

# La analogía como estrategia en la enseñanza de la evolución biológica

## Analogy as a strategy in the teaching of biological evolution

Inés Andrea Sanabria-Totaitive<sup>1</sup>, Angie Viviana Arango-Martínez<sup>2</sup>

1. Dra.(c). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Correo electrónico: inesandrea.sanabria@uptc.edu.co

2. Lic. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Correo electrónico: angie-961@hotmail.es  
Grupo de Investigación GECOS.

Recibido en diciembre 3 de 2019

Aceptado en octubre 27 de 2020

Publicado en línea en abril 10 de 2021

### Resumen

La enseñanza y el aprendizaje de la evolución biológica es un factor que presenta diversas dificultades. Sin embargo, es fundamental que los estudiantes comprendan los procesos orientados al origen de las diferentes especies. En este sentido, este artículo presenta los resultados de un estudio cualitativo en el que participaron 37 estudiantes de Noveno Grado de una Institución Educativa del Meta - Colombia, donde se utilizó la estrategia de analogía para enseñar el concepto de evolución biológica. Para ello, se elaboró una unidad didáctica desde el Modelo Didáctico Analógico (MDA) mediada por la pregunta, la cual comprendió tres momentos: representación y conceptualización del análogo, presentación del tópico y correlación analógica, y aplicación de los conocimientos adquiridos, cada fase con diferentes actividades. Los resultados develaron la importancia de utilizar las analogías y promover su construcción con los participantes; además, se evidenció un acercamiento hacia los conceptos relacionados con la evolución biológica, aunque en sus explicaciones predominó la teleología. Esta no siempre debe considerarse como obstáculo, pero sí se debe fomentar el enfoque “causa evolutiva” y no el de finalidad a lo largo del MDA. Por último, y según la revisión bibliográfica, este estudio presenta aspectos novedosos para la enseñanza de la evolución biológica.

**Palabras clave:** evolución biológica; videojuego; estrategia de enseñanza; ciencias naturales; interrogación.

### Abstract

The teaching and learning of biological evolution is a factor that presents several difficulties. However, it is essential that students understand the origin-oriented processes of the different species. In this sense, this article presents the results of a qualitative study in which 37 9th grade students from an Educational Institution in Meta - Colombia participated, where the analogy strategy was used to teach the concept of biological evolution. For this, a didactic unit was developed from the Analog Didactic Model (ADM) mediated by the question, which included three moments: representation and conceptualization of the analogous, presentation of the topic and analogical correlation, and application of the acquired knowledge, each phase with different activities. The results revealed the importance of using analogies and promoting their construction with the participants; furthermore, an approach towards the concepts related to biological evolution was evidenced, although in its explanations teleology predominated. This should not always be considered as an obstacle, but the “evolutionary cause” approach should be encouraged rather than the goal approach throughout the MDA. Finally, and according to the bibliographic review, this study presents novel aspects for the teaching of biological evolution.

**Keywords:** biological evolution; video games; teaching strategy; natural science; questioning.

## Introducción

La preocupación por identificar aquellos aspectos que obstaculizan los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales ha llevado a que se propongan diferentes metodologías (indagación, aprendizaje basado en problemas, estudio de casos, investigación dirigida, modelos didácticos basados en analogías) y estrategias que ayuden al entendimiento de dicha disciplina en general y de la evolución biológica en particular; además, se resalta la labor que el docente debe realizar para lograr captar el interés del alumno por lo que aprende, aludiendo al importante hecho de la motivación para el aprendizaje. En ese caso, las analogías se presentan como una herramienta que promueve la comprensión de conceptos o fenómenos a partir de temas que son familiares para los estudiantes.

### Las analogías en la enseñanza

Se ha mencionado que la enseñanza de las ciencias naturales requiere de la utilización de diversos métodos. A su vez, estos pueden articularse con estrategias que el docente considere necesarias para facilitar el proceso; es así como en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias suelen utilizarse las analogías que, según Oliva-Martínez (como se citó en Buitrago, 2015), hacen referencia a comparaciones entre el análogo y el tópico, las cuales sirven como herramientas para llevar a los estudiantes del conocimiento tradicional al conocimiento científico.

Además, González (2003) y Aragón, Oliva-Martínez y Navarrete (2013) afirman que las analogías también son un intento de modelizar el aprendizaje del alumnado, facilitando la visualización de los conceptos teóricos abstractos, el recuerdo de la información y su contextualización, siendo una disposición positiva frente al aprendizaje y el desarrollo de un pensamiento creativo que contribuirá a que este sea significativo. En el presente estudio se utilizó la evolución de los videojuegos como analogía para la enseñanza de la evolución biológica, pues es un tema que sin duda capta el interés de los estudiantes, permitiendo que utilicen sus conocimientos previos para la construcción de los conceptos. Sin embargo, el emplear las analogías en el aula de clase requiere que se tengan bases didácticas para que el aprendizaje sea significativo; de acuerdo con esto, Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001) proponen el Modelo Didáctico Analógico (MDA), entendido

como una representación didáctica utilizada en la enseñanza para acercar el conocimiento científico a los estudiantes, partiendo de sus conocimientos previos o tradicionales, y afirman que:

La idea básica para construir un modelo didáctico analógico es conocer profundamente el tema que se quiere enseñar, abstraer sus conceptos nucleares y las relaciones funcionales entre dichos conceptos y traducir todo a una situación, lo más inteligible posible para el alumnado, proveniente de la vida cotidiana, de la ciencia ficción o del sentido común. (p. 237)

Según Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001), la diferencia entre este modelo y las analogías concretas (entendidas como situaciones del sentido común o de la vida diaria de los estudiantes, que el docente extrae para enseñar los tópicos) radica en el contexto didáctico dentro del cual se trabajan en clase. En este sentido, se establecen tres fases en el modelo didáctico analógico necesarias para la aplicación de las analogías en el aula de clase: en la primera, se hace la presentación del análogo (evolución de los videojuegos) y consiste en que los estudiantes comprendan los diferentes fenómenos que suceden en el análogo para luego poderlos relacionar con el tópico (evolución biológica).

Seguidamente se desarrolla la fase donde se presenta el tópico. A su vez, se realiza la relación con el análogo, denominada también correlación analógica; es decir, “una vez trabajada la situación analógica desde el conocimiento propio de los alumnos, con un vocabulario tradicional, se presenta el conocimiento científico” (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001, p. 274); el docente puede apoyarse en herramientas como mapas conceptuales, videos, imágenes, textos, exposiciones, esquemas, cuestionarios y la pregunta para llevar a cabo cualquiera de estas etapas (Oliva-Martínez, 2008). Así, las preguntas, según Roca (2005), suelen estar presentes en toda actividad educativa, y al hacer uso del diálogo se pueden plantear buenas cuestiones resaltando que para el desarrollo de habilidades científicas no es pertinente utilizar preguntas cerradas o fácticas, pues estas solo llevan a que los estudiantes memoricen y repitan un conocimiento; es decir, las preguntas cerradas solo involucran el producto de la ciencia, mientras que las preguntas abiertas, al hacer que los estudiantes busquen y reelaboren sus ideas, llevan a que se desarrolle todo un proceso de ciencia, como lo afirman Furman y Podesta (2009).

