

ANALOGÍAS COMO ESTRATEGIA PARA LOGRAR LA COMPRENSIÓN DE LA SELECCIÓN NATURAL

Analogies as a strategy to achieve the understanding of natural selection

Analogias como estratégia para alcançar a compreensão da seleção natural

Juan Sebastian Palacios Rodríguez¹

Camilo Andrés Cortés Parra²

Fecha de recepción: 7 de septiembre de 2019

Fecha de aceptación: 29 de mayo de 2020

Cómo citar este artículo

Palacios Rodríguez, J.S. y Cortés Parra, C.A. (2020). Analogías como estrategia para lograr la comprensión de la Selección Natural. *Bio-grafía*, 13(25). <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.13.num25-12413>

Resumen

La teoría de la evolución es considerada un concepto estructurante en biología que resulta ser de gran complejidad en su enseñanza y aprendizaje, por esta razón debe tenerse especial cuidado con aquellos conceptos que la integran y le dan sentido. Por lo cual, se debe hacer uso de estrategias, métodos y herramientas propias, o ya establecidas, que permitan facilitar y enriquecer su enseñanza y comprensión. En este sentido, las analogías han sido descritas como herramientas de gran utilidad en el desarrollo de conceptos explicativos, ya que permiten comprender determinados fenómenos a través de su relación con un sistema análogo. A continuación, se desarrolla una analogía como estrategia de aprendizaje para

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. sebbio97@hotmail.com

² Universidad Distrital Francisco José de Caldas. camiloacp96@gmail.com

facilitar la comprensión de la selección natural mediante una actividad realizada con aviones de papel, en la cual se integran diferentes elementos conceptuales que integran la temática general, en el marco de la aplicación de una unidad didáctica enfocada en la enseñanza de y desde la teoría evolutiva para estudiantes de séptimo grado. Los estudiantes respondieron positivamente ante la analogía, comprendiendo los elementos teóricos involucrados y siendo capaces de asociarlos con los conceptos vistos en clases teóricas previas, para finalmente conectarlos a la explicación del mecanismo de selección natural que fue integrado correctamente en sus argumentaciones posteriores. La analogía fue implementada de forma eficaz como herramienta complementaria y de transversalización en la enseñanza de la evolución por selección natural obteniendo resultados satisfactorios en la comprensión de conceptos que resultan particularmente difíciles de entender para los estudiantes.

Palabras clave: Conceptos, didáctica, enseñanza, evolución, transversalización.

Abstract

The theory of evolution is considered a structuring concept in biology which can be very complex in its teaching and learning, for that reason, special care must be taken with the concepts that integrate it and give meaning. Thus, the teacher must make use of their own or established strategies, methods and tools that allow him to facilitate and enrich their teaching in the classroom. Analogies have been described as very useful tools in the development of explanative concepts, because they enable understanding certain phenomena through their relationship with an analogous system. In this paper, an analogy is developed as a strategy to facilitate the comprehension of natural selection through an activity with paper airplanes, within the framework of the application of a didactic unit for seventh grade students, which are integrated different conceptual elements of and from evolutionary theory. The students responded positively to the analogy, understanding the theoretical elements involved in it and being able to associate them with the concepts

discussed in previous classes, to finally connect them to the explanation of the mechanism of natural selection that was correctly integrated in their subsequent arguments. The analogy was effectively implemented as a complementary and mainstreaming tool in the teaching of evolution, obtaining satisfactory results in the understanding of concepts that are particularly difficult for students.

Keywords: Concepts, Didacticism, Teaching, Evolution, mainstreaming.

Resumo: A teoria da evolução é considerada um conceito estruturante em biologia que se mostra altamente complexo no seu ensino e aprendizagem, razão pela qual se deve ter um cuidado especial com os conceitos que a compõem e lhe dão sentido. Portanto, o uso de estratégias, métodos e ferramentas próprias, ou já estabelecidas, devem ser utilizadas para facilitar e enriquecer seu ensino e compreensão. As analogias têm sido descritas como ferramentas muito úteis no desenvolvimento de conceitos explicativos, pois permitem compreender determinados fenômenos por meio de sua relação com um sistema análogo. A seguir, desenvolve-se uma analogia como estratégia que permite facilitar a compreensão da seleção natural através de uma atividade realizada com aviões de papel, no âmbito da aplicação de uma unidade didática na teoria da evolução e seus elementos conceituais para alunos do sétimo ano. Os alunos responderam positivamente à analogia, compreendendo os elementos teóricos envolvidos e podendo associá-los aos conceitos apresentados nas aulas teóricas anteriores, para finalmente ligá-los à explicação do mecanismo de seleção natural que foi corretamente integrado nos seus argumentos subsequentes. A analogia foi efetivamente implementada como uma ferramenta complementar e de integração no ensino da evolução por seleção natural, obtendo resultados satisfatórios na compreensão de conceitos que são particularmente difíceis para os alunos entenderem.

