

## **OBSTÁCULOS PARA EL APRENDIZAJE DEL MODELO DE EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL. EL PROBLEMA DE LA TELEOLOGÍA**

### **OBSTACLES IN THE LEARNING OF THE MODEL OF EVOLUTION BY NATURAL SELECTION. THE TROUBLE OF TELEOLOGY**

**POR:** Leonardo González Galli y Elsa Meinardi <sup>1</sup>

#### **Resumen**

En este trabajo se presentan algunas conclusiones de una investigación sobre los obstáculos para el aprendizaje del modelo de selección natural (MESN). Se propone que, al menos, tres modos de pensamiento presentes en los estudiantes funcionan como obstáculos para el aprendizaje de este modelo: la “teleología de sentido común”, el “razonamiento centrado en el individuo” y el “razonamiento causal lineal”. Dado que el estatus de los razonamientos teleológicos en la biología es objeto de debate, se analizan las implicancias didácticas de este debate y su relación con el funcionamiento del pensamiento teleológico como obstáculo para el aprendizaje del MESN.

#### **Abstract**

In this work, some conclusions of a research about the obstacles for the teaching model of evolution by natural selection are presented. It is suggested that, at least, three ways of thoughts present in the students work as obstacles for the learning of this model: the "teleology of common sense", the "reasoning centered in the individual", and the "reasoning lineal causal". Considering that the status of the teleological reasoning in biology is an object of debate, it is analyzed here the didactical implications of this debate and its connection with the functioning of the teleological thought as an obstacle for the model of evolution by natural selection learning.

---

<sup>1</sup> Grupo de Didáctica de la Biología, Instituto de Investigación CEFIEC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

## Introducción

Existe un amplio consenso en relación con la gran relevancia de la enseñanza de los modelos de la biología evolutiva en general, y del modelo de evolución por selección natural (MESN) en particular. Esta afirmación se debe a que la teoría de la evolución constituye un *corpus* teórico que unifica todas las ramas de la biología (Futuyma, 2009; WGTE, 1998,) y a que posee, además, profundas implicancias que van más allá de la biología (Dennett, 1995; Ruse, 1994; Stamos, 2009). Lamentablemente, existe un consenso semejante en relación con los pobres resultados que en numerosos países obtiene la educación obligatoria en términos del aprendizaje significativo de esta teoría (Alters y Nelson; 2002; Smith, 2010).

Esta situación convierte a la investigación sobre los factores que dificultan la enseñanza y el aprendizaje de la biología evolutiva en un tópico prioritario para la didáctica de la biología. Estas investigaciones han permitido identificar diversos factores determinantes de esta situación: la presencia e influencia de una cosmovisión religiosa (Griffith y Brem, 2004; Smith, 2010), la inadecuación de los materiales didácticos (Demastes et al., 1995; Nehm y Schonfeld, 2007), las deficiencias en la formación del profesorado (Berkman et al., 2008; Smith, 2010) y la presencia y persistencia de numerosas concepciones alternativas (CA) (Bishop y Anderson, 1990; Smith, 2010).

En relación con este último punto, se han detectado numerosas ideas y formas de pensar erróneas en relación con la evolución, tales como la idea de herencia de los caracteres adquiridos, nociones de uso y desuso y formas de entender la evolución que con frecuencia se califican de "lamarckianas" (aunque no profundizaremos este punto, consideramos poco conveniente utilizar este adjetivo para las concepciones de los estudiantes). A pesar de que son numerosas las investigaciones sobre las CA en relación con la evolución, pocos intentos se han hecho para sondear la naturaleza y funcionamiento de dichas concepciones. Nuestra investigación, centrada en el concepto de obstáculo, pretende constituir un aporte en dicha dirección.

## Obstáculos para el aprendizaje del MESN

El concepto de obstáculo, basado en la noción de obstáculo epistemológico de Gaston Bachelard, ha sido desarrollado principalmente por la didáctica de las ciencias naturales francófona (Astolfi, 2001). A pesar de las numerosas investigaciones basadas en este concepto, el término "obstáculo" es utilizado de diferentes formas en la literatura. Por tal motivo, parte de nuestro trabajo consistió en reelaborar el concepto de obstáculo. Como resultado de este análisis

proponemos la siguiente definición (González Galli y Meinardi, 2010): un obstáculo es un modo de pensar que cumple con los siguientes requisitos:

1. Es transversal (tiene cierto grado de generalidad, se aplica a diferentes dominios de contenidos).
2. Es funcional (es explicativa, permite al sujeto dar cuenta de ciertos aspectos del mundo).
3. Compite con el modelo científico a enseñar (permite dar cuenta de la misma parcela del mundo que el modelo a enseñar).

