

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS ESCOLARES INICIALES SOBRE LA EVOLUCIÓN ADAPTATIVA

Autores. 1.Jecsan Zambrano Abarzúa. 2.Mario Quintanilla-Gatica. 1.Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, jecsan.zambrano2014@umce.cl. 2.Pontificia Universidad Católica de Chile, mquintag@uc.cl.

Tema. Eje temático 7.

Modalidad. 1. Nivel educativo secundaria.

Resumen. Este estudio corresponde a una investigación realizada al inicio de una unidad didáctica sobre el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, aplicada en dos cursos de enseñanza media (87 estudiantes de 13 y 14 años). Tuvo como propósito identificar y caracterizar los modelos científicos escolares iniciales sobre la evolución adaptativa, a través de la aplicación de dos instrumentos de investigación: (a) un cuestionario, con dos problemas abiertos, y (b) una entrevista semi estructurada. El análisis fue eminentemente cualitativo, basado en la teoría fundamentada y, más específicamente en el método comparativo constante. Como resultado se identificó un modelo científico escolar, denominado Finalista debido a sus características teleológicas. Entre sus principales características destacan las ideas de cambio individual, inducido por el medio ambiente (o problema ambiental).

Palabras claves. Modelo Científico Escolar Finalista, Modelo de evolución por selección natural, Finalismo, Cambio individual, Inducción ambiental.

Introducción

La Teoría de la Evolución es un componente fundamental en la biología actual, esto se debe a que todo sistema biológico es producto de un proceso de cambios de los sistemas preexistentes (González Galli, 2010; 2011). De esta manera, González Galli, Adúriz-Bravo y Meinardi (2005) indican que, ninguna explicación biológica estaría completa sin considerar las explicaciones ofrecidas desde la Teoría de la Evolución.

A pesar de su importancia, diversas investigaciones han demostrado la dificultad de su aprendizaje y la amplitud con la que se repiten las ideas alternativas del estudiantado, en diferentes países y niveles educacionales (Della costa y Occelli, 2020; Gené, 1991; Gil, Mayoral y Sara, 2015; González Galli y Meinardi, 2015, entre otros). Es común que estas concepciones sean contradictorias con los modelos científicos y muchas veces resistentes a los cambios, luego de la implementación de una unidad didáctica (González Galli y Meinardi, 2015; Sanmartí, 2002).

Para superar estas problemáticas y promover la construcción de significados en el estudiantado de ciencias es necesario, entre otras cosas, considerar el modelo de ciencias que será enseñado (Sanmartí, 2002). En este sentido, el modelo cognitivo de ciencia resulta ser un camino apropiado y educativo para la transposición del saber erudito (Quintanilla, 2012). Así, Estany e Izquierdo (2001) sostienen que, bajo la orientación cognitiva, R. Gire (1988), pone énfasis en la importancia de los “modelos teóricos” como la forma de representación del conocimiento científico.

Lo relevante de esta visión de construir ciencia es que, de ella deriva la idea de ciencia escolar. Así, el rol de la escuela implica, en cierto sentido, ayudar a los y las estudiantes a construir Modelos Científicos Escolares (MCE) que les permitan interpretar el mundo con teoría (García y Sanmartí, 2006; Izquierdo, 2007; Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí, 1999).

Para esta investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las características de los modelos científicos escolares iniciales sobre la evolución en el estudiantado de secundaria? Para la cual se propuso el siguiente objetivo: Identificar y caracterizar los modelos científicos escolares iniciales sobre la evolución adaptativa.

Referente teórico

Modelos Científicos Escolares

En los contextos cotidianos, en la actividad científica y en la enseñanza de las ciencias, la polisemia del concepto *Modelo* constituye un obstáculo para su aprendizaje (Adúriz-Bravo, Labarca y Lombardi, 2014). Para efectos de este trabajo, entendemos que “*Los modelos (m) son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo (M), con un objetivo específico.*” (Chamizo, 2010, p. 26).