Palavras-chave: Conceitos, Didática, Ensino, Evolução, Mainstreaming.

Introducción

La teoría evolutiva es central, estructural y fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la biología en tanto logra fortalecer la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados y una adecuada comprensión de los fenómenos biológicos (Gagliardi, 1986; Chaves Mejía, 2016). En este sentido, se considera que la evolución es un concepto estructurante, ya que se integra con diferentes conceptos para producir una unidad más compleja que organiza y da sentido a los conocimientos que va adquiriendo el estudiante, actuando en todos los campos de la biología como una teoría unificadora (Castro & Valbuena, 2007; Gagliardi, 1986; Chaves Mejía, 2016).

Dada su complejidad, la enseñanza de esta teoría requiere que los conocimientos previos sean articulados por el estudiante para lograr una comprensión adecuada. El docente debe tener especial cuidado con los diferentes conceptos que integran y dan sentido a la teoría evolutiva, para así afrontar las tres formas de pensar que son consideradas obstáculos en la enseñanza de la evolución; la teleología, el razonamiento centrado en el individuo y el razonamiento causal lineal (González Galli & Meinardi, 2015). Sin embargo, actualmente la enseñanza de la evolución es realizada a través de un conjunto de conceptos aislados e inconexos sobre herencia, variación, diversidad y selección (Marcos Merino *et al.*, 2017). Tratar aisladamente los conceptos involucrados limita el entendimiento de la evolución y su articulación con los demás saberes biológicos. La especiación y la selección natural destacan como los pilares principales que deben ser obligatorios en la enseñanza de la evolución (González Galli, 2015; Van Dijk & Reydon, 2010) y los cuales resultan ser particularmente complejos para los estudiantes.

Son múltiples las formas de enseñar esta teoría científica en el aula, y no es difícil encontrar actividades, estrategias y contenidos dirigidos a la apropiación del concepto evolutivo (Hernández *et al.*, 2009). Las narraciones históricas, la observación, el trabajo en campo y la modelización han sido de gran importancia en la enseñanza y la comprensión de la biología y la evolución, teniendo en cuenta marcos teóricos experimentales y referenciales

(Castro & Valbuena, 2007). Entre las estrategias para contrarrestar los obstáculos que surgen a la hora de enseñar evolución se destaca el uso de las ideas previas, la implementación de modelos conceptuales y el uso de las analogías. (Martínez Arango y Sanabria Totaitive, 2018; Jiménez, 1991; Oliva *et al.*, 2001; González Galli, 2015).

Las analogías particularmente han sido descritas por muchos autores como estrategias poderosas que pueden contribuir al desarrollo de conceptos explicativos (*e.g.* Glynn & Takahashi, 1998; Oliva *et al.*, 2001; Oliva *et al.*, 2003; Oliva & Aragón, 2007), ya que permiten comprender un fenómeno determinado que ha sido denominado como blanco, objeto o problema, a través de las relaciones que se establecen con un sistema análogo (Oliva *et al.*, 2001). Las analogías podrían ser incluso representaciones de modelos, siempre que permitan, a quien las usa, describir, explicar, predecir e intervenir, mientras no se reduzcan a aproximaciones superficiales del objeto en cuestión (Adúriz Bravo, 2010).

Los mecanismos del aprendizaje por analogía parten de una noción previa del alumno sobre el blanco, una noción sobre el análogo y un conjunto de recursos didácticos implementados por el docente a lo largo de sus explicaciones (Oliva, 2007). Estos recursos se implementan para desencadenar el pensamiento analógico en el estudiante de tal manera que permita construir vínculos entre su conocimiento, experiencias pasadas y los nuevos contextos, contenidos o problemas planteados (Oliva *et al.*, 2001). Si bien, las analogías permiten explicar un concepto particular, estas no deben estar exentas de hacer conexión con información previa, la cual debe formar parte de los elementos que constituyen la analogía.

