



Análisis de la influencia de las analogías en la regulación metacognitiva de la teleología en el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural

Análise da influência de analogias na regulação metacognitiva da teleologia na aprendizagem do modelo de evolução por seleção natural

Analysis of the influence of analogies in the metacognitive regulation of teleology in learning the model of evolution by natural selection

Betina Cupo¹

Leonardo González²

Galli e Ignacio Soto³

Resumen

Nuestra propuesta se enmarca en el proyecto de tesis doctoral de la primera autora. Buscamos evaluar la influencia de las analogías en la regulación metacognitiva del pensamiento teleológico, entendido este como un obstáculo epistemológico para el aprendizaje de la teoría de la selección natural, en estudiantes de segundo año de escuela media de la provincia de Buenos Aires. El proyecto se encuentra en su etapa inicial centrada en el diseño e implementación de una primera versión (piloto) de una secuencia didáctica basada en los marcos teóricos de los obstáculos epistemológicos, la metacognición y las analogías. Para evaluar comparativamente el impacto del trabajo a partir de metáforas en el desarrollo de la regulación metacognitiva sobre el pensamiento teleológico implementamos dos versiones de la unidad didáctica. Solo una de las versiones incorpora actividades basadas en analogías y metáforas (en particular la metáfora del diseño). En el análisis preliminar de los resultados de la prueba piloto encontramos notorios avances de la regulación metacognitiva del pensamiento teleológico en ambas versiones de la secuencia didáctica. Sin embargo, no encontramos evidencias claras en relación con el impacto potencial del trabajo con analogías. El desafío será entonces, rediseñar las secuencias según las limitaciones evidenciadas en esta primera etapa.

¹Universidad de Buenos Aires. Correo: betinacupo@gmail.com

² Universidad de Buenos Aires. Correo: leomgalli@gmail.com

³Universidad de Buenos Aires. Correo: zorroyerizo@gmail.com



Palabras clave

Selección natural, teleología, regulación metacognitiva, analogías, enseñanza de la evolución.

Abstract

Our proposal is part of the doctoral thesis project of the first author. We seek to evaluate the influence of analogies in the metacognitive regulation of teleological thinking, understood as an epistemological obstacle to learning the theory of natural selection, in second-year middle school students from the province of Buenos Aires. The project is in its initial stage focused on the design and implementation of a first version (pilot) of a didactic sequence based on the theoretical frameworks of epistemological obstacles, metacognition and analogies. In order to comparatively evaluate the impact of working from metaphors in the development of metacognitive regulation on teleological thinking, we implemented two versions of the didactic unit. Only one of the versions incorporates activities based on analogies and metaphors (particularly the design metaphor). In the preliminary analysis of the results of the pilot test, we found notable advances in the metacognitive regulation of teleological thought in both versions of the didactic sequence. However, we do not find clear evidence regarding the potential impact of working with analogies. The challenge will then be to redesign the sequences according to the limitations evidenced in this first stage.

Keywords

Natural selection, teleology, metacognitive regulation, analogies, teaching evolution.

Resumo

Nossa proposta faz parte do projeto de tese de doutorado do primeiro autor. Buscamos avaliar a influência das analogias na regulação metacognitiva do pensamento teleológico, entendido como um obstáculo epistemológico ao aprendizado da teoria da seleção natural, em alunos do segundo ano do ensino médio da província de Buenos Aires. O projeto encontra-se na sua fase inicial centrado na concepção e implementação de uma primeira versão (piloto) de uma sequência didática baseada nos referenciais teóricos dos obstáculos epistemológicos, metacognição e analogias. Com o objetivo de avaliar comparativamente o impacto do



trabalho a partir de metáforas no desenvolvimento da regulação metacognitiva do pensamento teleológico, implementamos duas versões da unidade didática. Apenas uma das versões incorpora atividades baseadas em analogias e metáforas (particularmente a metáfora do design). Na análise preliminar dos resultados do teste piloto, encontramos avanços notáveis na regulação metacognitiva do pensamento teleológico em ambas as versões da sequência didática. No entanto, não encontramos evidências claras sobre o impacto potencial de trabalhar com analogias. O desafio será então redesenhar as sequências de acordo com as limitações evidenciadas nesta primeira etapa.

Palavras chave

Seleção natural, teleologia, regulação metacognitiva, analogias, ensino da evolução.

Objetivos

De este escrito:

- Presentar los avances del plan de tesis de la primera autora para generar un intercambio enriquecedor en el marco del VI Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias 2023.

Del proyecto:

- Caracterizar el proceso de desarrollo de la capacidad de regulación metacognitiva del pensamiento teleológico durante la enseñanza del modelo de evolución por selección natural (MESN) en estudiantes de escuela media a partir del trabajo didáctico basado en los conceptos de obstáculo epistemológico y metacognición mediante analogías.