La actividad que les da origen, no comienza desde las observaciones empíricas, sino que, a través de las preguntas (Chamizo 2010). Así, la construcción de modelos es el resultado de ajuste entre las experiencias del estudiantado y las representaciones provisionales que van proponiendo para explicar estas preguntas (García y Sanmartí, 2006). A este proceso se le denomina modelización.

Para esta investigación es esencial este proceso ya que, desde esta perspectiva, la modelización parte desde los modelos “iniciales” hasta unos “finales”, marcados por una variedad de transiciones de modelos intermedios (Gómez, 2005). Esta investigadora, reconoce que, los MCE iniciales están caracterizados por las ideas previas y las creencias cotidianas del estudiantado. Sin embargo, son clave en los procesos de modelización, puesto que desde ahí parte su construcción.

Teoría de la Evolución

Para Soler (2002), en su sentido amplio, evolución significa cambio y, en el contexto de evolución biológica “*implica dejar descendientes con modificación y, casi siempre, con diversificación*” (p 22). Para Gallardo (2017) evolución es “*el proceso biológico de origen, diversificación y extinción de la biota del planeta.*” (p. 39), esta mirada da cuenta de un hecho incontrovertible ya que, la paleontología sostiene evidencias innegables del hecho de la evolución.

Explícitamente el referente de las ciencias biológicas adoptado en este trabajo constituye la Teoría Sintética de la Evolución. Es seleccionada por dos motivos principales: en primer lugar, por ser un consenso científico entre los años 1930 y 1940 entre la teoría de Darwin y los hallazgos de la genética y la herencia. Además, la Teoría Sintética de la Evolución, le otorga un lugar central al Modelo de Evolución por Selección Natural (MESN), para explicar la adaptación de los seres vivos, y de acuerdo con Futuyma (2009) (citado en González Galli, 2011), el MESN constituye los fundamentos y el núcleo central de la biología evolutiva.

La estructura de la Teoría de la Evolución

Para González Galli (2011), la teoría de la evolución (TE) es mejor entendida desde una visión semántica, como una familia de modelos que interaccionan entre sí de manera compleja y que, permiten dar cuenta de una multiplicidad de fenómenos.

Gould (2002) (como se citó en Gallardo, 2017), reconoció el Modelo de Evolución por Selección Natural (MESN) como un pilar fundamental de la TE. Sostiene que, semánticamente hay tres principios que transforman al MESN en “*una explicación radical acerca de la historia de la vida.*” (p. 560). Estos son: causa, eficacia y alcance. Causa, se refiere a que el

mecanismo (Selección Natural) sea suficiente y necesario para dirigir el proceso evolutivo; eficacia, referida como la capacidad de generar novedades evolutivas; y alcance, como la capacidad para explicar los procesos micro y macroevolutivos.

Metodología

En este trabajo se adopta un enfoque cualitativo que implica una aproximación interpretativa y naturalista hacia el objeto de estudio. Nos basamos en la Teoría Fundamentada y, más específicamente, en el método comparativo constante para generar categorías teóricas que buscan reconstruir lo que el estudiantado *ve* y *explica* sobre un fenómeno particular: la evolución adaptativa (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Compartimos los resultados obtenidos de la aplicación de dos instrumentos: (a) un cuestionario a través de un formulario de Google y (b) una entrevista, en dos cursos de 1° año de Enseñanza Media (13 y 14 años), durante la implementación de la UD, en formato de educación virtual. Participaron 87 estudiantes y para el análisis se optó por seleccionar a quienes participaron de todos los instrumentos. Ello constituyó la primera reducción de datos ya que, sólo 9 estudiantes cumplían con este criterio y 4 presentaron una amplitud en las respuestas, los que se seleccionaron para el estudio.

