

# *Analogías y vigilancia metacognitiva sobre el pensamiento finalista en el aprendizaje de la selección natural*

*CUPO, Betina / Instituto de Investigaciones CeFIEC, FCEN, UBA - betinacupo@gmail.com<sup>1</sup>*

---

*Eje: Abordajes y problemas filosóficos, históricos y epistemológicos en educación. [SEP] Tipo de trabajo: ponencia*

---

<sup>a</sup> *Palabras claves: Teleología, vigilancia metacognitiva - obstáculos epistemológicos – analogías - selección natural*

## **> Resumen**

A pesar del rol central que posee la biología evolutiva para las ciencias biológicas, numerosos hallazgos evidencian los insuficientes aprendizajes que alcanzan los/as estudiantes en referencia al modelo de evolución por selección natural (MESN). Una de las principales razones de dichos resultados, es la persistencia de concepciones alternativas luego de la instrucción. Muchas de estas están relacionadas con el pensamiento teleológico o finalista. Los innumerables esfuerzos de modificación de este modo de pensar resultan, con frecuencia, en la búsqueda de censura de las expresiones finalistas en las explicaciones de los/as estudiantes. Sin embargo, este tipo de explicaciones persisten en el discurso de la biología, así, por ejemplo, abundan en los libros de texto de biología de todos los niveles con expresiones con un alto grado de ambigüedad. Ante esta contradicción, y en relación con sus consecuencias didácticas, proponemos un abordaje didáctico desde los marcos teóricos de los obstáculos epistemológicos (OE) y la metacognición. Diversas estrategias y recursos didácticos son utilizadas a los fines de fomentar la reflexión metacognitiva. En este trabajo, buscamos explorar de qué modos y en qué medida el uso de metáforas y analogías puede contribuir a tal fin. Consideramos que este es un recurso potencialmente valioso por dos principales razones: porque el pensamiento analógico es parte esencial de la cognición humana y porque las metáforas y analogías cumple un rol central en las teorías científicas, incluida la teoría de la selección natural. Más específicamente, y de acuerdo con ciertos autores, la metáfora del diseño sería una parte intrínseca e irrenunciable a la hora de

---

<sup>1</sup> Tutor: GONZÁLEZ GALLI, Leonardo / CONICET - leomgalli@gmail.com

pensar en las adaptaciones que presentan los organismos a sus ambientes. Así, el trabajo metacognitivo sobre dicha metáfora podría ser una herramienta de gran poder para el abordaje del pensamiento teleológico en el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural.

### › ***Presentación***

Las adaptaciones de los seres vivos a su ambiente y la enorme diversidad de formas vivientes que habitan la Tierra, son fenómenos que han recibido numerosas interpretaciones a lo largo de la historia de la humanidad. Actualmente, la teoría evolutiva cobra protagonismo entre las y los científicos a la hora de explicar los procesos subyacentes a estos hechos. Si bien son varios los procesos evolutivos involucrados en dicha teoría, la selección natural es en la cual pondremos el foco en este trabajo. Dicho recorte de contenido, se debe principalmente a dos razones: el ya conocido rol central que tiene la selección natural dentro de la teoría evolutiva actual y a que, en numerosas investigaciones, se ha descrito que los aprendizajes alcanzados por los estudiantes para este modelo en particular son insuficientes por diversas razones, algunas de ellas vinculadas a las propias características del modelo. Algunas de estas características resultan incompatibles con ciertos modos de razonamiento intuitivos de las y los estudiantes, de modo que dichos modos de razonar se constituyen en obstáculos epistemológicos para el aprendizaje del modelo. Entre estos modos de pensar la teleología o pensamiento finalista ocupa un lugar central.

### › ***Desarrollo de nuestra propuesta***

Existen numerosas definiciones, provenientes de distintas áreas del conocimiento, para el término teleología (González Galli, 2011). De manera general, y útil para los fines de este trabajo, tomaremos como teleología a toda explicación de una entidad (fenómeno, estructura, proceso) que incluye las nociones de fin, meta, objetivo o propósito. Más allá de esta definición general, distintos autores han generado categorías que permiten identificar distintos tipos de teleología.