Finalmente, se realiza la transposición y el análisis de los procesos analógicos, es decir, los estudiantes toman conciencia de su aprendizaje, de lo que comprendieron del tema y de la forma como han relacionado el análogo con el tópico para construir sus propios conceptos y las maneras de interpretar diferentes situaciones presentadas con relación al tema; esta etapa se denomina metacognición y es entendida como una autogestión del aprendizaje (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

## Enseñanza de la Evolución Biológica

La evolución biológica es uno de los elementos unificadores de la biología moderna; sin embargo, su enseñanza ha enfrentado y afronta diversos inconvenientes y retos desde sus inicios, especialmente a partir de 1859 con la publicación de *El Origen de las Especies por Selección Natural* (Astudillo et al., 2018; Della y Ocellly, 2020; Peñaloza, 2016; Sánchez y De la Luz-Ramírez, 2016; Tamayo, 2010), lo que ha generado que se reconozcan a quienes defienden y critican fuertemente la teoría de la evolución descrita por Darwin (Rivas y González, 2016). Esto conduce a que se presenten dificultades en su aprendizaje y comprensión (González-Galli y Meinardi, 2017; Pérez et al., 2018), limitando la capacidad para explicar fenómenos de la vida diaria, como lo afirman Grau y Jordi (2002) al exponer que:

A nuestro entender, entre los objetivos que debería contemplar un programa de alfabetización científica en la educación secundaria no pueden faltar algunos referidos al hecho evolutivo. Entre ellos, cabría destacar: el conocimiento de las pruebas de la evolución biológica, la comprensión de los conceptos básicos de su mecanismo (darwinismo y selección natural) y el conocimiento, también básico, de los cambios evolutivos que han originado la especie humana. (p. 56)

De tal manera que la forma como se enseña y aprende la evolución biológica ha estado enmarcada en una serie de dificultades que manifiestan tanto docentes como estudiantes, obstáculos relacionados con concepciones erróneas, la influencia de creencias religiosas, falencias conceptuales por parte del docente, el entender la evolución como un proceso lineal, la disposición frente al tema, explicaciones basadas en la teleología, mala interpretación de la teoría evolutiva darwiniana, presentación de

contenidos inexactos en los libros de texto, escaso conocimiento de docentes y estudiantes, insistencia de diferenciar darwinismo de Lamarckismo, inadecuados materiales y estrategias didácticas (Chávez 2009; González-Galli, 2011; González-Galli y Meinardi, 2015; Ramírez-Olaya, 2016; Tamayo, 2010), y la manera como los medios de comunicación y el lenguaje intervienen en la construcción de falsos conceptos; por ejemplo, el término mutación lo relacionan con mutante, extraño o deforme, siendo estas concepciones totalmente contrarias al significado con el cual lo aborda la comunidad científica (Grau y Jordi, 2002). También, los estudiantes “suelen pensar que la adaptación biológica se refiere a que los organismos efectúan conscientemente cambios físicos en respuesta a cambios ambientales de tal forma que el mecanismo evolutivo se basaría en una mezcla de necesidad, uso y falta de uso” (Tamayo, 2010, p. 23). Sumado a esto, la tendencia de los seres humanos a clasificar todo lo que se observa, dificulta comprender la evolución como procesos poblacionales y ecológicos (Moreno, 2010).

Por otra parte, González-Galli y Meinardi (2015) mencionan tres obstáculos de mayor prevalencia para aprender el Modelo de Evolución por Selección Natural (MESN): la teleología de sentido común, el razonamiento causal lineal y el razonamiento centrado en el individuo. González-Galli (2011) destaca la naturaleza teleológica de las concepciones de los estudiantes como un aspecto negativo que debe ser eliminado, reemplazado o modificado. Es importante aclarar que las explicaciones teleológicas son aquellas en las que se considera que los organismos son diseñados para el papel que sirven visiblemente, utilizando expresiones como “con el fin de”, “por el bien de” o “para que” (Kampourakis, 2020; Kampourakis y Minelli, 2014).

Partiendo de la importancia que suscita el relacionar las concepciones y los obstáculos epistemológicos en torno a la enseñanza y el aprendizaje de la evolución biológica para diseñar, seleccionar e implementar estrategias adecuadas que contribuyan a comprender este gran concepto (González-Galli et al., 2018), diversas investigaciones presentan propuestas didácticas y realizan análisis epistemológicos, históricos y conceptuales alrededor de este tópico. Como se muestra en la tabla 1, se destacan, luego de una revisión bibliográfica, 16 estudios publicados en Colombia en el periodo 2010-2020.

**Tabla 1.** Estudios relacionados con la enseñanza de la evolución biológica publicados en Colombia 2010-2020.

Temas de investigación	Descripción	Autores
Estrategias para la enseñanza y aprendizaje de la evolución biológica	Juegos de mesa “Árbol de la vida. Viaje en el tiempo al origen de la vida” y otros como Evolución, el Cuchador y los Fríjoles, y Evolucionar o Perecer.	Araujo y Cantó (2015), Ramírez-Olaya (2016)
	Involucrar la experimentación en el estudio evolutivo mediante la genética.	Chávez (2011)
	Enseñanza de la hipótesis de la evolución y desarrollo biológico (EVO-DEVO).	Chávez (2010)
	Preguntas que movilizan el entendimiento de la vida en la Tierra.	Obando (2011)
	El arte como estrategia para aprender sobre los fósiles.	López-Piñeros (2012)
	Explicación de los procesos evolutivos desde su funcionalidad e historicidad.	Ruiz, Álvarez, Noguera y Esparza (2012)
Análisis de libros de textos escolares	Se evidencian graves errores conceptuales que promueven obstáculos epistemológicos.	Vallejo (2010);
	Iconografía repetida y descontextualizada; predominan imágenes de jirafas, pinzones y polillas. Hace falta incluir imágenes que representen la variabilidad.	Ramírez-Olaya (2012)
Análisis epistemológicos, conceptuales, históricos y metodológicos en torno a la enseñanza de la evolución biológica.	Entender el concepto de aceptación es clave para la comprensión y la enseñanza de la evolución.	Peñaloza (2016)
	Análisis de estudios representantes de la época de auge de la teoría evolutiva. Recuento histórico. Influencias religiosas.	Tovar (2015)
	Establecer debates epistemológicos entre la teoría sintética de la evolución y la teoría de la endosimbiosis.	Chávez (2012)
	Análisis de la aceptación o rechazo de la evolución biológica. Las actitudes negativas están influenciadas por la religión.	Oliveira et al. (2012)
	Se critica la frase de Dobzhansky “Nada en biología tiene sentido, excepto a la luz de la evolución”, pues esto lleva a que se asuma que en la biología lo realmente importante sea la enseñanza de la evolución biológica.	Castro (2012)
	La necesidad de incluir en la enseñanza la Síntesis Evolutiva, puesto que permite integrar diferentes áreas y construir bases sólidas sobre la teoría evolutiva.	Folgera y Galli (2012)
	Se describen y analizan las diversas maneras en las que se está enseñando evolución biológica: juegos, simulaciones, ideas previas, el pensamiento de árboles filogenéticos y módulos de investigación.	Araujo y Roa (2011)

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo anterior, y según la revisión bibliográfica realizada a la revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias de la Universidad de Cádiz España, en el periodo 2010-2020, los estudios que allí se publican no difieren mucho de los encontrados en Colombia, los cuales se destacan por identificar las dificultades para la enseñanza y el aprendizaje de la evolución biológica, por la influencia de las creencias personales de los estudiantes y los docentes (Bermúdez, 2015; González-Galli y Meinardi, 2017; Rivas y González, 2016), así como por utilizar el estudio de la historia de Darwin para promover la lectura, las actitudes positivas en el aprendizaje y la familiarización con la teoría evolutiva en la educación no formal (Cuvi y Georgii, 2013; Cuvi et al., 2013; Molina et al., 2013); otros crean estrategias

en las que involucran simulaciones computacionales, implementación de secuencias didácticas y utilización de los museos con el fin de facilitar la comprensión de la evolución biológica (Della y Ocelli, 2020; Moreno et al., 2018, Sánchez y De la Luz-Ramírez, 2016).

En este sentido, y teniendo en cuenta las dificultades reportadas en la bibliografía en la enseñanza de la evolución biológica, el presente estudio tuvo como fin responder a la pregunta ¿De qué manera el uso de analogías diseñadas a partir del Modelo Didáctico Analógico contribuye en la enseñanza del concepto de evolución biológica? Se plantearon como objetivos específicos diagnosticar los conocimientos que los estudiantes de Noveno Grado tienen

sobre evolución biológica, implementar la unidad didáctica “evolución de los videojuegos, otra manera de enseñar evolución biológica” y valorar su pertinencia en la enseñanza de este tema.