Para identificar los obstáculos que podrían dificultar el aprendizaje del MSN indagamos las CA de los estudiantes enfrentándolos a problemas que implicaran casos de evolución adaptativa. A partir del análisis de las respuestas a estos problemas identificamos las concepciones que los estudiantes ponen en juego cuando explican un caso de evolución adaptativa. Luego inferimos qué obstáculos podrían subyacer a dichas concepciones. Este análisis estuvo guiado por varias fuentes:

- a. La didáctica de la biología.
- b. La historia de la biología.
- c. La epistemología de la biología.
- d. La psicología cognitiva.

Todas estas disciplinas sirvieron de fuentes para inferir qué modos de pensamiento podrían subyacer a las concepciones detectadas en las respuestas de los estudiantes. Cabe destacar, por ser poco tenida en cuenta en la didáctica de las ciencias, la relevancia de ciertas líneas de investigación en psicología cognitiva y del desarrollo (por ejemplo, Kelemen, 1999) para nuestros análisis.

A partir del análisis de las concepciones identificadas proponemos la existencia de tres formas de pensar que pueden considerarse obstáculos de acuerdo con la definición propuesta. Hemos denominado a estos obstáculos:

- Teleología de sentido común (TSC)
- Razonamiento centrado en el individuo (RCI)
- Razonamiento causal lineal (RCL)

De acuerdo con la TSC, todos los procesos biológicos responden a un fin predeterminado. El RCI supone que todos los cambios biológicos se explican a partir de fenómenos que tienen lugar a nivel orgánico. Finalmente, según el RCL, todos los fenómenos son consecuencia de la acción una única causa que los precede.

Aunque la naturaleza teleológica de las CA de los estudiantes ya se ha referido en la literatura previa (por ejemplo, Jiménez Aleixandre, 1991) consideramos que su relevancia ha sido poco atendida (González Galli y Meinardi, 2006, 2011). En

particular, nos interesa destacar aquí que numerosas investigaciones en psicología cognitiva y del desarrollo permiten sostener que el pensamiento teleológico aplicado al dominio biológico constituye un rasgo probablemente universal de la cognición humana (Kelemen, 1999; Carey 1995; Evans, 2010). También puede afirmarse que este sesgo del pensamiento es explicativo, ya que permite al sujeto dar cuenta de innumerables fenómenos y predecir eficazmente el comportamiento de muchos sistemas biológicos (¡incluyendo los demás seres humanos!). Nótese que esta perspectiva se aleja fuertemente de aquella que supone que el sesgo teleológico de los estudiantes es consecuencia de malas prácticas didácticas o del descuidado discurso imperante en los medios masivos de comunicación. Más adelante exploraremos brevemente las implicancias didácticas de este enfoque.

### **El problema de la teleología**

La cuestión relacionada con el estatus y legitimidad de los razonamientos teleológicos en la biología constituye un tema central de la epistemología de la biología (Allen et al., 1998). Aunque el problema es complejo y tiene numerosas aristas, podemos considerar que se expresa en relación con dos temas principales:

- i. La noción de función.
- ii. La naturaleza del MESN y de las explicaciones de la adaptación de él derivadas.

En relación con este último punto las opiniones pueden ubicarse entre dos polos. De acuerdo con uno de los extremos, el darwinismo eliminó la teleología de la biología mientras que, de acuerdo con el extremo opuesto, la naturalizó, la legitimó (Allen, 2003).

Aunque los profesores de biología y los biólogos tienden a negar que el razonamiento teleológico tenga un legítimo lugar en sus teorizaciones el lenguaje teleológico es omnipresente en la biología. En relación con este punto, algunos autores consideran que este rasgo de la biología implica solo un modo de facilitar la comunicación. Por el contrario, otros autores (Ayala, 1970; Caponi, 2003; Dennett, 1995; Lennox, 1993; Ruse, 2000; Short, 2002) sostienen que es la expresión de un estilo de razonamiento (teleológico) al que, necesariamente, deben recurrir los biólogos para dar cuenta de la adaptación biológica.