Cabe resaltar que las analogías ya han sido utilizadas como estrategia en la enseñanza de conceptos evolutivos con resultados satisfactorios. Marcos Merino *et al.*, (2017) proponen explicar los relojes moleculares a partir de las diferentes variaciones que ha tenido el libro de “El Quijote” a lo largo de sus diferentes ediciones; Martínez Arango & Sanabria Totaitive (2018) relacionan la evolución biológica con un tema bastante familiar en el que están inmersos los estudiantes en la actualidad, los videojuegos; Naranjo Cardona (2013) usa las analogías con el fin de facilitar la comprensión de los procesos de estratificación y formación de fósiles, de forma que son los estudiantes quienes establecen las relaciones

existentes entre los elementos de la analogía propuesta con los elementos de la temática blanco. Así, las analogías representan una estrategia potencial para explicar los fenómenos evolutivos y los conceptos base que hacen parte de su explicación, como lo es la selección natural. El uso de las analogías se hace tan necesario que incluso el mismo Darwin utilizó los principios de la selección artificial como analogía para explicar los principios básicos de su propuesta sobre la selección natural (Chaves Mejía, 2012). Es necesario que los docentes compartan y divulguen las herramientas, experiencias y estrategias inéditas utilizadas en el aula, de manera que conceptos como la evolución posean una amplia gama de material bibliográfico disponible y que otros docentes puedan usar para desenvolverse en diferentes contextos, problemáticas y necesidades.

En este trabajo se propone la realización de una analogía diseñada por los autores, como estrategia complementaria con el fin de facilitar la comprensión de la selección natural en el marco de la implementación de una unidad didáctica; titulada “*Adaptando nuestra visión de la ciencia. Comprendiendo la diversidad a la luz de la evolución*”, la cual fue aplicada a 20 estudiantes de séptimo grado del colegio Panamericano (Bogotá, Colombia). Se describe la analogía y su fundamento, para que pueda ser replicada, transformada o usada como guía por otros docentes en el marco de la enseñanza de la teoría evolutiva y conceptos afines.

Metodología

De acuerdo a la estructura de la analogía realizada por Oliva (2008), se elaboró una analogía como estrategia complementaria que permitió a los estudiantes entender adecuadamente el proceso de selección natural. Esta fue desarrollada en el marco de una unidad didáctica cuyo enfoque era la enseñanza de la teoría evolutiva con el fin de comprender la diversidad biológica, con la selección natural como principal mecanismo de cambio, implementada en el Colegio Panamericano IED (Bogotá, Colombia) a 20 estudiantes de séptimo grado siguiendo los principios del modelo pedagógico de investigación dirigida (Pozo, 1997) durante un periodo de tres meses. En este modelo pedagógico, el estudiante es el centro del quehacer docente y este último actúa como un

director de investigación (Pozo, 1997). Así, a lo largo del desarrollo de la unidad didáctica, cada concepto es complementado con una actividad, ya sea un laboratorio, una actividad descriptiva o como en este caso una analogía dirigida por el docente, en la que el estudiante se enfrenta a un problema desde un contexto de la actividad científica, es decir la resolución de un problema desde la búsqueda de respuestas a los fenómenos evolutivos, donde se cuestiona el sentido de la actividad mientras se desarrolla y se vincula con los conocimientos adquiridos y con los demás conceptos que se integran sucesivamente a la temática general. La analogía se establece como herramienta complementaria en el entendimiento de la selección natural debido a su potencial explicativo y a la capacidad de involucrar diferentes conceptos como elementos análogos, a la vez que permite transversalizar con una actividad cotidiana, permitiendo solventar la incapacidad de evidenciar experimentalmente el fenómeno real dentro del aula. Durante la implementación de la actividad se tomaron registros de audio de cada una de las sesiones realizadas, como evidencia y como material de análisis posterior, con el fin de captar todos los elementos posibles, identificar falencias de los estudiantes en la comprensión de los diferentes conceptos y posibles errores de los docentes durante el desarrollo de las clases.

Desarrollo de la analogía

Como bien se menciona anteriormente, la actividad está incluida en el desarrollo de una unidad didáctica dividida en módulos. En el tercer módulo se desarrollan los conceptos de mutación, variación y selección, por lo que previo a la realización de la actividad, a los estudiantes se les explicó de manera teórica los fundamentos de la selección natural y los conceptos involucrados como adaptación, variación, población, individuo, mutación, etc. En este módulo además de la actividad central se desarrollaron explicaciones centradas en ejemplos, tales como, la evolución del cuello de la jirafa desde una visión no Lamarckiana, los cambios en la frecuencia de fenotipos durante varias generaciones en una población de escarabajos sujeta a determinadas presiones de selección, entre otros. La analogía sintetiza y unifica dichas temáticas por lo que su objetivo fue implementarse como complemento de

las clases, fortaleciendo la explicación y poniendo en evidencia el nivel de comprensión de los estudiantes.