## Metodología

Este estudio es de tipo cualitativo porque permitió la descripción, la interpretación y el análisis de los datos en palabras de las personas, y la comprensión de la realidad educativa (Hernández et al., 2014); así mismo, se seleccionó la Investigación Acción como eje del desarrollo del proceso, siguiendo los momentos de planificación, acción, observación y reflexión (Colmenares y Piñero, 2008). Además, este tipo de investigación le permite al maestro ser el actor principal en el aula de clase e investigar sobre su propia práctica. Los participantes del estudio fueron 37 estudiantes de una Institución Educativa del Meta - Colombia, pertenecientes al Grado Noveno. Se llevaron a cabo tres fases que orientaron el estudio, las cuales se establecieron de acuerdo con los objetivos. A continuación se describe cada una de ellas:

*Fase de diagnóstico.* En la primera clase los participantes fueron informados del proyecto y firmaron el respectivo consentimiento para el desarrollo de la investigación.

También se aplicó una encuesta diagnóstica la cual permitió identificar los conocimientos que los estudiantes tenían sobre evolución biológica. Las encuestas fueron sometidas a validación por expertos en el tema. Una vez obtenidos los resultados del diagnóstico se diseñaron los respectivos talleres, teniendo en cuenta la observación, el análisis y la reflexión en cada uno de ellos, y luego su puesta en práctica, indispensable en la Investigación Acción.

*Fase de diseño e implementación.* Se utilizó la analogía de evolución de los videojuegos propuesta por Naranjo (2013). Esta fue rediseñada teniendo en cuenta los resultados de la fase diagnóstica y a partir de ella se elaboró una unidad didáctica utilizando el Modelo Didáctico Analógico propuesto por Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001), y la pregunta como su mediadora, considerándola una herramienta útil en el aula de clase y en la enseñanza de las Ciencias (Reyes y Padilla, 2012). Esta unidad recibió el nombre de “Evolución de los videojuegos, otra manera de enseñar evolución biológica” que permitió la enseñanza de conceptos como adaptación, selección natural, ancestro, eras geológicas y evolución. Se establecieron cuatro fases cada una con actividades específicas descritas en la tabla 2. La implementación de la estrategia abarcó doce horas de clase y se desarrolló en grupos de cinco y seis estudiantes.

**Tabla 2.** Se describe cada una de las fases del Modelo Didáctico Analógico relacionadas con sus propósitos y la descripción de las actividades.

Fases	Descripción de actividades
<b>Fase uno:</b> Representación y conceptualización del análogo “Evolución de los videojuegos”	<i>Actividad 1: Historia de los videojuegos.</i> Los estudiantes analizaron diferentes imágenes sobre la evolución de los videojuegos a partir de preguntas como ¿Qué cambios han tenido los videojuegos?, ¿por qué se han tenido que modificar los videojuegos a los modelos actuales? Se establece un diálogo sobre la historia de los videojuegos entre los estudiantes y el docente mediado con preguntas como ¿Qué variables observan que son constantes en todas las imágenes?, ¿cuáles fueron las compañías que se mantuvieron en el mercado?, ¿cuál fue el ancestro común de todas las consolas?, ¿de qué depende que algunas consolas ya no se consigan? <i>Actividad 2: Armando el árbol de los videojuegos.</i> Los estudiantes, teniendo en cuenta la historia de los videojuegos, armaron un árbol organizando las compañías según año de aparición, año en que algunas salieron del mercado y las compañías que lograron permanecer; por ejemplo, Nintendo.
<b>Fase dos:</b> Presentación del tópico “Evolución biológica” y correlación analógica	<i>Actividad 3: Las eras geológicas.</i> Con el fin de abarcar esta parte de la evolución biológica tan importante y que para los estudiantes es difícil de comprender (Segura y Trujillo, 1994), se construyó una línea de tiempo de acuerdo con las indicaciones del docente, resaltando años, eras y acontecimientos más importantes. <i>Actividad 4. Imagen – Concepto.</i> Con la visualización de un documental se ejecutó un análisis de las adaptaciones que diferentes especies de animales adquieren a partir de la información genética heredada producto de la selección natural. Para finalizar esta fase se realizó la correlación analógica utilizando el formato presentado en la tabla 3 y preguntas como ¿Qué relación existe entre la evolución de los videojuegos y la evolución biológica?, ¿qué relación tienen respecto al tiempo?, ¿qué comparación harían entre las compañías de los videojuegos y las especies?, ¿qué se puede decir respecto a la selección que se realiza en ambos casos?

<p><b>Fase tres:</b> Aplicación de los conocimientos adquiridos.</p>	<p><i>Actividad 5. Camuflaje del insecto hoja.</i> Mediante un caso de adaptación donde se ven involucrados diferentes conceptos de evolución biológica como especie, ancestro, mutaciones, características y reproducción; los estudiantes utilizaron los conocimientos científicos que habían construido para interpretar la imagen y resolverlo adecuadamente. Además, dieron respuestas a preguntas como ¿Quién selecciona qué ser vivo es apto para continuar en la naturaleza y cual se extingue?, ¿qué entienden por evolución biológica?, ¿en qué consiste la selección natural?</p>
--	--

Fuente: elaboración propia.

## Resultados

Los resultados se describen teniendo en cuenta la pregunta y los objetivos planteados en la investigación, es decir, el cómo comprenden la evolución biológica antes y después de la aplicación de la estrategia de enseñanza, y se incluyen algunas de las respuestas que los estudiantes dieron a las actividades realizadas en cada una de las fases del Modelo Didáctico Analógico: representación y conceptualización del análogo, presentación del tópico y correlación analógica y aplicación de los conocimientos adquiridos.

Atendiendo al diagnóstico, los estudiantes debían escribir 10 palabras que según ellos se relacionaran con la evolución biológica. Luego describirían la relación que cada una de esas palabras tenía con el tópico. De esta manera, y utilizando el programa de análisis cualitativo NVivo 12 Plus, se identificaron las palabras que con más frecuencia mencionaban los estudiantes, como se evidencia en la figura 1.

**Figura 1.** Palabras que los estudiantes relacionan con la evolución biológica.



Fuente: elaboración propia.

La nube representa la frecuencia con que una palabra es repetida por los estudiantes. Se evidencia que mencionan en mayor medida animales, plantas, cambio, ADN, ser humano, extinción; sin embargo, son solo términos que se les vienen a la mente cuando escuchan evolución biológica, puesto que al determinar la relación que dicha palabra tenía con el tópico, sus descripciones eran poco fundamentadas y en muchos casos incoherentes, evidenciándose así obstáculos verbales (Mora, 2005). Por ejemplo, cuando escribían el término “animales”, lo relacionaban con “*los animales nos hacen sentir muy bien en una evolución biológica...*”; “plantas”, “*especie de plantas muy buen crecimiento y además una buena evolución...*”; “tiempo”, “*que cada vez pasa algo mejor a lo anterior*”. Estos resultados evidencian en los estudiantes una escasa comprensión de los conceptos y procesos relacionados con la evolución biológica como lo menciona Gregory (2009) y Rivas y González (2016); además, ningún estudiante mencionó la *selección natural*, siendo está el principal mecanismo por el cual la evolución ha transcurrido con el pasar del tiempo según Darwin (Gregory, 2009; Moreno, 2002), y a su vez el término *ancestro* tampoco es mencionado.

Por otro lado, también se evidencian algunos obstáculos epistemológicos mencionados por Mora (2005) como el de conocimiento general, al usar generalizaciones para explicar conceptos, por ejemplo, “cambio”: “*han existido muchos cambios al pasar de los años, han cambiado sus características*”; el de querer darle una utilidad a los acontecimientos, por ejemplo, “Depredación”: “*los animales más grandes dependen de los más pequeños, ellos se alimentan de estos para así evolucionar y crecer*”. A su vez, esta última afirmación da cuenta de explicaciones teleológicas sobre los procesos evolutivos y coincide con los estudios realizados por Tamayo (2010); González-Galli (2011) y Bermúdez (2015).

## Evolución de los videojuegos

La evolución de los videojuegos se trabajó a partir de dos actividades: la primera de ellas fue Historia de los videojuegos, que abarcó desde el origen de las primeras

compañías hasta las que han logrado permanecer en el mercado (figura 2); se identificaron como ítems de análisis: evolución, necesidad de actualización y cambios. En cuanto al término “evolución”, los estudiantes expresaron que “cada vez se va evolucionando y van teniendo competencias más fuertes en el mercado”, “han evolucionado en tamaño y

forma según la comodidad de cada jugador”. Estas afirmaciones evidencian cómo relacionan la evolución de los videojuegos con mejoras y modificaciones que las Compañías hicieron a sus productos para lograr una buena demanda de compra en el mercado y así permanecer en el mismo.