A pesar de que este constituye un debate arduo en la epistemología de la biología, la mayoría de los docentes suele asumir que la biología no supone razonamientos teleológicos y traduce esta perspectiva en una suerte de prohibición de los enunciados teleológicos (Zohar y Ginossar, 1998).

En nuestro trabajo hemos adoptado la postura según la cual el MESN y las explicaciones de la adaptación de él derivadas son intrínsecamente teleológicos. Nos basamos en los análisis de numerosos filósofos de la biología (Ayala, 1970; Caponi, 2003; Dennett, 1995; Lennox, 1993; Ruse, 2000; Short, 2002) que, desde distintas perspectiva y mediante diferentes argumentos, convergen en esta conclusión. Por ejemplo, de acuerdo con Ruse (2000), para construir una explicación darwiniana del origen de un rasgo adaptativo debemos recurrir necesariamente a la metáfora del diseño. Es decir, debemos preguntarnos “¿Para qué fin parece diseñado el rasgo X?”. Luego construimos la narración darwiniana (que no parece implicar en sí misma elementos teleológicos) y, sostiene Ruse, pretendemos nunca haber recurrido a la noción de diseño. Otros autores llegan a similares conclusiones al analizar qué tipo de causalidad está implicada en las explicaciones darwinianas. Caponi (2003) sostiene que estas explicaciones no suponen identificar causas próximas (mecánicas, físicas) sino la “razón de ser” del rasgo cuyo origen se pretende explicar. Esto supone identificar la razón por la cual la variante del rasgo seleccionada resuelve mejor algún problema de supervivencia o reproducción que las variantes alternativas. Esta “lógica problema-solución” es, según Caponi, el núcleo de la explicación darwiniana y es de una naturaleza claramente teleológica.

Es necesaria en este punto una aclaración importante. La afirmación sostenida por estos autores según la cual el MESN es teleológico no implica la reivindicación de la teleología teológica pre-darwiniana ni del lamarckismo, ni de ninguna doctrina no darwiniana de la evolución. Tampoco se trata de una concesión al “creacionismo científico” ni al “diseño inteligente”. Todas estas doctrinas son rechazadas unánimemente por los sólidos argumentos bien conocidos por biólogos y profesores de biología. Los análisis de los autores citados constituyen una perspectiva acerca de la estructura de la teoría ortodoxa y no un cuestionamiento a dicha teoría.

### **Implicancias didácticas**

Para analizar algunas implicancias didácticas de las discusiones aquí desarrolladas proponemos considerar dos conclusiones:

1. El razonamiento teleológico aplicado al dominio biológico es probablemente universal.
2. El MESN es intrínsecamente teleológico.

En relación con la primera conclusión, aunque se rechace el adjetivo “universal”, debe admitirse que el sesgo teleológico está presente los habitantes de todos los países en los que se hicieron las investigaciones pertinentes. La segunda

conclusión podría ser rechazada por el lector, dado que se trata de un tema de debate, en cualquier caso, hay que reconocer que se trata, justamente, de un problema epistemológico central de la biología. Así, no puede sostenerse la visión, algo ingenua, según la cual no existe ningún problema en relación con la teleología en la biología misma. Quienes rechacen la segunda conclusión aún deberán explicar por qué este tema es tan controvertido en la biología (y no en otras ciencias naturales).

¿Qué implican estos análisis en relación con la didáctica de la biología? Una primera conclusión es que, si se acepta la perspectiva aquí adoptada, desaparece el fundamento epistemológico para la censura de las expresiones teleológicas en las clases. Nótese que esta conclusión puede derivarse aún adoptando posturas menos fuertes en relación con la teleología. Por ejemplo, muchos autores niegan que el MESN sea teleológico pero reconocen que el lenguaje teleológico es necesario para la comunicación o que el razonamiento teleológico tiene un gran valor heurístico (por ejemplo, Zohar y Ginossar, 1998). Aún desde esta perspectiva, debería reconsiderarse la censura de la teleología en las aulas.

Esta censura suele ir acompañada de la pretensión de erradicar el pensamiento teleológico. Este objetivo didáctico aparece tanto en propuestas (basadas en modelos de cambio conceptual) producidas por la investigación en didáctica de la biología como en las prácticas de muchos docentes. Sin embargo, si tomamos seriamente los hallazgos de la psicología cognitiva debemos concluir que esta perspectiva parece poco realista; ¿Podemos, a partir de la enseñanza, eliminar lo que parece ser un rasgo constitutivo de la psique humana? Considerando el rol que la teleología juega en la propia teoría, también cabe preguntarse si tal eliminación es deseable. Desde la perspectiva aquí adoptada sugerimos que la respuesta es negativa para ambas preguntas: no es factible ni deseable eliminar el razonamiento teleológico.