Al considerar la definición de teleología propuesta, es evidente que esta concepción resultaría, al menos en principio, incompatible con todo modelo de los procesos evolutivos que asignen un rol al azar. Esto incluye, por ejemplo, las nociones de mutación aleatoria y de deriva genética.

Para muchos investigadores/as y docentes, utilizar la teleología a la hora de explicar las adaptaciones y la diversidad de organismos es científicamente incorrecto. Considerando la síntesis de González Galli (2016), se suelen cuestionar desde la perspectiva científica, las expresiones teleológicas por varias razones:

- La implicancia de la existencia de entidades sobrenaturales que dirigirían los procesos con intención de alcanzar un fin determinado.
- El conflicto con la noción más frecuente de causa, debido a que se invertiría la relación temporal entre causas y efectos (en las explicaciones teleológicas las causas parecen operar desde el futuro).
- La supuesta contradicción con el modelo de explicación nomológico deductivo (explicaciones basadas en la noción de ley) priorizado por muchos años en la filosofía de la ciencia.

Es decir, que el rechazo de las explicaciones teleológicas en biología responde a ciertos supuestos epistemológicos sobre los que se debería basar la ciencia.

Numerosos autores, sostienen que fue Charles Darwin (2009) quien eliminó la teleología de las ciencias naturales al proponer el mecanismo de evolución por selección natural como fuente principal del cambio evolutivo, y más específicamente del “diseño biológico” o adaptación. Lo más importante en relación con el problema que nos ocupa, es que dicho modelo haría innecesaria la referencia a un agente sobrenatural para explicar las adaptaciones de los organismos a sus ambientes. Esas adaptaciones, entonces, no serán producto de la intencionalidad de un agente externo a los organismos, sino que serán producto del proceso de selección natural. De acuerdo con este modelo, las mutaciones genéticas (cambios azarosos que ocurren a nivel genético) pueden modificar los rasgos de los individuos afectando sus probabilidades de sobrevivir y reproducirse, de modo que habrá una reproducción diferencial entre los individuos con diferente información genética dentro de la población. De esta forma, los individuos que posean las variantes que generan mayor éxito reproductivo, dejarán más descendencia y la población se enriquecerá en estas variantes.

Así, muchos autores (Mayr, 1992; Ghiselin, 1994) han interpretado que la propuesta de Darwin determinó la eliminación de las explicaciones teleológicas de la biología. Esto se evidencia en el rechazo explícito de este tipo de expresiones por parte de expertos/as y docentes. A pesar de ello,

las explicaciones teleológicas abundan en los textos de biología contemporáneos de todos los niveles académicos. Incluso, en los escritos del propio Darwin.

Esta contradicción entre el rechazo de la teleología y el uso de las explicaciones teleológicas ha llevado a autores del área de la filosofía de la biología a revisar este tema (Allen, Bekoff y Lauder 1998)

La revisión del problema en el ámbito epistemológico, nos lleva a replantearnos los aspectos didácticos del mismo con preguntas como:

¿Es el lenguaje teleológico un modo de facilitar la comprensión de ciertos procesos biológicos o es un patrón explicativo propio de la disciplina? y en este último caso, ¿Sería legítimo el rol de la teleología en la biología? Las posibles respuestas a estas preguntas son de gran importancia ya que condicionan el cómo enseñar este modelo central para la biología.