La actividad fue titulada “*¡Una carrera para sobrevivir!*” y está centrada en el desarrollo de una analogía con aviones de papel dividida en tres partes:

- 1) Cada estudiante elaboró un avión de papel de la forma que consideró más apropiada; posteriormente, se les pidió realizar una fila hombro con hombro para arrojar sus aviones. Los estudiantes que no pudieron o no sabían elaborar el avión fueron eliminados de la carrera.
- 2) Se seleccionaron los cuatro aviones que mostraron mejor desempeño en el vuelo (aquellos que llegaron más lejos). Quienes elaboraron dichos aviones seleccionados enseñaron a sus compañeros cómo realizarlos (a cada uno se le asignó un número igual de estudiantes).
- 3) Después de que cada estudiante realizó el avión como instruyó su compañero se les indicó que debían agregar algo novedoso al avión (*e.g.* un pliegue de más, un agujero, etc.) y se procedió a lanzarlos nuevamente, observando a continuación los cuatro aviones que lograron una distancia de vuelo mayor.

Durante y al final de la actividad se realizaron preguntas a los estudiantes sobre lo que comprendían, cómo se vinculaba la carrera de aviones a los conceptos vistos en clase y su relación con los elementos blanco.

Análisis de la actividad

Previo a su implementación, las actividades dentro de la unidad didáctica fueron socializadas con docentes y compañeros de carrera para su validación. La unidad didáctica en general y sus actividades fueron revisadas minuciosamente por un docente de área antes, durante y después de su desarrollo. Para la analogía, se establecieron los elementos que constituyen el análogo en relación a los elementos que constituyen el blanco (Tabla 1) teniendo en cuenta que la selección natural es un fenómeno de cambio evolutivo que se

explica bajo tres premisas: 1) El rasgo sujeto a selección debe ser heredable; 2) Debe existir variabilidad del rasgo entre los individuos de una población; 3) La variabilidad del rasgo debe dar lugar a diferencias en la supervivencia o éxito reproductivo haciendo que algunas características de nueva aparición se extiendan en la población (Naranjo Cardona, 2013).

Como resultado de la intervención pedagógica se obtuvieron las grabaciones de audio de las clases que fueron transcritas a un documento para su análisis, además se realizaron apuntes en el diario docente durante y después de las clases con observaciones sobre las actividades realizadas y la participación de los estudiantes. Se identificaron las falencias de la analogía en relación al blanco, y se resaltaron los aspectos en los cuales la analogía no daba cuenta de la totalidad del fenómeno, lo cual ha sido descrito por Oliva *et al.*, (2001) como un ejercicio necesario, ya que la analogía no debe ser completamente igual al blanco pero tampoco muy diferente, debido a que el estudiante podría no encontrar la relación entre ambos sistemas. El análisis de la respuesta de los estudiantes a la analogía se llevó a cabo desde una perspectiva inmersa en la investigación cualitativa, considerando las diferentes evidencias obtenidas a partir de la observación, las transcripciones escritas y las notas del diario docente, también revisando de forma minuciosa las respuestas de los estudiantes en la evaluación de final de curso.

Resultados y Análisis.

La analogía resulta ser una herramienta con gran potencial explicativo en conceptos difíciles de comprender y de plasmar experimentalmente dentro del aula, tal como la selección natural; además se complementa con el enfoque pedagógico ya que el estudiante se desenvuelve en una actividad indirectamente relacionada con la temática en búsqueda de las respuestas y explicaciones, desarrollando su capacidad de implementar y aplicar lo aprendido en diferentes contextos y no solo dentro del aula. La analogía fue considerada una estrategia complementaria debido a que se desarrolló después de explicaciones generales del tema, e integradora porque abarcaba otros aspectos vistos en las clases

anteriores (variabilidad, adaptación y mutación). Al momento de implementarse es necesario comprender que la evolución biológica implica una variedad de procesos naturales en varios niveles organizacionales: mutación y recombinación a nivel genético; selección natural a nivel de individuo; deriva genética y adaptación a nivel poblacional; y especiación a nivel de especie (van Dijk & Reydon, 2010). Por lo que, en primera medida se asumió que todos los aviones de papel presentes en el grupo representaban una población sujeta a presiones de selección locales, y cada avión era un individuo miembro de esa población; de esta manera la selección actúa a nivel de individuo, pero el cambio adaptativo a nivel de población (van Dijk y Reydon, 2010).