Figura 2. El tiempo de las Compañías de los videojuegos.

GENERACIÓN	AÑO	COMPAÑÍAS	EVENTOS
Séptima	2005-2006	Microsoft Nintendo Sony	Continúa la competencia
Sexta	1999-2005	Microsoft Nintendo Sony Sega	★ Microsoft crea el Xbox, Sega no puede competir contra Nintendo y Sony, y sale del mercado.
Quinta	1993-1998	Nintendo Sony Sega Atari NEC	★ Atari sale del mercado.
Cuarta	1988-1991	Nintendo Sega Atari SNK NEC	Atari, Sega y Nintendo son las competencias fuertes del mercado.
Tercera	1985-1986	Nintendo Sega Atari	Nintendo saca su primera consola al mercado
Segunda	1977-1984	Nintendo Atari Sinclair Anstrad	Atari se consolidó como una de las grandes marcas de videoconsolas.
Primera	1972	Magnavox	

★ Compañías importantes que salen del mercado.

Fuente: Arango y Sanabria (2018).

En algunas de las respuestas de los estudiantes el término necesidad de actualización está relacionado con cambios que deben realizarse a los videojuegos, conectando la necesidad con la importancia de satisfacer al comprador. Aquí se tiene en cuenta que para ello son las Compañías las que deben realizar cambios a sus productos, pero especifican que esos

cambios van orientados a “mejoras”, a “estar a la moda”, a que sean “famosos y modernos”, “actualizados y nuevos”.

En este sentido, a continuación, se detallan algunas de las frases de los estudiantes sobre la historia de los videojuegos: “los cambios han sido consecuentes en diseño, calidad,

estructura práctica y tamaño, para brindar a los usuarios una mejor experiencia virtual”, “las empresas necesitan actualizarse y crear nuevos juegos para que la gente compre sus videojuegos”, “las Compañías han tenido muchos cambios en sus videojuegos por la competencia en el mercado. Los jugadores han exigido con críticas a las empresas para el mejoramiento de sus juegos”. Estas explicaciones dadas por los participantes, orientadas a la existencia de rasgos o características en función de lo que hace o para lo que serviría, suelen considerarse como obstáculos para comprender procesos evolutivos (Kampourakis, 2020).

Con el fin de abarcar otra parte importante de la historia de los videojuegos, se realizó la actividad Armando el árbol de los videojuegos. En ella se buscó que los estudiantes identificaran la primera compañía (Magnavox) y el surgimiento, la permanencia o la extinción de las otras empresas a través del tiempo. Las palabras utilizadas en sus interpretaciones permitieron abarcar algunos conceptos de evolución biológica, por ejemplo,

*Magnavox, antecesora de las grandes franquicias, fue la primera en producir videojuegos del mundo, la cual fue superada por Atari entre 1968. Atari tras la aparición de Nintendo cayó en picada y llegó hasta su quiebra entre 1970 y 1980... la aparición de Microsoft convirtiéndose junto a Sony y Nintendo, una de las grandes franquicias del mercado hasta la actualidad.*

De esta manera, es importante mencionar que varios de los términos utilizados por los estudiantes para describir los diferentes sucesos que se llevaron a cabo en la historia de los videojuegos son cotidianos y permitieron realizar la analogía con la evolución biológica. Además, se identifica la claridad con la que comprenden los diferentes mecanismos evolutivos de los videojuegos, resaltando la aparición y la desaparición de Compañías del mercado, la competencia por lograr la compra de sus productos, los cambios positivos necesarios en los productos, el reconocimiento de una compañía como antecesora de todas las demás, el hecho de que el tiempo sea el mediador de los avances, y la forma como la gente determina la compra de los productos y por ende la permanencia de las compañías en el mercado. En la figura 3 se observa la frecuencia de los términos utilizados por los estudiantes para referirse a los procesos llevados a cabo en la historia de los videojuegos.

**Figura 3.** Frecuencia de palabras relacionadas con la evolución de los videojuegos.



Fuente: elaboración propia

De los términos que se muestran en la figura 3, si bien pueden utilizarse como mediadores para comparar y explicar algunos procesos de la evolución biológica, es importante evitar el uso teleológico funcional al realizar la correlación analógica. Esto podría conllevar dificultades analógicas como la simplificación de los procesos evolutivos de selección natural, adaptación, cambio, tiempo geológico, entre otros, por parte de los estudiantes (Oliva-Martínez *et al.*, 2001).

### Evolución biológica y correlación analógica

Luego de la presentación del análogo (evolución de los videojuegos) se realizó la presentación del tópico (evolución biológica) con el fin de promover una construcción conjunta del concepto y los mecanismos que conlleva la evolución biológica; es decir, se expuso la información científica en un vocabulario adecuado al nivel de escolaridad. Esta fase del MDA se realizó a partir de actividades que involucraron a los estudiantes, como lo señala Oliva-Martínez (2008) al mencionar que los docentes aparte de saber seleccionar las analogías adecuadas también deben diseñar actividades para la aplicación de la analogía.

Siguiendo esta premisa, para explicar las eras geológicas, los estudiantes organizados en grupos leyeron un texto (cada grupo tenía un texto diferente sobre la historia del tiempo

geológico); posteriormente empezaron a construir sobre el piso del aula de clase la línea del tiempo, resaltando años, eras y acontecimientos más importantes. De esta manera, se logró que los estudiantes trabajaran en pequeños grupos discutiendo la forma en la cual representarían la información que tenían; luego de este trabajo se realizó la socialización general. Aquí los participantes hablaron y realizaron preguntas. Importante resaltar que guiar a los estudiantes es un factor fundamental para orientar la conceptualización (Oliva-Martínez, 2008): se trataron temas como las primeras formas de vida en la Tierra, grandes extinciones, eras y periodos geológicos y adaptaciones.

Otra actividad realizada fue la denominada Imagen-concepto. En ella se buscó que, a partir de la visualización de un documental (Los animales fantásticos de Madagascar), los estudiantes identificaran algunos conceptos relacionados con evolución biológica o algunas formas de vida de determinados animales. A continuación se muestran ciertas interpretaciones realizadas por los participantes: *“aquellas arañas que lograron realizar un proceso de adaptación al entorno fueron las que pudieron evolucionar”, “los camaleones se camuflan para protegerse de los depredadores y cambian de color para conquistar a sus hembras”, “las arañas se adaptaron al medio donde se encuentran para defenderse de los depredadores”*. En las afirmaciones anteriores y en otras realizadas por los estudiantes se observa un constante uso del concepto adaptación de una manera teleológica para referirse a los

procesos que las especies, tanto de plantas como de animales, debieron sufrir para poder vivir en determinados ambientes (Chávez 2009; Vallejo, 2010). Por otro lado, el término adaptación es explicado de acuerdo a las ideas espontáneas de los participantes producto del trabajo realizado con el análogo, y en sus afirmaciones relacionan o mencionan el término cambio, el cual, según Gándara-Gómez *et al.* (2002), es un requisito para la adaptación y esta a su vez produce diferencias o también existen cambios que son adaptaciones. Sumado a lo anterior, se evidencia que adaptación es explicada en términos evolutivos y no fisiológicos, pues Caponi (2014) menciona que los estudiantes parecen tener dificultades para pensar el surgimiento de las adaptaciones en términos poblacionales por selección natural.