Resultados y discusión

Del análisis de las explicaciones estudiantiles a través del método comparativo constante, se definieron un total de 14 categorías. En la tabla 1 se presentan una breve descripción y la frecuencia con la que se identificaron. Por razones de espacio sólo se incluyen aquellas que fueron más utilizadas por el estudiantado. Como se puede observar, las tres primeras categorías representan el 56% de todas las concepciones subyacentes utilizadas; por otro lado, el 80% de todas estas ideas se concentran en las 7 primeras categorías.

Tabla 1. Categorías de primer nivel y su frecuencia relativa.

Notación	Categoría de primer nivel	Breve descripción	Frecuencia relativa
C1	Cambio individual adaptativo	El cambio sucede en el sentido de la superación de un problema ambiental, en un individuo.	26%
C2	Finalismo	Los cambios evolutivos están orientados hacia ciertos fines, objetivos y metas.	15%
C3	Inducción ambiental	El ambiente induce directamente el cambio adaptativo en los individuos.	15%
C4	Compensación	La pérdida de un rasgo está acompañada de la mejora de otras habilidades o capacidades.	8%
C5	Crias adaptadas	Frente a un cambio ambiental un individuo produce crías adaptadas al problema.	6%
C6	Herencia de los caracteres	Los caracteres adquiridos (adaptativos) son heredados en la siguiente generación.	5%
C7	Enfrentamiento previo	Individuos han sobrevivido a un problema ambiental en el pasado, aumentan las posibilidades de sobrevivir a un nuevo problema ambiental.	5%

Fuente. Autor (2020).

Se han incluido las categorías de la 1 a la 6, dentro de una categoría de segundo nivel, denominada Finalismo. La designación *Finalista* hace referencia a un tipo de pensamiento en que los cambios evolutivos están orientados hacia una

meta, objetivo, finalidad o necesidad “intrínseca” de la especie (González Galli, 2011). Todas estas concepciones estuvieron relacionadas en las explicaciones del estudiantado cuando resolvieron los problemas de evolución adaptativa.

A pesar de lo anterior, el estudiantado no utiliza todas estas ideas en una explicación Finalista, sino que sólo pone en juego algunas de ellas. Para que una explicación estudiantil, pueda ser considerada dentro de este modelo necesita, según nuestra perspectiva, poner en juego al menos una de tres primeras categorías (C1, C2 o C3). En la tabla 2, se presentan algunos ejemplos de las respuestas estudiantiles a un problema de evolución adaptativa.

Tabla 2. Ejemplos de las respuestas estudiantiles.

Enunciado problema 3 (P3)	Un grupo de científicos(as) encontraron una población de “peces ciegos” en un lago que se formó dentro de una cueva en la que no llega la luz solar, de modo que han pasado toda su vida en un ambiente totalmente oscuro. Todos estos peces tienen ojos muy pequeños y cubiertos por piel. Hoy sabemos, después de análisis en el ADN, que estos peces se originaron a partir de un grupo de peces que tenían ojos bien desarrollados y una excelente visión. ¿Cómo explicarías la desaparición de la visión en estas poblaciones? (González Galli, 2011)
Explicación estudiante 1	<u>Ya no tiene la vista ya que por el hecho de vivir en una cueva, que no tenía luz solar, era como innecesario ver</u> ^{C2, C3} por qué estando a oscuras no veían igual, <u>empezaron a perder la vista de apoco hasta quedar ciegos</u> ^{C1}
Explicación estudiante 2	<u>Se explicaría por su ambiente al no llegar tanta luz solar puede que les afectará y quedarán ciegos</u> ^{C3} , porque su ambiente natural se conforma de luz solar y agua. <u>También por la oscuridad pudieron ir evolucionando y acostumbándose a ese ambiente</u> ^{C1, C2} y <u>logran empezar a desarrollar nuevas capacidades</u> ^{C4} .

Nota. Se ha mantenido la redacción y ortografía original de las respuestas estudiantiles.

Fuente. Autor (2020).