Marco Teórico

Una de las teorías más relevantes para las ciencias biológicas es la teoría de la selección natural (TSN). Autores como Smith (2010), Harms y Reiss (2019), y Kampourakis (2014), concluyen que los resultados que se obtienen en términos de aprendizajes no son los esperados. Si bien podrían mencionarse distintas razones en relación con este resultado, la presencia de ciertos sesgos cognitivos podría estar influyendo significativamente en el aprendizaje de la teoría de la selección natural (Kelemen 2012). Uno de los sesgos más



descriptos es el pensamiento teleológico o finalista: la tendencia a explicar fenómenos o procesos suponiendo que están dirigidos a fines, metas, objetivos o propósitos.

En el ámbito de la epistemología de la Biología hay un debate abierto en relación con la legitimidad de las nociones teleológicas en la Biología. Aunque durante muchos años predominó el rechazo de las explicaciones teleológicas, en las últimas décadas ha cobrado fuerza el reconocimiento de la legitimidad científica de ciertas formas de teleología (Caponi 2003, Ruse 2000, Lennox 1993).

La postura asociada a la ilegitimidad de la teleología en la Biología repercute directamente en decisiones didácticas cuyo objetivo suele ser la búsqueda de la eliminación de toda forma de teleología (González Galli 2019). Sin embargo, esta mirada no resulta defendible a la luz de los recientes desarrollos de la epistemología de la Biología mencionados que señalan la presencia de nociones teleológicas no eliminables en algunas teorías biológicas (la de la selección natural entre ellas), lo que se refleja en el lenguaje utilizado en la Biología.

Así, la postura que asume la legitimidad de la teleología dentro de la teoría de la selección natural propone que al menos ciertas formas de teleología son correctas en términos de la teoría.

En contraposición con la postura más tradicional, entonces, proponemos una alternativa didáctica basada en dos marcos teóricos principales: los obstáculos epistemológicos (OE) y la metacognición. Además, proponemos dar un lugar central al uso de analogías en las acciones didácticas tendientes a fomentar la regulación metacognitiva sobre el pensamiento teleológico.

Los OE son concepciones que presentan tres características principales: funcionalidad (permiten explicar ciertos fenómenos), transversalidad (son patrones de pensamiento muy generales que influyen en numerosas concepciones de diversos temas) y conflictividad (en mayor o menor medida se contraponen a los modelos científicos a aprender) (González Galli et al., 2022).

En línea con el marco de los obstáculos epistemológicos, la psicología cognitiva afirma que ciertos sesgos cognitivos - entre ellos el teleológico - constituyen estructuras de pensamiento muy arraigadas en la mente que, además, son necesarias para el pensamiento cotidiano (Kahneman 2012).



Por lo tanto, las estrategias didácticas ligadas a la enseñanza tradicional, tendientes a la eliminación del pensamiento teleológico, no estarían justificadas. Frente a ello, nuestro enfoque se basa en la metacognición, que puede ser entendida como el conocimiento y la regulación consciente del propio pensamiento (Zohar y Dori, 2012).

De acuerdo con González Galli et al. (2022), la vigilancia metacognitiva está compuesta por tres dimensiones: la comprensión de en qué consiste el OE, la identificación del OE en diferentes situaciones y formas y la regulación del mismo en base a las teorías científicas. Analizar posibles modos de fomentar esta vigilancia metacognitiva sobre el pensamiento finalista es el principal objetivo de este proyecto. Además, proponemos que el trabajo explícito sobre metáforas y analogías generaría una mayor regulación del OE, y por lo tanto, mejores aprendizajes de la teoría de la selección natural.

La decisión de implementar el trabajo con metáforas y analogías se basa en que investigaciones anteriores (Aubusson 2006; Duit y Wilbers 2000) enfatizan la importancia de este recurso en el aprendizaje. A su vez, desde la filosofía de la Biología, Ruse (2000) propone que la teleología forma parte de la biología porque cuando analizamos los rasgos adaptativos de los organismos debemos necesariamente recurrir a la metáfora del diseño. Teniendo en cuenta los aportes que desarrollamos en esta sección, durante el año 2023 hemos diseñado y aplicado una secuencia didáctica a modo de prueba piloto. El análisis preliminar de los datos obtenidos en esta instancia nos permite esbozar algunas conclusiones parciales e identificar fortalezas y debilidades de la secuencia a fin de elaborar la versión definitiva a ser aplicada durante el año 2024.