Realizada la presentación del tópico se abarca la correlación analógica. Se empieza con un diálogo analógico mediado por preguntas: *¿Cómo podrían relacionar la evolución de los video juegos con la evolución biológica?, ¿a qué hace referencia Magnavox en la evolución de los videojuegos?, ¿qué es un ancestro?, ¿por qué algunas Compañías desaparecieron del mercado? Teniendo como fin la construcción colectiva de las relaciones entre los procesos que se llevaron a cabo en la historia de los videojuegos y los mecanismos propios de la evolución biológica, los estudiantes plasmaron posteriormente sus ideas en el formato de correlación analógica (tabla 3), identificando los elementos de similitud entre análogo y tópico para el procesamiento de la información.*

**Tabla 3.** Ejemplo de la correlación analógica realizada por los estudiantes.

Análogo	Descripción	Tópico	Descripción
<b>Evolución de los video juegos</b>	<i>evolucionaron adaptándose a los requerimientos del usuario</i>	<b>Evolución Biológica</b>	<i>es cuando un animal o planta evoluciona adaptándose al medio ambiente donde se encuentra</i>
<b>Tiempo</b>	<i>fue todo el proceso que tuvieron los video juegos para poder evolucionar a lo que son ahora</i>	<b>Tiempo geológico</b>	<i>se divido en proterozoica, paleozoica, mesozoica y cenozoica</i>
<b>Compañías</b>	<i>Son las diferentes empresas que crearon video juegos, con diferentes ideas y unas pudieron sobrevivir</i>	<b>Especies</b>	<i>son los diferentes tipos de animales los cuales tienen un mismo ancestro, pero tienen diferentes características</i>
<b>Magnavox</b>	<i>Fue la primera consola la cual impulsó la creación de muchos tipos diferentes de consolas</i>	<b>Célula procariota</b>	<i>Fue la primera célula que impulsó la creación de la célula eucariota y a su vez la creación de todas las especies de plantas y animales</i>
<b>Generaciones</b>	<i>las generaciones son las diferentes clases de video juegos que evolucionaron en un orden cronológico</i>	<b>Eras Geológicas</b>	<i>fueron las eras donde sucedieron cambios en el ambiente lo cual produjo la evolución o extinción de diferentes especies</i>

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de dicha analogía: en cuanto al ancestro, los estudiantes mencionan que *“así como las compañías de los videojuegos tuvieron un ancestro denominado Magnavox, de la misma manera todos los seres vivos tenemos como ancestro a la célula Procariota la cual surgió en el Protozoico”*; comparando evolución de videojuegos y evolución biológica en general, mencionan que *“los videojuegos evolucionaron adaptándose a los requerimientos del usuario y del mercado, y que la evolución biológica es cuando un animal o planta evoluciona adaptándose al medio ambiente donde se encuentra”*; además, también hacen referencia a que *“las consolas han evolucionado para sobrevivir en el mercado igual que el hombre ha evolucionado para sobrevivir a la naturaleza”*, *“los dos (análogo y tópico) llevan un proceso y van evolucionando al transcurso del tiempo”*.

En las anteriores afirmaciones de los estudiantes se evidencia un acercamiento hacia los procesos relacionados con la evolución biológica. A su vez, las explicaciones de correlación entre análogo y tópico, aunque pueden mostrarse como generalistas y teleológicas (en algunas), permitieron que los estudiantes involucraran y relacionaran más términos con los procesos evolutivos, lo que coincide con Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001) cuando mencionan que el MDA incentiva la participación de los estudiantes en la construcción de la analogía que se les plantea, posibilitando una mejor comprensión y claridad sobre los conceptos que se quieren enseñar (Oliva-Martínez *et al.*, 2001).

### Aplicación de conocimientos y Metacognición

Con el fin de que los estudiantes utilizaran los conocimientos construidos sobre evolución biológica, se realizó la actividad camuflaje del insecto hoja. Esta consistió en que los participantes interpretaran la situación que se les presentaba (figura 4). Dicha interpretación estuvo mediada por preguntas como ¿Por qué hay tres colores diferentes de insectos hoja? ¿Qué sucede con los insectos hoja que presentan una coloración amarilla? entre otras.

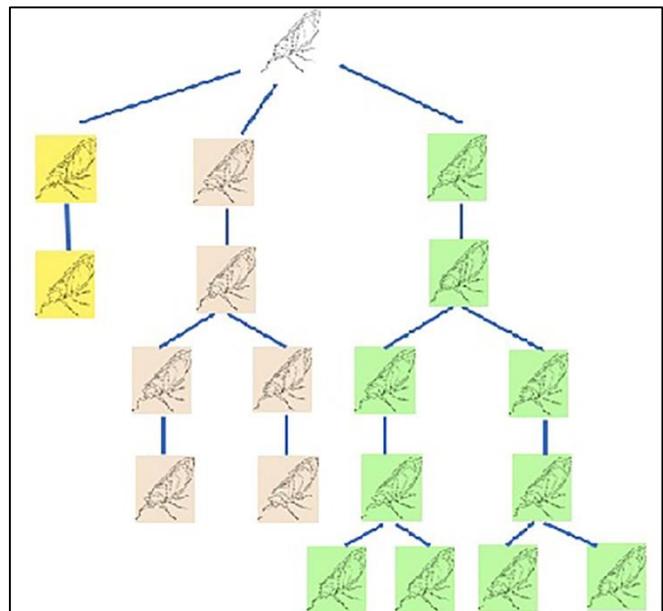
A continuación, se evidencian algunas de las explicaciones que mencionaron los participantes:

*Siempre que hablamos de evolución biológica debemos tener en cuenta que hay un ancestro, del cual hay descendencia y pueden en estas desarrollarse mutaciones, pero solo se destacan las más favorables, prácticamente son las que se adaptan a su entorno ya sea por su color o*

*habilidad. Ya que las otras mutaciones no favorables son más vulnerables ante los depredadores.*

*Todo empezó con los ancestros de los insectos hoja los cuales mutaron y crearon variaciones diferentes de color esto produjo que un tipo de insectos de color amarillo no se pudieran camuflar en el bosque y fueron cazados hasta ser extinguidos, pero hubo una mutación de color café que sobrevivieron un poco más pero igualmente fueron extintos mientras que hubo una última variación de color verde la cual se camuflaba muy bien y dejó descendencia y a menos de que cambien de ambiente no se extinguirán.*

**Figura 4.** Situación para la actividad camuflaje del insecto hoja.



Fuente: elaboración propia.

Las afirmaciones realizadas por los participantes demuestran la utilización de términos relacionados con la evolución biológica para explicar lo que sucedía con los insectos hoja, donde varios de los procesos trabajados en la historia de los videojuegos se ven involucrados. Aunque en sus explicaciones persiste el enfoque teleológico, este no debe considerarse del todo erróneo, lo que coincide con Kampourakis (2020) cuando menciona que las explicaciones darwinianas pueden considerarse teleológicas siempre y cuando estén orientadas a “causas evolutivas” y no a “causas finales”, y en lo mencionado por los estudiantes se evidencia el uso de términos como *descendencia* y *población*, importantes para comprender procesos evolutivos como la selección natural.

De igual manera, esta etapa permite analizar la forma como

los estudiantes entienden la temática trabajada luego de la aplicación de la estrategia a la pregunta ¿Qué entienden por evolución biológica? Algunas de las respuestas de los participantes fueron: “son cambios que surgen a los cuales se someten las diversas especies para poder adaptarse y sobrevivir en su entorno natural”, “el proceso que se lleva para que se creen nuevas especies”, “el cambio que se da en un ser vivo a su entorno a través del tiempo”, “es una adaptación de un ser vivo a un ambiente o de un entorno a otro”, “es cuando una especie está en un ambiente, que puede cambiar y al suceder esto la especie se adapta al cambio para sobrevivir”. Lo anterior da cuenta de la persistencia en explicaciones teleológicas y es reafirmado por Kampourakis (2020) al decir que la teleología es una característica inevitable de las explicaciones basadas en la selección natural. También se evidencia que entre los términos utilizados para explicar evolución biológica se incluyen: tiempo, cambio, adaptación, especies, entorno, ambiente, ser vivo, sobrevivir y descendencia (figura 5).

**Figura 5.** Frecuencia de palabras utilizadas por los estudiantes sobre evolución biológica luego de la implementación de la estrategia.



Fuente: elaboración propia.

Al comparar los términos que muestra la figura 5 con los de la figura 1 es posible inferir que el MDA permitió en los estudiantes relacionar términos acordes con los procesos de evolución biológica (cambio, adaptación, especies). Sin embargo, términos como el de *ancestro*, *población*, *tiempo geológico* y *selección natural* son pocos o nada usados en sus afirmaciones, lo que da cuenta de la prevalencia de dificultades ya descritas en la bibliografía, como la poca comprensión del tiempo para establecer

una correspondencia entre la edad de la Tierra y el proceso evolutivo, y la importante relación que el término adaptación debe establecer con población y ancestro para entender la selección natural (Gándara *et al*, 2002; González-Galli y Meinardi, 2017; Tamayo, 2010).