En referencia a esto último, existe un debate entre autores que rechazan la teleología, y autores que, desde el área de la filosofía de la biología, defienden la idea de que al menos ciertas formas de teleología cumplen un rol legítimo en la biología y en particular en el MESN. En este sentido, por ejemplo, Caponi (2003) sugiere que, en las explicaciones basadas en la selección natural, hay un nexo teleológico referido a la relación entre el efecto del rasgo y su distribución o difusión en las poblaciones (“Aquellas bacterias que posean la mutación favorable van a poder sobrevivir y las de su tipo se harán más frecuentes dentro de la población”). En cambio, en las concepciones de los/las estudiantes el nexo teleológico aparece en el origen de la variación individual, que respondería a las necesidades impuestas por el ambiente (“Las bacterias mutan para sobrevivir”). Bajo el mismo razonamiento, Caponi expone que la explicación darwiniana no nos plantea una relación causa-efecto sino una solución-problema. El problema sería cualquier factor ambiental que afecte negativamente la supervivencia y reproducción del individuo, y la solución sería aquella variante de un rasgo que implica cierta ventaja frente al problema en cuestión. Por lo tanto, el hecho de que la variante de un rasgo presente alguna ventaja frente a una presión selectiva, nos dice que esa variante es más adecuada que otra para la solución de un problema. Por lo tanto, según Caponi, este modo de pensar es legítimamente teleológico y compatible con el MESN.

También desde la filosofía de la biología, será Ruse (2000) quien aborde este tema, pero a partir de la metáfora del diseño. Este autor sostiene que, a la hora de pensar las adaptaciones, consideramos a los organismos como si estos hubiesen sido diseñados. Es decir, plantea que, al

observar un rasgo, inevitablemente de manera intuitiva, tanto expertos como novatos, nos preguntamos para qué sirve. El hecho de pensar inevitablemente a ese rasgo como si tuviese una utilidad es propiamente teleológico. Por lo tanto, este modo de pensar, es intrínseco al MESN. Luego, esos modos de pensar son puestos en términos técnicos del modelo de modo que, en la versión final de la explicación, no se evidencian de manera explícita los razonamientos teleológicos que llevaron a la formulación de dicha explicación.

Volviendo al problema didáctico, dado lo anterior, la censura sin matices del pensamiento y uso de explicaciones teleológicas no estaría justificado. Los aportes de filósofos como Caponi y Ruse, nos llevan a pensar en la existencia de la teleología como parte propia, necesaria e irrenunciable del MESN. Sin embargo, como mencionamos, no todos los tipos de teleología serán compatibles con el modelo. Por lo tanto, un objetivo didáctico importante en la enseñanza será que los/las estudiantes puedan distinguir las distintas formas de teleología evaluando su pertinencia científica.

Por otra parte, desde el ámbito de la psicología cognitiva, autores como Kelemen (2012) señalan que la tendencia a explicar los fenómenos naturales en términos teleológicos constituye un sesgo cognitivo que se expresa desde la primera infancia. Estos resultados, además de lo ya discutido, muestran que el pensamiento teleológico no puede eliminarse ya que es propio de la cognición humana y fundamental para la producción de explicaciones y predicciones en la vida cotidiana en relación a la toma de decisiones.

De manera más general, también desde la psicología cognitiva, diversos autores como por ejemplo Kahneman (2019) proponen “modelos de procesamiento dual o de la mente dual”. Bajo esto

s modelos, los humanos operamos con dos sistemas cognitivos. Un sistema 1 caracterizado por modos de pensar fáciles, rápidos, no regulados, de baja demanda y un sistema 2 donde se ponen en juego un gran esfuerzo, regulación y tiempo en el poder de decisión consciente. Ambos sistemas son importantes y necesarios, pero el sistema 1 predomina sobre el 2 en el sentido de que es el responsable de la mayoría de las decisiones que el sujeto toma, siendo especialmente las situaciones problemáticas las que activan el sistema 2. La acción de este último también se requiere para la construcción de nuevos modos de pensar que resultan contrarios con la intuición, tal el caso de los modelos científicos.

Entonces, teniendo en cuenta además los aportes realizados desde la psicología cognitiva, no es esperable ni deseable que este modo de pensar desaparezca, incluso independientemente de si es o no compatible con el MESN.

Desde la perspectiva didáctica propuesta por autores como Astolfi y Peterfalvi (2001), y de acuerdo con González Galli et al. (2022), podemos considerar que aquellos sesgos cognitivos que dificulten el aprendizaje de modelos científicos funcionarán como obstáculos epistemológicos (OE). Dichos obstáculos han sido descritos en numerosas investigaciones, pero tomando la propuesta de González Galli y Meinardi (2015) los OE presentan tres características principales que los distinguen, por ejemplo, de las concepciones alternativas en general. Estas características son:

Transversalidad: en el sentido de que operan en relación con numerosos temas y contenidos.