Se debe hacer la salvedad de que cuando aparece una presión de selección todos los individuos compiten entre sí para sobrevivir, pero aquellos que no presenten las adaptaciones necesarias serán eliminados por selección natural. Estas adaptaciones surgen aleatoriamente, producto de mutaciones a nivel genético. En esta analogía, los estudiantes elaboraron individualmente los aviones de papel, sin embargo, no se les dijo que su desempeño en el vuelo sería puesto a prueba, de esta forma lo realizaron como quisieron, bajo los criterios que ellos mismos consideraron necesarios (*e.g.* tamaño, estética, velocidad, etc.). Esta diversidad en los diseños de aviones es análoga a la variabilidad intraespecífica que encontramos en la naturaleza, ya que los individuos de una población pueden variar respecto a un carácter cualquiera, siendo prácticamente imposible encontrar dos individuos idénticos (Soler, 2002).

Es importante destacar que las presiones de selección surgen, en la mayoría de casos, de manera aleatoria y que los organismos deben sobrevivir a estas presiones de selección con las aptitudes que presenten en el momento que surge la misma, por lo cual, no decirles que se iba a evaluar el vuelo del avión resultó bastante útil para la analogía. Los estudiantes que no sabían elaborar aviones de papel fueron descartados inmediatamente de la carrera, esto con el fin de que comprendieran que aquellos individuos que no presentan las adaptaciones necesarias para un ambiente y presiones de selección determinadas, son eliminados por la acción de selección natural. Este mensaje fue captado de forma instantánea por el grupo de estudiantes, como se pudo evidenciar en las transcripciones de clase:

“Profesor: Antes de que empiecen chicos... ¿Qué pasó con los que no pudieron hacer un avión?”

Estudiante: Me morí... ¡Se extinguieron!”

Posteriormente se les explicó a los estudiantes que los aviones iban a entrar en una competencia y que solo aquellos que llegarán más lejos iban a ser los ganadores. En este caso el requerimiento de alcanzar una mayor distancia de vuelo representa la presión de selección. El desempeño en el vuelo de cada avión, reflejado en la distancia que recorre, es una variable análoga que se relaciona con el fitness biológico (aptitud) del individuo, el cual, debe entenderse como la eficacia que tiene un organismo para sobrevivir y reproducirse, es decir, si el desempeño de vuelo del avión es óptimo, este será seleccionado para “sobrevivir” y “reproducirse”.

Tabla 1. Elementos que constituyen el análogo y su relación con los elementos que constituyen el blanco.

Análogo	Blanco
Total aviones de papel (20 estudiantes)	Población
Avión de papel (por estudiante)	Individuo
Diferentes diseños de aviones	Variabilidad intraespecífica
Mayor distancia de vuelo	Presión de selección
Desempeño en el vuelo	Aptitud (fitness)
Docentes (seleccionan los aviones que alcanzan una mayor distancia)	Selección natural
Aviones del primer lanzamiento	Generación F1 (aparece la presión de selección)

Estudiantes que no saben hacer aviones y Individuos que no sobreviven
aquellos que no alcanzaron la distancia
mínima

Los aviones que mejor vuelan

Individuos más aptos

Los cuatro estudiantes que hicieron los mejores aviones les enseñan a sus compañeros
Reproducción y descendencia de los más aptos

Elaboración de algo novedoso al avión (e.g. pliegue, perforación, marca, etc.)

caracteres al azar (mutaciones) que pueden o no aumentar la aptitud del individuo (adaptación potencial)

Caracteres novedosos de los cuatro aviones seleccionados
Adaptación

Aviones del segundo lanzamiento

Generación F2

Siguiendo con el desarrollo de la actividad, los estudiantes lanzaron sus aviones y nosotros seleccionamos los cuatro aviones que mostraron mejor desempeño en el vuelo, es decir aquellos que alcanzaron una mayor distancia. En este caso, los aviones lanzados son análogos a una generación F1 y el docente escogió aquellos que llegaron más lejos y descartó los que no superaron la mínima distancia, convirtiendo al docente en el elemento análogo a la selección natural. Así mismo estos cuatro aviones seleccionados representan a los individuos más aptos de una generación, aspecto que entendieron los estudiantes rápidamente:

“Profesor: ¿Qué creen que pasó ahí?”

Estudiante I: Ellos nos ganaron la carrera.

Profesor: ¿Entonces ellos qué son?

Estudiante V: Los más adaptados.

Profesor: Los más adaptados ¿Y qué va a pasar en la siguiente generación?

Estudiante S: Van a haber muchos más y van a haber menos de nosotros.”