Finalmente, los estudiantes lograron dar varios ejemplos de evolución biológica resaltando que esta aún no ha terminado, que tanto los seres humanos como los demás seres vivos seguimos evolucionando, solo que esa evolución es tan lenta que no nos percatamos de ello (Tamayo, 2010). Es decir, a la pregunta ¿La evolución tiene un fin? Sí, no ¿Por qué? los estudiantes dieron respuestas como “no, porque nos mantenemos en constante evolución. Es lenta y no sucede de un día para otro”, “no, porque si el individuo es capaz de adaptarse con las diferentes características para evolucionar y reproducirse esto sería como un ciclo”, “no, porque siempre vamos a ir evolucionando así no lo notemos”.

## Discusión

El Modelo Didáctico Análogo utilizado en este estudio devela la importancia del diseño e implementación de estrategias didácticas para la enseñanza. Es así que, desde cada una de sus fases (representación y conceptualización del análogo, presentación del tópico y correlación análoga y aplicación de los conocimientos adquiridos) fue posible dar cuenta de un proceso que permitió acercar el concepto de evolución biológica a los participantes a partir del análogo Historia de los videojuegos como un elemento familiar en los estudiantes (Oliva-Martínez *et al.*, 2001). Aunque en los resultados se evidencian diversas dificultades que crean obstáculos epistemológicos para comprender los procesos evolutivos, como las explicaciones teleológicas (González-Galli y Meinardi, 2015; González-Galli, 2019; Vallejo, 2010), estas no siempre deben considerarse como erróneas, según Kampourakis (2020), ya que son inherentes a las explicaciones basadas en la selección natural. Además, se coincide con este autor en que lo importante no es estudiar si una explicación es teleológica o no, sino la etiología consecuente de la misma, es decir, la “causa evolutiva” implícita en los rasgos que intentan explicarse.

Por otro lado, a las dificultades evidenciadas en el diagnóstico y las mencionadas en la teoría relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de la evolución biológica puede sumarse la poca importancia que se atribuye desde el Ministerio de Educación en Colombia a la enseñanza de este tema (Mesa y Buitrago, 2014). Al respecto, Vázquez y Bugallo (2018), luego de analizar el currículo de diferentes países,

concluyen que para ayudar a los estudiantes a construir un modelo de evolución es necesario colocar desde edades tempranas los primeros segmentos. De la misma manera, la reflexión de los resultados en torno a la analogía que aquí se presenta son fundamentales para incluir en posteriores investigaciones cuestiones relacionadas con la biología evolutiva del desarrollo (EVO-DEVO) y así enfrentar obstáculos epistemológicos para comprender “cómo podrían haber evolucionado formas muy diferentes de ancestros comunes a través de procesos evolutivos” (Kampourakis y Minelli, 2014, p. 381).

En cuanto a los términos biológicos evolutivos trabajados dentro del Modelo Didáctico Analógico, se evidenció un acercamiento a la comprensión, por parte de los participantes, del término *adaptación*, al involucrar el *cambio* en sus explicaciones, pues, según Apodaca *et al.* (2016), esas características —que algunos organismos poseen y que les permiten aumentar la posibilidad de supervivencia y reproducción en un ambiente determinado— son denominadas adaptaciones y originadas por la selección natural. Además, el término *adaptación* es considerado como una idea nuclear referida a grandes ideas de las ciencias de la vida necesarias en la base conceptual desde los estudiantes de Básica Primaria, para entender el modelo evolutivo (Lehrer y Schauble, como se citó en Vázquez y Bugallo, 2018). Así mismo, se encuentran relevantes en la enseñanza de la evolución biológica las ideas nucleares o conceptos como herencia y variación de rasgos, cambios en organismos y poblaciones, evidencias de ancestros comunes, selección natural, selección artificial, extinción y biodiversidad, como lo menciona Vázquez, y Bugallo (2018). Estos elementos deben ampliarse y trabajarse en las aulas de clase desde grados tempranos, lo que permitiría que los estudiantes comprendan y razonen sobre la evolución biológica (Vázquez y Bugallo, 2018).

Asimismo, en la fase de correlación analógica puede observarse la forma en la que los estudiantes relacionan y utilizan los diferentes conceptos de la evolución biológica, tomando como punto de partida la analogía realizada a partir de la historia de los videojuegos y los conocimientos que ellos tenían. Aunque las explicaciones sobre evolución biológica no son tan profundas y argumentadas, estas sí dan cuenta de un acercamiento hacia los conceptos implícitos en los procesos del tópico, lo que considera el análogo como un tema capaz de ayudar a comprender o clarificar conceptos biológicos y un instrumento de motivación para estudiarlos (Oliva-Martínez *et al.*, 2001). Esto concuerda con Araujo y Roa (2011) cuando mencionan que el tema de los

videojuegos se muestra llamativo, motivando a los estudiantes al aprendizaje. Sumado a lo descrito por Oliva-Martínez (2008) acerca de que el docente debe saber seleccionar las analogías y analizar sus limitaciones, es conveniente mencionar la importancia de incluir en la estrategia actividades dentro del MDA que promuevan la correlación analógica del desarrollo evolutivo desde la genética y los caracteres.

Así, las analogías posibilitan activar estrategias de razonamiento analógico importantes para comprender los tópicos. Saber seleccionar la analogía y conocer sus limitaciones son factores tan importantes como el diseñar diversas actividades en la elaboración e implementación de las analogías y monitorear adecuadamente a los estudiantes en su construcción (situación que se puede generar con la orientación de preguntas), para de esta manera llevar a los estudiantes al análisis y la discusión de elementos, características, relaciones comunes y relevantes entre la situación familiar o conocida (evolución de los videojuegos) y la desconocida (evolución biológica) (Oliva-Martínez, 2008; Oliva-Martínez *et al.*, 2001). Sumado a esto, se concuerda con Rubio *et al.* (2018) al señalar que el aprendizaje adquirido dependerá de la forma como los docentes usen las analogías en sus clases, teniendo en cuenta tanto el grado de interacción entre el estudiante y la similitud con la temática, como las limitaciones y las posibles soluciones que puedan presentarse en su desarrollo, para evitar dificultades que lleven a simplificar el tópico, inducir errores o que los estudiantes creen que el análogo y el tema son el mismo fenómeno (Oliva-Martínez *et al.*, 2001).

Finalmente, en esta investigación el Modelo Didáctico Analógico evidenció ser una estrategia con posibilidades para la comprensión de la evolución biológica. Esto muestra la analogía como una herramienta no tan anecdótica, sino como un proceso con implicaciones didácticas para mediar la enseñanza y el aprendizaje (Oliva-Martínez *et al.*, 2015). Estos resultados son similares a trabajos desarrollados por Rubio *et al.* (2018) y Arrese *et al.* (2020) en temas relacionados con la química y la estructura y función del sistema cardiovascular, respectivamente. Sin embargo, es importante mencionar que el aprendizaje y la comprensión de los conceptos no depende solo de las diversas metodologías de enseñanza que se utilicen, sino también de una orientación adecuada (Olmedo, y Sánchez, 2019).

## Conclusiones

La investigación que aquí se presenta expone los resultados

de la implementación del Modelo Didáctico Analógico en la enseñanza de la evolución biológica, el cual, desde cada una de sus fases (*representación y conceptualización del análogo, presentación del tópico y correlación analógica, y aplicación de los conocimientos adquiridos*), permitió dar cuenta de un proceso que involucró la unidad didáctica “Evolución de los videojuegos, otra manera de enseñar evolución biológica” y posibilitó un acercamiento al tópico o conocimiento científico por medio del análogo “Historia de los videojuegos”, familiar en los estudiantes. Además, evidencia un trabajo original que toma en cuenta las analogías y su perspectiva didáctica para afrontar una de las dificultades de la enseñanza de la biología.