Metodología

El enfoque metodológico general es cualitativo, aunque también llevaremos a cabo algunos análisis cuantitativos. Para la toma de datos diseñaremos e implementaremos unidades didácticas y llevaremos a cabo entrevistas semiestructuradas consentidas por los sujetos participantes, sus familias y por los directivos de la institución escolar. La validación de estos instrumentos, así como del procedimiento de análisis, se llevó a cabo mediante la triangulación de investigadores. El análisis de las producciones de los estudiantes se llevó a cabo principalmente mediante la técnica de análisis temático (Maguire y Delahunt 2017), dando como resultado algunas categorías teóricas que pretenden dar cuenta de los aspectos del proceso de aprendizaje relevantes en función de los objetivos del estudio.



En la etapa inicial del proyecto diseñamos e implementamos dos versiones de una secuencia didáctica, cada una compuesta por nueve actividades. Para el diseño de ambas secuencias, tomamos como referencia la propuesta de Sanmartí (2000). Cada una de las versiones fue aplicada en dos cursos de segundo año de una escuela media de gestión privada de la provincia de Buenos Aires, Argentina. En cada versión se trabajó con una población de cerca de 45 alumnos. Si bien ambas versiones se encontraban focalizadas en la enseñanza de la TSN y en la regulación metacognitiva del pensamiento finalista, una de ellas incluyó el recurso a las metáforas, con el objetivo de fomentar una mayor reflexión sobre el rol del pensamiento finalista en la TSN y analizar cómo esa reflexión influía en el desarrollo de la vigilancia metacognitiva del obstáculo.

A los fines de este escrito, nos importa mencionar que las secuencias comenzaron con una actividad pre-instruccional cuyo objetivo era que los y las estudiantes explicitaran sus concepciones finalistas ante un caso-problema. Luego, se incluyeron actividades destinadas a la enseñanza de los principales aspectos de la TSN y posteriormente actividades destinadas a modelizar el pensamiento finalista, así como a aprender a identificarlo. Entre las actividades destinadas a este último objetivo se incluyó una en la que se propuso a los estudiantes identificar expresiones finalistas en sus respuestas a la actividad pre-instruccional (“revisión de respuestas iniciales”). A partir del análisis temático de los resultados obtenidos en esta última actividad se definió la categoría teórica “identificación del finalismo”. Consideramos que dicha categoría da cuenta de un progreso en el aprendizaje importante en relación con el desarrollo de la vigilancia metacognitiva sobre el pensamiento teleológico, por lo que en la siguiente sección ofrecemos algunos fragmentos de los datos empíricos que corresponden a dicha categoría.

Resultados

La mayoría de los y las estudiantes mostró indicadores de comprensión acerca de en qué consiste el pensamiento finalista e incluso de cierta capacidad para identificarlo en distintas situaciones. La mencionada categoría “identificación del finalismo” pretende dar cuenta de este progreso. Para ilustrar este resultado mostramos algunas respuestas a la actividad pre-instruccional y luego algunas reflexiones parte de las respuestas a la actividad “revisión de las respuestas iniciales”.

En la actividad pre-instruccional se planteaba un caso de pérdida de eficiencia en un repelente para mosquitos y se les preguntaba a los y las estudiantes *¿Cómo explicarías que los*



fabricantes de repelente deban cambiar frecuentemente la fórmula de su producto? Algunos ejemplos de respuestas fueron:

- Sofía: *“En mi opinión, las marcas deben estar renovando el producto porque los mosquitos tanto como los demás insectos, van mejorando sus habilidades. Y a su vez, desarrollan inmunidad.”*
- Martina: *“Porque se acostumbran al repelente”*.
- Pedro: *“Yo creo que las cambian porque todo el tiempo surgen nuevas especies. También me di cuenta que porque se pueden hacer inmunes.”*
- Santino: *“Van cambiando de fórmula porque los mosquitos al adaptarse a otros ambientes al reproducirse mutan genéticamente gracias a que los mosquitos descubrieron nuevos ambientes.”*
- Morena: *“Si bien todos los productos tienen fecha de vencimiento, los mosquitos (en mi opinión) se hacen o más grandes, o son más fuertes, entonces los fabricantes deben ponerle al repelente como “más potencia””*.

Algunas respuestas de la actividad “revisión de respuestas iniciales” fueron:

- Martina: *“Si, porque antes pensaba que estaba bien pero ahora se que no fue porque se acostumbraban sino que mutaban.”*
- Pedro: *“Si, respondí de manera finalista ya que puse que los mosquitos evolucionaron porque lo necesitaban pero era por el azar. Pensaba que todo pasaba para algo.”*
- Santino: *“Me parece que contesté de manera finalista.”*
- Morena: *“Si, porque los mosquitos no “se acostumbran” al repelente, tienen una mutación.”*

Además de la comprensión e identificación del OE, los y las estudiantes muestran claras evidencias de que consideran incorrecto el finalismo en términos absolutos. Esto lo podemos ver en las respuestas que brindaron a la última actividad donde, sin que se les haya pedido, eligen distinguir lo que serían respuestas finalistas de aquellas que consideran “correctas” o “reales”, por ejemplo:

- Morena: *“Pensamiento finalista: puede ser que el antibiótico se haya vencido, las bacterias se hayan vuelto resistentes, se acostumbren al antibiótico, se pudieron volver grandes, etc. Caso real: las bacterias tuvieron una mutación, porque el antibiótico*



justamente se hace para combatirlos, y las bacterias no se pueden acostumbrar tienen una mutación la cual las hace resistentes al olor por ejemplo y el antibiótico.”.