Como se puede observar, ambas explicaciones tienen un carácter finalista, ya que los cambios adaptativos se orientan hacia la solución del problema ambiental, es decir, dirigido a ciertos fines u objetivos. Además, se observa que el cambio individual (C1), inducción ambiental (C3), Finalismo (C2), está presente en ambas explicaciones. Estas interpretaciones son coherentes con las investigaciones realizadas por Caires, Luz y Bologna (2015), que expresan que una gran cantidad de estudiantes explica la evolución biológica bajo una óptica teleológica, es decir, la idea de que el entorno impulsa la necesidad de adaptación en los organismos, produciéndose cambios orientados a la solución del problema.

En esta línea interpretativa de las respuestas estudiantiles, Cofré, Vergara, Santibáñez y Jiménez (2013), indican que un 37% utiliza un tipo de explicación teleológica o intuitiva, definida como “*Causa final dada por una voluntad del organismo para responder a los cambios del medio.*” (p. 73). Si bien, los hallazgos de nuestra investigación demuestran el alto porcentaje de estudiantes con explicaciones finalistas o teleológicas, estos no indican que los organismos poseen una intencionalidad (voluntad consiente) para producir los cambios individuales adaptativos, sino que como una consecuencia natural de los procesos evolutivos de responder al medio ambiente.

Sobre el termino Finalismo, González Galli (2011) sostiene que no es sólo un rasgo de “pensamiento” evolutivo, sino que es parte de una profunda estructura mental sobre la cual se interpreta diferentes problemas científicos escolares, además lo posiciona como un *obstáculo* para el aprendizaje del MESN, ya que es un pensamiento persistente aún después de la enseñanza de la teoría de la evolución.

En otra investigación similar (González Galli, 2011; González Galli y Meinardi, 2015), se ha encontrado la utilización de ideas equivalentes por parte del estudiantado de secundaria. Sin embargo, en esta investigación se ha encontrado que frecuentemente el MCEE Finalista está acompañado de una idea de progreso evolutivo; donde los individuos que superan un problema ambiental están más preparados (o evolucionados) para enfrentar un segundo problema ambiental.

Conclusiones

Sobre la identificación y caracterización de los modelos científicos escolares sobre evolución, podemos concluir que el estudiantado de ciencias explica la evolución de una manera denominada Finalista, los que constituyen, según nuestra caracterización, el modelo científico escolar inicial sobre la evolución adaptativa. El modelo finalista, corresponde a un MCE que está definido y caracterizado por las ideas previas o preconcepciones estudiantiles. Su principal característica radica en un carácter teleológico, es decir, que los procesos evolutivos están orientados hacia la solución de los problemas y cambios ambientales (González Galli, 2011), por lo cual la adaptación de los organismos está directamente influenciada por medio el ambiente, dándose sólo cambios adaptivos que suponen una ventaja en el ambiente en el cual se desarrollan. Por ejemplo, frente a un problema científico escolar que plantee la evolución de los peces ciegos a partir de los peces con visión, será común que el estudiantado indique que, debido a la ausencia de luz y el contacto directo de los organismos con este medio ambiente, se produzca la pérdida de la visión que, tiene como función, enfrentar con éxito el cambio ambiental. Cabe señalar que, frecuentemente la pérdida de la visión estuvo acompañada de la idea de compensación (C4), es decir, que la pérdida de un rasgo está acompañada por el aumento o desarrollo de otras capacidades.

Se puede concluir que, las principales concepciones subyacentes implicadas en esta forma de razonamiento son: Cambio individual adaptativo (C1), Finalismo (C2) y Cambio por inducción ambiental (C3), ya que corresponden a las ideas principales y más utilizadas por el estudiantado de ciencias para explicar la evolución adaptativa. Sin embargo, dependiendo del problema y de la coherencia y/o completitud con la que se explique, podrían incluir las ideas de: Compensación (C4), Crías adaptadas (C5) y Herencia de los caracteres adquiridos (C6).

