Mendo, A., Juárez-Ruiz-de-Mier, R. y Guisado-Barrilao, R. (2015). Efectos de la actividad física sobre las funciones ejecutivas en una muestra de adolescentes. *Anales de Psicología*, 31(3), 962-971. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16741429022>
- Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., Howerter, A. y Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cogn. Psychol.*, 41, 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moreno, C., Korseniowski, C. y Espósito, A. (2022). Procesos cognitivos y ejecutivos asociados a la expresión escrita infantil. *Ocnos. Revista de Estudios Sobre Lectura*, 22(2).

<https://doi.org/10.18239/ocnos.2022.21.2.2839>

Oliva, J. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista Electrónica de la Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 363-384. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen03/REEC_3_3_7.pdf

Ospina, N. (2019). *Estudio didáctico epistemológico sobre la enseñanza y el aprendizaje de temas de biología celular y química biológica: parte A: estudios con la mediación de un videojuego ambientado en una célula 3D; parte B: análisis de obstáculos comunicacionales en el procesamiento de la información de un texto sobre desnaturalización proteica* [Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio.

https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6715_OspinaQuintero.pdf

OpenAI. (2024). *ChatGPT* (versión del 5 de enero) [DALL·E 3].

Orgill, M. y Bodner, G. (2007). Locks and keys. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(4), 244–254. <https://doi.org/10.1002/bmb.66>

Pérgola, M. (2022). *Estudio didáctico epistemológico sobre la enseñanza y el aprendizaje de aspectos redox de la respiración celular* [Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio.

https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n7053_Pergola.pdf

Quesada, B. (2011). *La respiración celular: Representaciones y conceptos de los estudiantes de bachillerato de la Institución Educativa Departamental Serrezuela de Madrid y de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10188>

Raviolo, A. y Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Educación Química*, 27(3), 195-204.

<https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.003>

Richland, L. y Simms, N. (2015). Analogy, higher order thinking, and education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 6(2), 177-192.

<https://doi.org/10.1002/wcs.1336>

Salinas, I. (2020). ¿Cómo sobrevivir a la enseñanza de metabolismo celular en bachillerato. *Revista Digital Universitaria*, 21(2), 1-11.

<http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n2.a8>

Sanabria-Totaitive, I. y Arango-Martínez, A. (2021). La analogía como estrategia en la enseñanza de la evolución biológica. *Praxis*, 17(1), 11-26.

<https://doi.org/10.21676/23897856.3312>

Yoldi, A., Moreira, M., Sahelices, M. y García, E. (2019). Desarrollo e implementación de una propuesta didáctica para la promoción de la función ejecutiva “planificación y organización” en cursos de Física de enseñanza media. Un estudio de caso realizado en Uruguay. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(1), 10.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7023980>