En los resultados se muestran diversas dificultades que crean obstáculos epistemológicos para comprender los procesos evolutivos, como la tendencia a dar explicaciones teleológicas por parte de los estudiantes, tanto en las situaciones del análogo como en las del tópico. Sin embargo, según la revisión bibliográfica realizada, estas no siempre deben considerarse como erróneas, sino que solamente deben orientarse desde la “causa evolutiva” de los rasgos que intentan explicarse.

Finalmente, aspectos positivos como el ayudar a comprender o clarificar el tópico, evidenciados en la estrategia que involucró el MDA, dependieron tanto de su fundamentación teórica y didáctica como del diseño de diferentes actividades promotoras del análisis y la reflexión del análogo. No obstante, es importante destacar que algunos de los participantes presentaron dificultades para comprender procesos de la evolución biológica como la selección natural y la adaptación. Ante esta situación, se alude a la limitación de no haber involucrado en la correlación analógica los procesos relacionados con el desarrollo de los caracteres desde las implicaciones genéticas.

### Declaración de conflictos de intereses

Las autoras manifestamos que durante la ejecución del trabajo o la redacción del artículo no han incidido intereses personales o ajenos a nuestra voluntad, incluyendo malas conductas y valores distintos a los que usual y éticamente tiene la investigación.

### Referencias Bibliográficas

Apodaca, M., Katinas, L. y Crisci, J. (2016). La evolución y

el método científico como cimientos de la enseñanza de la biología. *UNNOBA Núcleos*, 2(3), 18-28. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/56386>

Aragón, M. M., Oliva-Martínez, J. M. y Navarrete, A. (2013). Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías, *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 9-30. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.832>

Arango, A. V. y Sanabria, I. A. (2018). 1B113 Evolución de los video juegos: analogía como estrategia para enseñar evolución biológica. *Tecné Episteme Y Didaxis TED*, (Extraordin). <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8868>

Araujo, R. y Roa, R. (2011). Enseñanza de la evolución biológica. Una mirada al estado del conocimiento. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 4(7), 15-35. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.4num.7biografia15.35>

Araujo, R. y Cantó, J. (2015). El árbol de la vida, un juego para la superación de los obstáculos al aprendizaje de la evolución biológica. *Bio-grafía*, 8(15), 58-71. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.8num.15bio-grafi a58.71>

Arrese, F. G., Olivares, J. L., Villareal, M., Vincet, N. G. y Alfageme, V. (2020). Modelo didáctico analógico como mediador de enseñanza y aprendizaje universitario del Sistema Cardiovascular. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3601. <https://doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cien c.2020.v17.i3.3601>

Astudillo, C., Rivarosa, A. y Adúriz-Bravo, A. (2018). Evolución biológica y reflexión metacientífica. Aportes para la formación docente del profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (43), 91-116. <https://doi.org/10.17227/ted.num43-8653>

Bermúdez, G. M. A. (2015). Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 66-90. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2903>

Buitrago, L. M. (2015). *Las analogías como estrategia de enseñanza en el Aprendizaje del campo conceptual de la respiración*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Manizales]. RepoUAM [http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/bitstream/11182/238/1/Analo\\_estrategia\\_ense%C3%B1an\\_aprendi\\_campo\\_concep\\_respiraci%C3%B3n.pdf](http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/bitstream/11182/238/1/Analo_estrategia_ense%C3%B1an_aprendi_campo_concep_respiraci%C3%B3n.pdf)

Caponi, G. (2014). Contra el neolamarckismo escolar: la

- representación fisiológica de la adaptación como obstáculo epistemológico para la comprensión de la Teoría de la Selección Natural. *Acta Scientiae*, 16(2), 189-199. [https://www.researchgate.net/profile/Gustavo\\_Caponi2/publication/269095771\\_Contra\\_el\\_neolamarckismo\\_escolar\\_la\\_representacion\\_fisiologica\\_de\\_la\\_adaptacion\\_como\\_obstaculo\\_epistemologico\\_para\\_la\\_comprension\\_de\\_la\\_Teoria\\_de\\_la\\_Seleccion\\_Natural/links/547f57ad0cf25b80dd6e52a0/Contra-el-neolamarckismo-escolar-la-representacion-fisiologica-de-la-adaptacion-como-obstaculo-epistemologico-para-la-comprension-de-la-Teoria-de-la-Seleccion-Natural.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Caponi2/publication/269095771_Contra_el_neolamarckismo_escolar_la_representacion_fisiologica_de_la_adaptacion_como_obstaculo_epistemologico_para_la_comprension_de_la_Teoria_de_la_Seleccion_Natural/links/547f57ad0cf25b80dd6e52a0/Contra-el-neolamarckismo-escolar-la-representacion-fisiologica-de-la-adaptacion-como-obstaculo-epistemologico-para-la-comprension-de-la-Teoria-de-la-Seleccion-Natural.pdf)
- Castro, J. A. (2012). La biología como ciencia histórica: el caso de la evolución biológica. *Bio-grafía*, 5(9), 19-37. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.5num.9bio-grafia.19.37>
- Chávez, G. A. (2009). La teleología como un obstáculo epistemológico en la enseñanza de la evolución. *Bio-grafía*, 2(2), 164-172. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.2num.2bio-grafia164.172>
- Chávez, G. A. (2010). ¿Enseñamos Evo-Devo?: Implicaciones de las nuevas hipótesis sobre evolución biológica y su incidencia en la escuela. *Bio-grafía*, 3(4), 155-166. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.3num.4bio-grafia.155.166>
- Chávez, G. A. (2011). Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología evolutiva y la Biología funcional: paralelos epistemológicos y didácticos. *Bio-grafía*, 3(4), 138-147. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.3num.4bio-grafia.138.147>
- Chávez, G. A. (2012). ¿Es la endosimbiosis seriada una alternativa a la teoría sintética de la evolución? Implicaciones epistemológicas y didácticas. *Bio-grafía*, 5(9), 67-79. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.5num.9bio-grafia67.79>
- Colmenares, A. y Piñero, L. (2008). La Investigación Acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socioeducativas. *Laurus*, 14(27), 96-114. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111892006>
- Cuvi, N. y Georgii, C. (2013). Literatura, ciencia y evolución: análisis de una experiencia educativa en Galápagos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 257-272. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2838>
- Cuvi, N., Georgii, C., Guarderas, P. y Arce, M. F. (2013). El camarote de Darwin: un Club de Lectura para aprender sobre la vida de Charles Darwin y su teoría de la evolución. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 242-256. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2837>
- Della, G. M. y Ocelli, M. E. (2020). Análisis de simulaciones computacionales para la enseñanza del modelo de evolución biológica por selección natural. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 2201. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cien.2020.v17.i2.2201](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cien.2020.v17.i2.2201)
- Folgera, G. y Galli, L. (2012). La extensión de la síntesis evolutiva y los alcances sobre la enseñanza de la teoría de la evolución. *Bio-grafía*, 5(9), 4-18. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.5num.9bio-grafia.4.18>
- Furman, M. y Podesta, M. (2009). *La aventura de enseñar ciencias*. AIQUE Educación.
- Gándara-Gómez, M., Gil-Quíley, M. J. y Sanmartí-Puig, N. (2002). El modelo científico de “adaptación biológica” al modelo de “adaptación biológica” en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las ciencias*, 20(2), 303-314. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21814/21648>
- 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://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21735/21569>
- González, B. (2003). Las analogías en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la naturaleza. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17(1), 197-199. <http://www.redalyc.org/pdf/274/27417113.pdf>
- González-Galli, L. M. (2011). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural [Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires]. Biblioteca Digital FCEN - UBA. [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n4961\\_GonzalezGalli.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n4961_GonzalezGalli.pdf)
- González-Galli, L. y Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela de secundaria de Argentina. *Ciencias, Educación, Bauru*, 21(1), 101-122. <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n1/1516-7313-ciedu-21-01-0101.pdf>
- González-Galli, L. M. y Meinardi, E. N. (2017). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes universitarios de biología. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*,