Implicancias para la formación de profesores

Las implicancias de este estudio para la formación de profesores derivan de los resultados obtenidos del análisis de los datos, debido a que, *ver* cómo fueron los modelos científicos escolares al inicio de los procesos de enseñanza-aprendizaje, permite tomar acciones sobre cómo diseñar actividades que promuevan la construcción de significados por parte del estudiantado. Así, es posible que los resultados de este estudio puedan ser incluidos en la formación inicial del profesorado, en forma de talleres, tanto en el área disciplinar como en la didáctica de la biología, que permita la reflexión crítica sobre cómo mejorar estas concepciones y superar aquellas ideas que son resistentes al cambio.

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A., Labarca, M. & Lombardi, O. (2014). Una noción de modelo útil para la formación del profesorado de química. En C. Merino, M. Arellano & A. Adúriz-Bravo (Eds.), *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes*, (pp. 37-50). Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Caires, F., Luz, P. & Bologna, M. (2015). Deferências conceptuales según la evolución biológica en la visión de los alumnos. *Investigación y Desarrollo*, 1(18), 39-49.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

- Cofré, H., Vergara, C., Santibáñez, D. & Jiménez, J. (2013). Una primera aproximación a la comprensión que tienen los estudiantes universitarios en Chile de la Teoría de la Evolución. *Estudios pedagógicos XXXIX*, (2), 67-83.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41.
- Della costa, G. & Occelli, M. (2020). Análisis de simulaciones para la enseñanza del modelo de evolución biológica por selección natural. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 2201.
- Estany, A. & Izquierdo, M. (2001). Didactología: una ciencia de diseño. *ENDOXA: Series Filosóficas*, (14), 13-33.
- Gallardo, M. (2017). *Evolución. El curso de la vida*. Recuperado de <http://sitiosciencias.uach.cl/EvolucionEICursodelaVida2017.pdf>
- García, P. & Sanmartí, N. (2006). La modelización: una propuesta para enseñar la ciencia que enseñamos. En M. Quintanilla & A. Adúriz-Bravo. (Eds.), *Enseñar Ciencias en el Nuevo Milenio. Retos y propuestas* (pp. 279-298). Santiago, Chile: Ediciones UC.
- Gené, A. (1991). Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las ciencias*, 9(1), 22-17.
- Gil, A., Mayoral, L. & Sara, C. (2015). Concepciones alternativas sobre evolución en estudiantes de secundaria. *IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en la Campo de las Ciencias Exactas y Naturales* (pp. 1-10). Ensenada, Argentina: Memoria académica.
- Gómez, A. (2005). *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: una visión escalar*. (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.
- González Galli, L. (2010). La Teoría de la Evolución. En E. Meinardi (Ed.), *Educación en Ciencias* (pp. 225-259). Buenos Aires, Argentina: Editorial Paidós SAICF.
- González Galli, L. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural*. (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- González, L., Adúriz-Bravo, A. & Meinardi, E. (2005). El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, 1-6.
- González Galli, L. & Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Ciencia y Educação*, 21(1), 101-122.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio* (6a. ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, (6), 125-138.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M.P., Pujol, R.M. & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, 79-92.



Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021
Modalidad On Line – Sincrónico

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126.
Memorias del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

Quintanilla, M. (2012). La investigación en evaluación de Competencias de Pensamiento Científico desde la formación continua del profesorado. Algunas directrices epistemológicas. En F. Angulo, L. Díaz, C. Joglar, A. Joglar, E. Ranaval & M. Quintanilla (Eds.), *Las Competencias del Pensamiento Científico desde 'las voces' del aula* (pp. 15-46). Santiago, Chile: Editorial Bellaterra.

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid, España: Síntesis Educación.

Soler, M. (Ed.). (2002). *Evolución: la base de la biología*. Madrid, España: Proyecto Sur de Ediciones, S. L.