- Sofía: explica el ejemplo con conceptos de la TSN y agrega: *“Pero si le preguntaras esto a alguien probablemente te diga que los osos mutaron para poder camuflarse, pero esto sería incorrecto ya que estaría pensando de manera finalista (creer que las cosas tienen un fin o propósito).”.*
- Santino: *“Pensamiento finalista: diría que las bacterias se adaptaron al antibiótico y se volvieron inmunes. Lo correcto: la resistencia de las bacterias ante los antibióticos es que mutaron genéticamente y se volvieron inmunes a este tipo de antibióticos, por lo tanto, les fue beneficioso. Después los hijos de las bacterias heredaron esas características y ya a ninguna bacteria de este tipo le hacía daño esos tipos de antibióticos.”.*

Consideramos que este tipo de respuestas evidencian un importante avance en la progresión hacia la comprensión de la TSN. Sin embargo, desde nuestros marcos teóricos no buscamos que los estudiantes concluyan que toda forma de teleología es necesariamente incorrecta, en cambio, nuestra mayor expectativa es que puedan discernir entre formas correctas e incorrectas de teleología según sean o no compatibles con la TSN, y en particular recurriendo a la regulación facilitada por la metáfora del diseño. En cualquier caso, estos resultados nos permiten pensar qué modificaciones realizar sobre las actividades propuestas a fin de obtener mejores resultados en una segunda etapa del proyecto.

Conclusiones

A partir de las primeras instancias de diseño, aplicación y análisis de la secuencia didáctica piloto, se evidencian progresos en el aprendizaje de la TSN y en la toma de conciencia sobre el sesgo finalista. Los desafíos siguientes serán poder obtener resultados sobre la que consideramos la dimensión más demandante de la vigilancia metacognitiva que es la regulación del OE. Esperamos que los/as estudiantes puedan progresar en su aprendizaje desde la interpretación según la cual “el finalismo siempre está mal” hacia la capacidad para identificar casos en los que el pensamiento finalista es correcto o al menos ambiguo, para así fomentar el análisis crítico acerca de qué formas de teleología serían legítimas en relación con la teoría. Para eso, reformularemos la unidad didáctica de modo que enfatice aún más este objetivo y más específicamente, el uso de analogías en relación con el mismo.



Referencias

- Aubusson, P., Harrison, A., & Ritchie, S. (2006). *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer.
- Caponi, G. (2003). Darwin: between Paley and Democritus. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 10(3), 993-1023.
- Duit, R., & Wilbers, J. (2000). On the benefits and pitfalls of analogies in teaching and learning physics. In R. Pintó & S. Suriñach (Eds.), *Physics Teacher Education Beyond 2000* (pp. 11-18). Paris: Elsevier.
- Evans, E. (2018). Bridging the Gap: From Intuitive to Scientific Reasoning - The Case of Evolution. In K. Rutten, S. Blancke, & R. Soetaert (Eds.), *Perspectives on science and culture* (pp. 131-148). Indiana: Purdue University Press.
- González Galli, L. (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.
- González Galli, L., Pérez, G., Cupo, B., & Alegre, C. (2022). Revisión y revalorización del concepto de obstáculo epistemológico para la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Ciência & Educação*, 28.
- Harms, U., & Reiss, M. (2019). *Evolution Education Re-Considered. Understanding What Works*. Cham: Springer.
- Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Barcelona: Random House Modadori, S.A. (Edición en formato digital).
- Kampourakis, K. (2014). *Understanding evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kelemen, D. (2012). Teleological minds: How natural intuitions about agency and purpose influence learning about evolution. In K. Rosengren, S. Brem, E. Evans, & G. Sinatra (Eds.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (pp. 66-92). Oxford: Oxford University Press.



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario.
ISSN 2619-3531.

Leddon, E., Waxman, S., & Medin, D. (2008). Unmasking "alive:" children's appreciation of a concept linking all living things. *Cognitive Development*, 23(4), 461-473. DOI:10.1080/15248370802678463.

Lennox, J. (1993). Darwin was a teleologist. *Biology and Philosophy*, 8(4), 409

Maguire, M., & Delahunt, B. (2017). Doing a Thematic Analysis: A Practical, Step-by-Step Guide for Learning and Teaching Scholars. *All Ireland Journal of Higher Education*, 9(3).