El cambio de enfoque propuesto en relación con la teleología impone una pregunta central: si la eliminación del razonamiento teleológico no es factible ni deseable ¿Cuál sería el objetivo didáctico en relación con la teleología? Reconocer que la correcta aplicación del MESN supone poner en juego razonamientos teleológicos no implica que las explicaciones teleológicas que producen los estudiantes sean acordes con el MESN. Sin embargo, sí implica que la clave del aprendizaje del MESN no está en prescindir del razonamiento teleológico. Sugerimos que el principal objetivo didáctico es el desarrollo por parte de los estudiantes de una “vigilancia epistemológica” de naturaleza metacognitiva en relación con su sesgo teleológico. La idea, expresada brevemente, consiste en que los estudiantes adquieran conciencia de su sesgo teleológico y que sean

capaces de evaluar en qué casos es legítimo y en cuáles no, teniendo al MESN como referencia. Así, por ejemplo, un estudiante podría permitirse preguntarse “¿Para qué sirve el rasgo X?” pero debería detectar como erróneo el supuesto de que un organismo sufrirá preferentemente aquellas mutaciones que, dado el ambiente en que se encuentra, tienen efectos adaptativos. Ambas intuiciones (que el rasgo puede o debe servir para algo y que las mutaciones deben ser adaptativas) derivan de la “teleología de sentido común” que todas las personas poseen, pero la segunda no está “permitida” por el MESN mientras que la primera sí lo está.

Cabe destacar que, como parte de esta investigación, diseñamos y llevamos a la práctica una unidad didáctica orientada a este objetivo didáctico (González Galli et al., 2008) cuyos resultados son alentadores. Aunque el desarrollo de la mencionada “vigilancia epistemológica” constituye un objetivo elevado (por la alta demanda cognitiva que supone), podemos afirmar que es posible hacer significativos progresos en ese sentido. Por otro lado, esta propuesta converge con muchas líneas de investigación actuales en didáctica de las ciencias naturales que señalan el desarrollo de las capacidades metacognitivas como un objetivo central de la enseñanza y como una condición necesaria para el aprendizaje (Baker, 1991; Campanario, 2000; Jorba et al., 2000; Pozo y Gómez Crespo, 2004; Sanmartí, 2002; Soto Lombana, 2003).

## **Conclusiones**

El MESN constituye un contenido central de la enseñanza de la biología. Diversos factores determinan actualmente que la mayoría de los egresados de la educación obligatoria no alcance un aprendizaje significativo de este modelo. Entre estos factores se destaca la presencia de concepciones alternativas. En este trabajo sugerimos que la identificación de los obstáculos subyacentes a dichas teorías puede ser de gran utilidad para diseñar estrategias didácticas superadoras. También destacamos la importancia de la psicología cognitiva y del análisis epistemológico de los modelos a enseñar. El reconocimiento del carácter funcional-explicativo de algunos de estos obstáculos exige una revisión de los objetivos didácticos en relación con los mismos. Proponemos aquí que un objetivo didáctico prioritario debería ser el desarrollo de las capacidades metacognitivas de los estudiantes en general y, en particular, la capacidad de ser conscientes de que utilizan ciertos modos de razonamiento que, en ciertos casos, pueden limitar su comprensión. Las intuiciones derivadas de estos obstáculos deberían poder ser vigiladas teniendo un modelo científico como referencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, C. 2003. Teleological notions in biology. En Zalta, E. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2003 Edition). URL = <http://plato.stanford.edu/entries/teleology-biology/>
- Allen, C., Bekoff, M. y Lauder, G. 1998. *Nature's purposes. Analyses of Function and Design in Biology*. Cambridge: MIT Press.
- Alters, B. y Nelson, C. 2002. Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56 (10), p. 1891-1901.
- Astolfi, J. 2001. *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada.
- Ayala, F. 1970. Teleological explanations in evolutionary biology. *Philosophy of Sciences*, 37 (1), p. 1-15.
- Baker, L. 1991. Metacognition, reading and science education. En Santa, C. y Alvermann, D. (Eds.). *Science learning: Processes and applications*. Newark, New Jersey: International Reading Association.
- Berkman, M., Pacheco, J. y Plutzer, E. 2008. Evolution and creationism in America's classrooms: A national portrait. *PLoS Biology*, 6 (5), p. 920-924.
- Bishop, B. y Anderson, C. 1986. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Research Series No. 165*. Institute of research on Teaching, Michigan State University.
- Campanario, J. 2000. El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18 (3), p. 369-380.
- Caponi, G. 2003a. Darwin: entre Paley y Demócrito. *História, Ciências, Saúde. Manguinhos*, 10 (3), p. 993-1023.
- Carey, S. 1995. On the origin of causal understanding. En Sperber, D., Premak, D. y Premak, A. (Eds.). *Causal Cognition: A Multidisciplinary Debate*. New York: Oxford University Press.
- Demastes, S., Settlage, J. y Good, R. 1995. Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (5), p. 535-550.
- Dennett, D. 1995. *Darwin's dangerous idea: Evolution and the meanings of Life*. New York: Simon and Schuster.
- Evans, M. 2010. Conceptual Change and Evolutionary Biology: A Developmental Analysis. En Vosniadou, S. (Ed.) *International Handbook of Research in Conceptual Change*. Nueva York: Routledge.
- Futuyma, D. 2009. *Evolution*. Sunderland: Sinauer.