Funcionalidad: describen, explican y predicen el mundo cotidiano.

Conflictividad: puede ser contradictorio con los modelos científicos a enseñar y competir con estos en el sentido de que explican el mismo fenómeno que se intenta abordar desde los modelos científicos.

Ante esta situación, lo que se propone desde ciertos marcos teóricos de la didáctica es que su censura o intento de eliminación deben ser reemplazados por lo que llamamos una “vigilancia metacognitiva” González Galli (2011). Dicha vigilancia metacognitiva, se encuentra situada en un marco teórico conocido como metacognición relativamente reciente en la didáctica de las ciencias. El prefijo meta “sobre” en la palabra, alude a la reflexión o el pensamiento sobre la misma cognición. Es decir, en otras palabras, la metacognición si bien tiene varias definiciones, podríamos resumirla como: pensar sobre y regular el propio pensamiento (Pérez, 2021; Zohar y Dori, 2012). Dentro de ella, tendremos dos dimensiones a considerar: el conocimiento metacognitivo, que implicaría la descripción de saber qué sé y qué no sé, y una dimensión de mayor demanda cognitiva denominada regulación metacognitiva donde se involucran procesos de análisis que llevan a la acción, como el monitoreo del propio pensamiento, la evaluación de los caminos en la construcción de los saberes, la contraposición a caminos de interpretación previos a otros, pensamientos del tipo “qué hago, para qué, qué me falta realizar, cómo”, etc. Según Peterfalvi (2001), el trabajo didáctico sobre los OE debería cumplir con 3 instancias:

- Desestabilización del obstáculo.
- Construcción/reconstrucción conceptual.
- Identificación del obstáculo.

Por lo tanto, las unidades didácticas destinadas a la enseñanza de los modelos científicos, inevitablemente deben contener instancias de enseñanza destinadas al aprendizaje de las habilidades metacognitivas en sus distintos grados de demanda. Dado este marco, González Galli (2016) define la “vigilancia metacognitiva” como la capacidad de identificar los razonamientos teleológicos y su posterior discernimiento en cuanto a en qué casos sería legítimo o no, su uso en las explicaciones. El desarrollo de esta capacidad estaría especialmente vinculado con el tercero de los componentes del trabajo didáctico sobre los OE definidos por Peterfalvi (2001).

Dado que, como ya se mencionó, la eliminación de ciertos modos de pensar que pueden funcionar como OE no es posible ni deseable (especialmente cuando dichos OE constituyen la expresión de sesgos cognitivos), el desarrollo de la “vigilancia metacognitiva” se constituye en un objetivo didáctico central para el aprendizaje de los modelos científicos.

De todas maneras, las conclusiones de los trabajos realizados hasta el momento, se desprenden de haber trabajado la vigilancia metacognitiva en unidades didácticas donde se abordaban distintos OE de la biología evolutiva (Pérez, 2021). De esta forma, si bien los resultados son notoriamente favorables frente al intento de eliminación/censura de los OE, siguen siendo modestos bajo nuestras expectativas de alcance en cuanto al grado de regulación por parte de los y las estudiantes en el aprendizaje del MESN, en particular teniendo en cuenta al obstáculo del pensamiento teleológico.

### › ***Diseño de unidad didáctica***

A partir de lo descripto, proponemos como importante entonces, analizar los alcances “reales” de la vigilancia metacognitiva, focalizándonos en un solo OE particular, la teleología. Para avanzar en la comprensión sobre las posibilidades y limitaciones en el desarrollado de la “vigilancia metacognitiva”, creemos que es necesario llevar a cabo investigaciones que impliquen la

implementación de unidades didácticas dirigidas específicamente a fomentar el desarrollo de esta capacidad.