- 14(3), 535-549. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3502>
- González-Galli, L., Meinardi, E. y Pérez, G. (2018). Una tipología de casos para enseñar el modelo de evolución por selección natural. *Didáctica de la ciencias experimentales y sociales*, (34), 77-90. <https://doi.org/10.7203/dces.34.12056>
- González-Galli, L. M. (2019). Permitido decir “para”: crítica de la perspectiva tradicional frente al problema de la teleología en la enseñanza de la biología. *Revista Científica*, 34(1), 49-62. <https://doi.org/10.14483/23448350.13710>
- Grau, R. y Jordi, M. (2002). Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 32, 56-64. [http://siplandi.seducoahuila.gob.mx/SIPLANDI\\_NIVELES\\_2\\_015/SECUNDARIA2015/LIBROS/CIENCIAS/ARTICULOS/ENS\\_ENAR\\_APRENDE\\_EVOLUCION.pdf](http://siplandi.seducoahuila.gob.mx/SIPLANDI_NIVELES_2_015/SECUNDARIA2015/LIBROS/CIENCIAS/ARTICULOS/ENS_ENAR_APRENDE_EVOLUCION.pdf)
- Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156-175. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12052-009-0128-1.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.
- Kampourakis, K. (2020). Students’ “teleological misconceptions” in evolution education: why the underlying design stance, not teleology per se, is the problem. *Evolution: Education and Outreach*, 13,1. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0116-z>
- Kampourakis, K., y Minelli, A. (2014). Understanding Evolution: Why Evo-Devo Matters. *BioScience*, 64(5), 381-382. <https://academic.oup.com/bioscience/article/64/5/381/2754263>
- López-Piñeros, L. P. (2012). Fossiliz-arte: una experiencia en el municipio de Floresta (Boyacá) a través del reconocimiento de los fósiles y el arte como estrategia de aprendizaje. *Bio-grafía*, 5(9), 89-97. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.5num.9bio-grafia.89.97>
- Mesa, J. y Buitrago, J. (2014). *Una resignificación para la enseñanza del concepto de evolución biológica desde un análisis histórico y epistemológico de la perspectiva de Darwin* [tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Repositorio digital UDEA. <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1506/1/JE0944.pdf>
- Molina, S., De Lemus, C., Treviño, M. P., Tejada, M. S. y Fernández, M. L. (2013). Una experiencia para utilizar la alfabetización científica en la formación de alumnos de magisterio: el proyecto “El cumpleaños de Darwin”. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 424-437. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2850>
- Mora, A. (2002). Obstáculos epistemológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 3(5),75-89. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=666/66630507>
- Moreno, J. K. (2002). Historia de las teorías evolutivas. En M. Soler Cruz. (Ed.). *Evolución: la base de la biología* (pp. 27-43). Proyecto Sur de Ediciones, S. L. [http://www3.uah.es/tiscar/Eco\\_Biol/Complementos\\_Eco/Historia%20de%20las%20teorias%20evolutivas.pdf](http://www3.uah.es/tiscar/Eco_Biol/Complementos_Eco/Historia%20de%20las%20teorias%20evolutivas.pdf)
- Moreno, J. K. (2010). Taxonomía adaptativa, esencialismo innato y la falsa dicotomía entre anagénesis y cladogénesis. *Evolución*, 5(2), 37-41. <https://core.ac.uk/download/pdf/36053199.pdf>
- Moreno, L., Zúñiga, K., Cofré, H. y Merino, C. (2018). Efecto (¿o no?) de la inclusión de naturaleza de la ciencia en una secuencia para el aprendizaje y la aceptación de la teoría de la evolución. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3105. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i3.3105](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3105)
- Naranjo, L. (2013). *Diseño de una unidad didáctica para la enseñanza de la evolución* [tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia] bdigital Repositorio Institucional UN. [http://bdigital.unal.edu.co/10972/1/71634009\\_2013.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/10972/1/71634009_2013.pdf)
- Obando, L. A. (2011). Tres Niños Preguntan: ¿Cómo ha evolucionado la vida en nuestro planeta? *Bio-grafía*, 4(6), 182-190. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.4num.6bio-grafia182.190>
- Olmedo, E. O. y Sánchez, I. M. (2019). El aprendizaje significativo como base de las metodologías innovadoras. *Revista Educativa Hekademos*, 26, 18-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6985274>
- Oliva-Martínez, J. M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(1), 15-28. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3770/3344>
- Oliva-Martínez, J. M., Aragón, L. y Jiménez, N. (2015). Analogías y progresión del conocimiento del alumnado

- en la clase de ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (79), 35-44. <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/20068/Analogias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Oliva-Martínez, J. M., Aragón, M., Mateo, J. y Bonat, M. (2001). Cambiando las concepciones y creencias del profesorado de ciencias en torno al uso de analogías. *Revista Electrónica Interuniversitaria de formación del Profesorado*, 4(1), 1-10. <https://scholar.google.es/citations?user=HyN2y2YAAAAJ&hl=es>
- Oliveira, G., Apgan, A. y Bizzo, N. (2012). Evolución biológica: actitudes de estudiantes brasileños. *Bio-grafía*, 5(9), 51-66. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.5num.9bio-grafia51.66>
- Peñaloza, G. (2016). La importancia de la demarcación: una revisión del concepto de "aceptación de la evolución". *Bio-grafía*, 9(17), 17-28. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.9num.17bio-grafia17.28>
- Pérez, G., Gómez-Galindo, A. y González-Galli, L. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2102. <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i2.2102>
- Ramírez-Olaya, L. C. J. (2012). Iconografía de la evolución biológica en los textos escolares de ciencias naturales. (presentes en la biblioteca de la I.E.D. Juan Lozano y Lozano. Bogotá D.C. *Bio-grafía*, 5(9), 38-50. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.5num.9bio-grafia38.50>
- Ramírez-Olaya, M. (2016). El juego de aprender y enseñar el concepto estructurante evolución biológica. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 9(17), 29-42. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.9num.17bio-grafia29.42>
- Reyes, F. y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421. <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v23n4/v23n4a2.pdf>
- Rivas, M. y González, F. G. (2016). ¿Comprenden y aceptan los estudiantes la evolución? un estudio en bachillerato y universidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 248-263. <http://www.redalyc.org/pdf/920/92044744002.pdf>
- Roca, M. (2005). Las preguntas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Educar*, 25, 73-80. <http://crea.um.edu.mx/wp-content/uploads/2017/03/Preguntas-en-proceso-ense%C3%B1anza-aprendizaje-de-Ciencias-Roca.pdf>
- Rubio, J., Sánchez, G. y Valcárcel, M. V. (2018). Percepción de profesores y estudiantes de 3º ESO sobre el uso de analogías en el estudio de los estados de agregación de la materia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2104. <http://dx.doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i2.2104>
- Ruiz, R., Álvarez, E., Noguera, R. y Esparza, M. S. (2012). Enseñar y aprender biología evolutiva en el siglo XXI. *Bio-grafía*, 5(9), 80-88. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.5num.9bio-grafia80.88>
- Sánchez, M. del C., y De la Luz-Ramírez, C. (2016). Efectos sobre el aprendizaje informal de la evolución biológica como resultado de la mediación museal. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 315-341. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2970>
- Tamayo, H. M. (2010). Dificultades en la enseñanza de la evolución biológica. *Evolución*, 5(2), 23-27. <http://sesbe.org/sites/sesbe.org/files/file/eVOLUCION-5%282%29.pdf>
- Tovar, L. (2015). Evolucionismo en la escuela: de la regeneración a la República liberal (1880-1930). *Bio-grafía*, 8(14), 131-140. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.8num.14bio-grafia131.140>
- Vallejo, C. (2010). Planteamientos en Textos Escolares de Ciencias Naturales relacionados con Evolución por Selección Natural, que pueden generar Obstáculos Epistemológicos. *Bio-grafía*, 3(4), 55-71. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.3num.4bio-grafia55.71>
- Vázquez-Ben, L. y Bugallo-Rodríguez, A. (2018). El modelo de evolución en el curriculum de Educación Primaria: Un análisis comparativo en distintos países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3101. <http://dx.doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i3.3101>

**Para citar este artículo:** Sanabria-Totaitive, I. A., y Arango-Martínez, A. V. (2021). La analogía como estrategia en la enseñanza de la Evolución Biológica. *Praxis*, 17(1), 11-26. <http://dx.doi.org/10.21676/23897856.3312>