Es necesario destacar este aspecto, ya que la analogía permitió a los estudiantes comprender como selección natural elimina a los organismos menos aptos, provocando que los organismos mejor adaptados transmitan su información genética a la siguiente generación. En efecto, la analogía complementó la explicación teórica de la clase, en la cual se mencionó el ejemplo clásico de la evolución del cuello de las jirafas (en un sentido no Lamarckiano) y la coloración diferencial de una especie en un entorno bajo presión selectiva de un depredador. En este sentido, la comprensión de la selección natural permite dilucidar la existencia de una variabilidad intraespecífica sujeta a selección diferencial. Entender este efecto combinado, tal como lo explica la teoría sintética, además de la concepción de población como un conjunto de individuos representados por un tipo común, sin variaciones, es un problema persistente en el aprendizaje que debe ser abordado, esclarecido y precisado desde la biología evolutiva (Hernández *et al.*, 2009).

Así mismo los estudiantes comprenden que el cambio adaptativo no surge de inmediato en las poblaciones, sino que se da de forma gradual durante varias generaciones, lo que se evidencia en cambios de frecuencias fenotípicas dentro de la población, con la disminución de individuos con el fenotipo limitante en generaciones futuras y el incremento de la proporción de individuos portadores del fenotipo más apto a las condiciones ambientales (Soler, 2002).

Posteriormente, a quienes elaboraron los aviones ganadores se les asignó un grupo de estudiantes con el objetivo de que les enseñaran cómo hacer el avión. La enseñanza por parte de los estudiantes cuyos aviones habían sido los ganadores refleja lo que biológicamente es la reproducción, la cual consiste en la transmisión de información de una generación F1 a una F2, donde los aviones de los estudiantes a los cuales se les enseña, representan la F2 o la descendencia de los más aptos (F1). A estos mismos estudiantes se

les pidió que agregaran algo novedoso al avión de papel (*e.g.* un pliegue, un hueco, un rayón, etc.) antes de iniciar con el lanzamiento, esto con el fin de que los estudiantes comprendieran que en todas las generaciones mientras haya reproducción sexual habrá variabilidad genética, ya sea producto de la recombinación (los estudiantes plasman de alguna manera su forma particular de hacer los aviones aún después de haberse explicado la de los cuatro diseños seleccionados), o producto de la mutación, que es la que corresponde a la característica novedosa que se pidió añadir a cada uno. Ya que no se especificó que la característica que agregaran debía incidir directamente en el desempeño del vuelo, los estudiantes agregaron diferentes atributos tales como: dibujos, más pliegues, menos pliegues, perforaciones, etc., dándole al análogo el carácter de aleatoriedad presente en la aparición de mutaciones. Posterior al lanzamiento, ellos evidenciaron que la novedad que habían agregado podía favorecer, perjudicar o no afectar en nada el desempeño en el vuelo de sus aviones, como se evidencia en una de las conclusiones de los estudiantes al final de la actividad:

“Profesor: ¿Qué tiene que ver esa novedad? ¿Para qué sirve en la naturaleza?”

Estudiante S: Para ser mejor

Estudiante M: Pues si hay una novedad no se sabe si pueda ser algo bueno o no”

Es decir que la aparición de una característica producto de mutaciones al azar, puede aumentar o disminuir el desempeño del vuelo, relacionándose así con un aumento o disminución del fitness biológico, respectivamente. De igual forma la mutación puede ser neutra (teoría neutral de la evolución), es decir que no afecta en nada el desempeño biológico de los individuos, como se dio con aquellas novedades meramente estéticas de los aviones. Así, aquellos caracteres novedosos dentro de una población que se traducen en una mayor probabilidad de supervivencia y reproducción, son considerados una adaptación; es decir, aquellas novedades puestas por los estudiantes y que mejoraron de una forma u otra el desempeño en el vuelo de los aviones.

En términos generales la analogía fue un éxito, ya que permitió a los estudiantes comprender los aspectos básicos de la selección natural, algo que se vio reflejado en la

mayoría de las respuestas en la evaluación final, donde usaban la selección natural para explicar un acontecimiento evolutivo particular (aparición de variaciones de aves dentro de una isla, cambios en poblaciones de especies, cambios en las características de las especies a través del tiempo, extinciones, etc.). Para la aplicación de esta o cualquier actividad dirigida a explicar la selección natural es importante tener en cuenta en primer lugar, que los docentes deben tener un amplio conocimiento del tema, ya que si bien es un tema interesante también es muy complejo por los procesos que integran y subyacen al mismo; en segundo lugar se deben tener claros, por lo menos, los niveles organizacionales en los cuales actúan los dos mecanismos principales de cambio evolutivo: la deriva genética y la selección natural, teniendo en cuenta que solo selección natural causa un cambio adaptativo (Soler, 2002). Sumado a esto el modelo pedagógico de investigación dirigida requiere de una alta participación del docente durante todo el proceso, debe establecerse una buena comunicación con sus estudiantes y orientarlo activamente en la búsqueda de respuestas y la construcción del conocimiento, brindando las herramientas y el conocimiento necesario sobre la temática (Pozo, 1997).