Una unidad didáctica que responda a estos propósitos entonces, tendrá como objetivos generales:

1. La construcción, por parte de los/as estudiantes, de los aspectos más relevantes del MESN (variabilidad heredable, interacciones ecológicas en relación con la supervivencia y reproducción diferencial y el cambio a lo largo del tiempo de las proporciones de variables heredables).
2. Desarrollar la vigilancia metacognitiva sobre el OE del pensamiento teleológico.

Para la organización de la unidad didáctica, tomaremos como referencia el marco de secuenciación propuesto por Sanmartí (2000) con actividades de indagación de concepciones, de evolución de los modelos iniciales, síntesis y aplicación. Estas instancias no responderán a un orden necesariamente lineal sino bajo el concepto de aprendizaje en espiral que supone retomar y revisar conceptos y actividades en diferentes momentos del proceso.

En cuanto a los contenidos que atravesarán la unidad didáctica, serán los referidos al primer objetivo, pero atravesados por el segundo. Para ello, habrá instancias de trabajo tanto sobre el MESN como sobre el OE teleológico explícitamente.

En referencia al obstáculo, retomando lo propuesto por González Galli (2011), se deberá generar instancias de trabajo que favorezcan el desarrollo en las y los/las estudiantes de la capacidad de:

(1) comprender en qué consiste el razonamiento teleológico, es decir, saber qué es este tipo de razonamiento; (2) identificar el razonamiento teleológico, es decir, reconocer sus múltiples expresiones, que no siempre son evidentes; y (3) regular el obstáculo basándose en la teoría, es decir, restringir el uso del razonamiento teleológico evaluando la aceptabilidad de cada caso con la teoría de la selección natural como referencia.

En referencia a la primera etapa, la enseñanza de la teleología, habrá una instancia de explicitación de los OE en general, descriptos como modos de pensar propios de los humanos bajo las tres características principales antes esbozadas. Para ello, podríamos recurrir a la analogía propuesta por Astolfi (1999) donde se compara un iceberg con la jerarquía de las representaciones mentales que surgen en la interpretación de los fenómenos a aprender.

En cuanto a la particularidad del obstáculo teleológico, se realizarán en primera instancia, actividades de indagación de concepciones. Las mismas, requerirán del trabajo a partir de



ejemplos concretos y problemáticos que generan la explicitación de los pensamientos finalistas a la hora de explicar fenómenos de adaptación.

A partir de esta indagación, se pondrá en práctica la unidad didáctica con las instancias mencionadas anteriormente. Llevaremos a cabo actividades de alta demanda cognitiva en relación a habilidades cognitivo-lingüísticas necesarias para la construcción de los saberes científicos (Jorba, 2010).

Una vez trabajados los aspectos del modelo, se retomará la actividad de indagación dirigida a la explicitación de los pensamientos finalistas. Se fomentará la contraposición entre este modo de explicar los fenómenos y los recientemente explicados por el MESN, generando la identificación del OE en las explicaciones iniciales. Además del uso de las indagaciones previas a la instrucción en las que las y los estudiantes explicitaron sus pensamientos finalistas, también propondremos el análisis de frases de reconocidos biólogos/as y libros de textos, e incluso frases teleológicas del propio Darwin, que son frecuentes su libro “El Origen de las especies”.

El trabajo de identificación de este OE podría concluirse con el esbozo de una definición conjunta sobre en qué consiste este modo de razonar y por qué es importante la búsqueda de su regulación frente a la censura del mismo.

Una vez discutida la identificación de la teleología (tanto en las explicaciones de los y las estudiantes, como en los textos propios de la biología) deberíamos comenzar con la tercera etapa, la más ambiciosa de nuestra propuesta. Debemos fomentar la regulación del OE a fin de poder identificar el uso pertinente del finalismo en referencia al MESN.