- González Galli, L. and Meinardi, E. 2011. The Role of Teleological Thinking in Learning the Darwinian Model of Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), p. 145-152. ISSN 1936-6426.
- González Galli, L. y Meinardi, E. 2010. *Revisión del concepto de obstáculo a partir de la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural*. Memorias de las IX Jornadas Nacionales - IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología.
- González Galli, L y Meinardi, E. 2006. Obstacles in the learning of natural selection. Actas de la 6<sup>th</sup> ERIDOB (European Researchers in Didactics of Biology) conference. Londres, Reino Unido.
- González Galli, L., Revel Chion, A. y Meinardi, E. 2008. Actividades centradas en obstáculos para enseñar el modelo de evolución por selección natural. *Revista de Educación en Biología* 11(1): 52-55.
- Griffith, J. y Brem, S. 2004. Teaching Evolutionary Biology: Pressures, Stress, and Coping. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (8), p. 791-809.
- Jiménez Aleixandre, M. 1991. Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 9 (3), p. 248-256.
- Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (Eds.). 2000. *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Barcelona: Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma de Barcelona – Editorial Síntesis.
- Kelemen, D. 1999. Function, goals and intention: children's teleological reasoning about objects. *Trends in Cognitive Sciences*, 3 (12), p. 461-468.
- Lennox, J. 1993. Darwin was a teleologist. *Biology and Philosophy*, 8, p.409-421.
- Nehm, R. y Schonfeld, I. 2007. Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for the teaching of evolution in schools? *Journal of Science Teacher Education*, 18 (5), p. 699–723.
- Pozo, J. y Gómez Crespo, M. 2004. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Ruse, M. 2000. Teleology: Yesterday, Today, and Tomorrow? *Studies in History and Philosophy of Biological & Biomedical Sciences*, 31 (1), p. 213-232.
- Ruse, M. 1994. *Tomándose a Darwin en serio*. Barcelona: Salvat.
- Sanmartí, N. 2002. *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Short, T. 2002. Darwin's concept of final cause: neither new nor trivial. *Biology and Philosophy*, 17 (3), p. 322-340.

Bio -grafía Escritos sobre La Biología y su Enseñanza.

Edición Extra-Ordinaria.

Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la

Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. P. p. 533 - 542.

- Smith, M. 2010. Current Status of Research in teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. *Science and Education*, 19 (4-8), p. 523-538.
- Soto Lombana, A. 2003. *Metacognición. Cambio conceptual y enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Magisterio.
- Stamos, D. 2009. *Evolución. Los grandes temas: sexo, raza, feminismo, religión y otras cuestiones*. Barcelona: Biblioteca Buridán.
- WGTE (Working Group on Teaching Evolution). 1998. *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington DC: National Academy Press.
- Zohar, A. y Ginossar, S. 1998. Lifting the Taboo Regarding Teleology and Anthropomorphism in Biology. Education-Heretical Suggestions. *Science Education*, 82 (6), p. 679-697.