Se debe destacar que en la ejecución misma de esta analogía nos encontramos con diferentes limitantes; si bien, la analogía permite comprender en primera medida la existencia de una variabilidad intraespecífica sobre la que actúa la selección natural en cada población, los conceptos de población y especie sobre los que sienta sus bases la teoría de la evolución (Ruíz Delgado, 2015) no fueron aclarados explícitamente antes o después del desarrollo, debido a que en la aplicación de la unidad didáctica se contaba con un número de clases limitadas y no se tuvo el tiempo suficiente de abordar dichos conceptos; además, dentro de la biología misma aún permanece el debate sobre el significado adecuado de estos conceptos (Mayr, 2006). Esto quiere decir que no hubo una aclaración sobre si los aviones pertenecían o no a la misma especie, que define a una especie y qué procesos ocurren en este nivel organizacional.

Otra limitante que tiene la analogía, es que, si bien explica el proceso de manera general, no incluye aspectos importantes de la selección natural, como la competencia interespecífica, la selección sexual o la depredación. Sin embargo, la analogía funciona como una estrategia

complementaria, por lo que estos aspectos pueden abordarse mediante otras herramientas, sin afectar de esta forma al entendimiento del concepto blanco. Así mismo, consideramos que, al no incluir las bases teóricas de la genética mendeliana, la comprensión misma de la segregación de genes es superficial; no obstante, se debe tener en cuenta que los estudiantes a los cuales fue aplicada la analogía son de grado séptimo y considerando los estándares básicos de competencia del Ministerio de Educación Nacional, las bases teóricas de la genética comienzan a abordarse en octavo y noveno. Tampoco fueron tenidas en cuenta las diferencias entre adaptación y exaptación, debido a que consideramos que no es una diferenciación necesaria de hacer en este curso, ya que puede hacer un poco más tediosa la comprensión del fenómeno. Entonces, la analogía puede implementarse de forma variable en diferentes cursos de acuerdo a las necesidades y conocimientos de los estudiantes, pudiendo ser más compleja o incluir más elementos en cursos posteriores.

Conclusiones

La analogía implementada funcionó satisfactoriamente como actividad complementaria de las clases ya que consiguió que los estudiantes de grado séptimo comprendieran correctamente la evolución por selección natural. Las explicaciones de la selección natural y en general de la teoría evolutiva involucran una gran cantidad de conceptos a diferentes niveles organizacionales y que dan sentido a este fenómeno cuando el estudiante logra entenderlos en conjunto. Es importante que la secuencia de las clases y la forma en que se elaboran las unidades didácticas tengan en cuenta la interconexión de los temas y cómo estos se van desarrollando a lo largo del proceso de forma integrada. Así, aunque las analogías sean una herramienta explicativa poderosa dependen de las ideas previamente adquiridas por los estudiantes durante su proceso de aprendizaje. Particularmente la selección natural junto con otros conceptos biológicos pueden ser concebidos por los estudiantes como abstractos o imaginarios, las analogías permiten que los estudiantes visualicen directamente dichos conceptos y los comprendan desde sus bases teóricas.

Dada la dificultad para evidenciar el mecanismo de selección natural de forma experimental en el aula de clase, esta analogía es una herramienta sencilla, rápida, entretenida y de fácil implementación y comprensión, como se evidenció durante el desarrollo de la actividad y en sus explicaciones posteriores. Esta eficacia se debió a que el ejercicio permite establecer una relación clara entre los elementos del análogo y los que constituyen el concepto blanco. Estos conceptos se articulan claramente dentro de la actividad y los alumnos lograron identificarlos y apropiarse de ellos, vinculando así todas las temáticas desarrolladas previamente.

Las analogías son una herramienta muy útil como estrategia complementaria e integradora, además pueden funcionar como eje en actividades de transversalización debido a que facilitan la movilización y la comprensión del conocimiento científico, permitiendo así su conexión con otras disciplinas.

Agradecimientos

Queremos agradecer a los estudiantes de séptimo grado y directivos del Colegio Panamericano IED por su disposición, consentimiento y participación en el desarrollo de este trabajo, así mismo al Dr. Guillermo Fonseca por sus asesorías, correcciones y sugerencias durante la elaboración y planificación de las clases y por último, a Juan Camilo Ríos por sus comentarios y aportes a la versión final del presente texto.