Para avanzar en relación con dicho objetivo, nuestra propuesta supone recurrir a los razonamientos analógicos o más precisamente a la reflexión metacognitiva sobre dichos razonamientos. Tal como mencionamos, y en relación con el objetivo de enseñar el MESN, será central el análisis de la metáfora del diseño. Esta decisión se basa en la propuesta de Ruse (2000) ya mencionada. Proponemos que el análisis y la reflexión explícita sobre la metáfora del diseño, tomando a los organismos y sus adaptaciones como si hubiesen sido diseñados, facilitaría la comprensión del modo de pensar que se está poniendo en juego a la hora de explicar las adaptaciones y la diversidad de organismos para luego poder trabajar sobre las implicancias de esos modos de pensar y su relación epistemológica con el MESN. Nuestra hipótesis, es que tomar conciencia sobre esa metáfora como herramienta de pensamiento y el análisis crítico de sus implicancias en las frases ambiguas utilizadas en la biología, permitiría la identificación y

regulación del OE en cuestión. Esta propuesta contrasta fuertemente con aquellas que buscan censurar en los/as estudiantes la utilización del “para” u otras expresiones teleológicas.

La decisión de trabajar fuertemente sobre el análisis de la metáfora del diseño obedece al rol epistemológico de dicha metáfora en el MESN, pero también a que numerosos desarrollos de la didáctica de las ciencias naturales (Aubusson , 2006) destacan la importancia de las analogías en el aprendizaje. En este contexto, las analogías son entendidas como “... una comparación entre dominios de conocimiento que mantienen una cierta relación de semejanza entre sí. Esta relación de semejanza entre cosas diferentes ofrece una vía útil para que la adquisición de nuevos conocimientos se vaya desarrollando sobre la base de aquellos que ya se han aprendido.” (Linares, 2006: 27). Estas autoras, además, retoman las palabras de Duit y Wilbers (2000), que afirman que el razonamiento analógico ha mostrado ser un proceso clave de aprendizaje.

Por ejemplo, utilizando casos análogos entre estructuras de los organismos y artefactos destinados a determinada función, podríamos poner en discusión las implicancias de esos modos de pensar en ambos dominios, el cotidiano y durante el uso del MESN (Kampourakis, 2014).

Entonces, los lineamientos esbozados respecto de la unidad didáctica a diseñar, permitirían evaluar si el tratamiento de este OE específico bajo el marco teórico de la metacognición y con la explicitación del recurso principal de la metáfora del diseño generaría una mayor regulación metacognitiva y si dicha regulación resulta en un mayor alcance en la comprensión del MESN.

También nos proponemos evaluar los alcances de esta propuesta en términos de la estabilidad y transversalidad de la capacidad metacognitiva alcanzada por las y los estudiantes. En este sentido, por ejemplo, nos interesa evaluar de qué modo las y los estudiantes que transitaron esta unidad didáctica, ponen en juego la regulación del pensamiento teleológico en otros temas de la biología fuera del MESN.

Otro aspecto a investigar en referencia a los alcances de la aplicación de este tipo de unidades didácticas, sería considerar la estabilidad de los aprendizajes. Es decir, poder evaluar mediante actividades concretas, los alcances obtenidos a corto plazo (inmediatamente después de aplicar estos diseños) y a mediano plazo (al menos un año a posteriori de la enseñanza).

En referencia a la aplicación de esta particular unidad didáctica, tanto la labor docente como la de los/as estudiantes requiere de gran esfuerzo y compromiso tanto previo como durante el desarrollo y a posteriori de la secuencia de actividades. Esto se debe a varios factores: al contenido específico de ambas áreas disciplinares (didáctica y biológica), a la guía y el

acompañamiento que suelen requerir los y las alumnos/as ante las nuevas propuestas, como así también, al relevamiento posterior que debe hacerse a los fines de la investigación. En referencia a este último, las muestras que son tomadas para los análisis (principalmente cualitativos-interpretativos) suelen ser de entre 30-60 respuestas a aproximadamente 10-15 actividades que deben ser leídas, analizadas, desgrabadas y muchas veces reformuladas o que requieren instancias de entrevistas personalizadas, por nombrar algunos ejemplos.