Referencias bibliográficas

Adúriz Bravo, A. (2010). *Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución*. En Galagovsky, L. (Coord.), *Didáctica de las Ciencias Naturales* (pp. 141-161). El caso de los modelos científicos. Buenos Aires, Argentina.

Ariza Bareño, L. A., Escobar, G. (2014). *El uso de las analogías como estrategia didáctica empleadas por los profesores en la enseñanza de la biología en la institución educativa Héctor Julio Rangel Quintero, en el municipio de Floresta-Boyacá*.

- Biografía, escritos sobre la biología y su enseñanza. Edición Extra-Ordinaria: 556-563. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia556.563>
- Castro Moreno, J., Valbuena, U. E. (2007). *¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la biología escolar*. Tecné Episteme Y Didaxis TED, (22), 126-145. <https://doi.org/10.17227/ted.num22-385>
- Chaves Mejía, G. A. (2016). *La enseñanza y el aprendizaje de la evolución biológica con la perspectiva teórica del perfil conceptual: Implicaciones en la formación continua del profesorado*. Biografía, escritos sobre la biología y su enseñanza. 9 (17), 109-117.
- Chaves Mejía, G. A. (2012). *Contribuciones a la enseñanza de la evolución biológica desde la revisión epistemológica de algunos aspectos contemporáneos de la misma*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Gagliardi, R. (1986). *Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación*. Enseñanza de las Ciencias. 4 (1), 30-35.
- Glynn, S.M. and Takahashi, T. (1998), Learning from analogy-enhanced science text. J. Res. Sci. Teach., 35: 1129-1149. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199812\)35:10<1129::AID-TEA5>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199812)35:10<1129::AID-TEA5>3.0.CO;2-2)
- González Galli, L., y Meinardi, E. (2015). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina*. Ciência y Educação. 21(1), 101-122. <https://dx.doi.org/10.1590/1516-731320150010007>
- González Galli, L. y Meinardi, E. (2017). *Obstáculos para el aprendizaje el modelo de evolución por selección natural. El problema de la teleología*. Biografía, escritos sobre la biología y su enseñanza. Edición Extra-Ordinaria: 533-542. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia533.542>
- Hernández, R. M. C., Álvarez Pérez, E. y Ruíz Gutiérrez, R. (2009). *La selección natural: aprendizaje de un paradigma*. Teorema 28 (2), 107-121.

- Jiménez, A. M. P. (1991). *Cambiando las ideas sobre el cambio biológico*. Enseñanza de las ciencias. 9 (3), 248-256.
- Marcos Merino, J. M., Gallego, R. E., Ochoa, J. E. (2017). *Comprendiendo los relojes moleculares a través de la evolución de “El quijote”*. Enseñanza de las Ciencias. N.º Extraordinario: 3753-3758.
- Martínez Arango, A. V., Sanabria Totaitive, I. A. (2018). *Evolución de los videojuegos: Analogía como estrategia para enseñar evolución biológica*. Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número extraordinario.
- Mayr, E. (2006). *¿Por qué es única la Biología? Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.
- Naranjo Cardona, L. C. (2013). *Diseño de una unidad didáctica para la enseñanza de la evolución*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Oliva, J. M. (2007). *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.
- Oliva, J. M., Aragón, M. M., Bonat, M., Mateo, J. (2003). *Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia*. Enseñanza de las Ciencias, 21(3), 429-444.
- Oliva, J. M.; Aragón, M. M.; Mateo, J., Bonat, M. (2001): *“Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias”*. Enseñanza de las Ciencias. 19(3), 453-470.
- Oliva, J. M., Aragón, M. M. (2009). *Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico*. Enseñanza de las ciencias. 27(2), 195- 208.
- Pozo, J. I. (1997). *Enfoques para la enseñanza de la Ciencia*. En: *Teorías cognitivas del aprendizaje* (pp. 265-308). Editorial Morata. Madrid, España.

- Ruíz Delgado, A. (2015). *Banco de actividades para trabajar ideas previas y dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la evolución. Tesis de Maestría*. Universidad de Granada.
- Soler, M. (2002). *Selección natural y adaptación*. En: M. Soler (Ed.). *Evolución, la base de la biología*. (pp. 127-118). Proyectur Sur de Ediciones. Madrid, España.
- Tamayo, M. (2010). *Dificultades en la enseñanza de la evolución*. *Revista de la Sociedad Española de Biología Evolutiva*. 5 (2), 23-27.
- van Dijk, E. M., Reydon, T. A. C. (2010). *A Conceptual Analysis of Evolutionary Theory for Teacher Education*. *Science and Education*. 19 (6-8):655-677.

PRELIMINAR