### › ***A modo de cierre***

A partir de lo mencionado, el paso siguiente a este artículo y en el cual ya nos encontramos focalizados, es el diseño de la unidad didáctica cuyos objetivos y fundamentos teóricos expusimos en este trabajo, a fin de aplicarla y analizar los resultados en función de dichos objetivos. Esperamos entonces, poder contribuir a un mayor alcance en la comprensión del MESN a partir de fomentar la vigilancia metacognitiva sobre el OE referente al pensamiento teleológico considerándolo, en algunas de sus formas, compatible con el MESN.

## Bibliografía

- Allen, C., Bekoff, M. y Lauder, G. (1998) *Nature's purposes. Analyses of Function and Design in Biology*. Cambridge: MIT Press.
- Astolfi, J. (1999). *El "error", un medio para enseñar*. Sevilla: Díada.
- Astolfi, J. y Peterfalvi, B. (2001). Estrategias para trabajar los obstáculos: dispositivos y resortes. En Camilloni, A. (Ed.). *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*. Barcelona: Gedisa. pp. 191-223.
- 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.
- Darwin, C. (2009). *El origen de las especies por medio de la selección natural*. Madrid, España: Alianza.
- Duit, R. Y Wilbers, J. (2000). On the benefits and pitfalls of analogies in teaching and learning physics, en R. Pintó y S. Suriñach (eds.) *Physics Teacher Education Beyond 2000*, 11-18. Paris: Elsevier.
- Ghiselin, M.T. Darwin's language may seem teleological, but his thinking is another matter. *Biol Philos* 9, 489-492 (1994). <https://doi.org/10.1007/BF00850377>
- González Galli, Leonardo Martín. (2011) "Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural".. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- 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. *Ciencia y Educação*, 21(1), 101-122.
- González Galli, L. (2016) El problema de la teleología y la metáfora del diseño en biología: cuestiones epistemológicas e implicancias didácticas. TED (Tecné, Episteme y Didaxis), 40.
- González Galli, L. y Meinardi, E. (2016). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. En Cuví, N., Servilla, E., Ruiz, R. y Puig Samper, M. *Evolucionismo en América y Europa. Antropología, Biología, Política y Educación*. Quito: Ediciones Doce Calles – FLACSO Ecuador – Universidad Autónoma de México – Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- González Galli, L., Pérez G., Cupo B. (2022). Revisión y revalorización del concepto de obstáculo epistemológico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Ciência & Educação*, volume 28, 2022. En prensa.
- Jorba, J. (2010). La comunicación y las habilidades cognitivolingüísticas. En Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (Eds.). *Hablar y escribir para aprender*. Barcelona: Síntesis. pp. 29-50.
- Kahneman, Daniel (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Barcelona: Random House Modadori, S.A. (Edición en formato digital)
- Kampourakis K. (2014) *Understanding evolution*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Kelemen, D. (2012) Teleological minds: How natural intuitions about agency and purpose influence learning about evolution. En: Rosengren, K., Brem, S., Evans, E., Sinatra, G. (Eds.). *Evolution challenges. Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*. Oxford: Oxford University Press. pp. 66-92.
- Linares, R. e Izquierdo Aymerich, M. (2006). El rescate de la princesa encerrada en lo más alto de la más alta torre. Un episodio para aprender sobre analogías, símiles y metáforas. *El Hombre y la Máquina*, 27, 24-37.
- Mayr, E. (1992). *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Barcelona: Crítica.
- Pérez, G. M. (2020) "La regulación metacognitiva de los obstáculos epistemológicos en la construcción de modelos de biología evolutiva en la escuela media". Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de

Ciencias Exactas y Naturales.

- Peterfalvi, B. (2001) Identificación de los obstáculos por parte de los alumnos. En Camilloni, A. (Ed.) *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*. Barcelona: Gedisa. pp. 127-169.
- Ruse, M. (2000). Teleology: Yesterday, Today, and Tomorrow? *Studies in History and Philosophy of Biological & Biomedical Sciences*, 31(1), 213-232.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En Perales Palacios, F. y Cañal de León, P. (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239-266). Alcoy: Marfil.
- Zohar A. y Dori Y. (Eds.). (2012) *Metacognition in science education. Trends in current research*. Dordrecht: Springer.