



# Enseñar Biología en los niveles inicial y primario

## Fundamentos y desafíos

Leonardo González Galli | Doctor en Ciencias Biológicas (UBA). Profesor de Enseñanza Media y Superior en Biología (UBA).

### Introducción

En este artículo ofrecemos un análisis epistemológico y didáctico de los contenidos de Biología del *Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008*, con el objeto de brindar a los maestros y maestras algunos lineamientos generales para el diseño y la implementación de estrategias de enseñanza de estos contenidos.

En todo diseño curricular se ponen en juego diferentes criterios de selección de contenidos, entre los cuales existe inevitablemente cierta tensión. La elaboración del currículo consiste entonces, en alguna medida, en resolver dichos conflictos del modo más adecuado dados los supuestos e intenciones asumidos por los diseñadores.

### Fundamentos epistemológicos de la Biología

Los primeros análisis epistemológicos de la Biología se desarrollaron teniendo a la Física como ejemplo paradigmático de ciencia (“físicaismo”). Desde esta visión de la ciencia se llegó incluso a poner en duda la “cientificidad” de la Biología o, al menos, de algunas de las áreas de la investigación biológica en particular.

Apartándose de esta perspectiva más bien normativa (esto es, preocupada por lo que la Biología *debe ser*) y acercándose a una más naturalista (centrada en lo que la Biología *de hecho es*), desde comienzos de la década de 1980 se han desarrollado análisis epistemológicos orientados a la caracterización de la Biología como una ciencia autónoma. Dichos análisis tienden a reconocer que esta disciplina tiene ciertos rasgos epistemológicos propios, que la distinguen de la Física y las demás ciencias naturales (Mayr, 1998; 2006). Tener presentes estas particularidades puede ser de gran valor para pensar los fundamentos de la enseñanza (Adúriz-Bravo y Erduran, 2003), por lo que a continuación ofrecemos un breve análisis de algunas ideas clave de la epistemología de la Biología.

Adúriz-Bravo y Erduran (2003) señalan que la pretensión de unificar a todas las ciencias naturales supuso tres argumentos. El primero es la noción de *reducción*, de acuerdo con la cual parte de la Biología puede reducirse a la Química (y esta, a su vez, a la Física). El segundo es el *unionismo metodológico*, según el cual la Biología supondría la aplicación del método experimentalista e hipotético-deductivo,



presuntamente el mismo que utilizan la Química y la Física. Finalmente, la *unicidad de explicación* supone que todas las ciencias naturales, incluida la Biología, utilizan los mismos tipos de explicaciones (las explicaciones “nomológico-deductivas”, es decir, aquellas basadas en leyes universales) para dar cuenta de los fenómenos que estudian. Sin embargo, numerosos análisis sugieren que la Biología tiene particularidades que demandan otra perspectiva epistemológica. A modo de ejemplo podemos mencionar brevemente algunos rasgos de la Biología que contradicen estos tres supuestos. En relación con el primer supuesto (*reducción*) cabe señalar que los biológicos constituyen los sistemas naturales más complejos y que están organizados jerárquicamente, lo que supone la existencia de propiedades “emergentes” propias de cada nivel de organización, que no pueden reducirse a los niveles inferiores. Esto implica que es necesario investigar todos los niveles de organización (molecular, celular, “organísmico”, etc.) y que no es posible explicar totalmente las propiedades de los niveles superiores a partir aquellas de los niveles inferiores. Con respecto al segundo supuesto

(*unionismo metodológico*), en algunas áreas de la Biología se utilizan metodologías de investigación distintas del enfoque experimental. Por ejemplo, en muchas investigaciones de Biología evolutiva el experimento cumple un rol marginal o nulo, y se apela a otras estrategias como el “método comparativo”. Finalmente, y en relación con la *unicidad de explicación*, en Biología se utilizan patrones de explicación que no se ajustan al modelo nomológico-deductivo. Tal es el caso de las explicaciones narrativas (o históricas) y las funcionales. Más adelante ilustraremos la utilidad de tener presentes estos análisis epistemológicos para pensar la enseñanza de la Biología.

Cabe mencionar que el concepto de causa también presenta en Biología algunas particularidades. Por ejemplo, Mayr (1998) propone que el análisis de los sistemas biológicos demanda identificar una “doble causalidad”, distinguiendo las “causas próximas” (las causas eficientes que operan sobre el organismo individual) de las “causas últimas” (las razones histórico-evolutivas que explican por qué los organismos presentan ciertos rasgos). Este autor también destaca que en esta ciencia hay que razonar en términos de multicausalidad, ya que ningún fenómeno biológico se puede explicar apelando a una causa única.

Además de estas particularidades epistemológicas de la Biología es de interés mencionar algunos conceptos centrales y estructurantes de la disciplina. Para ello es útil enunciar las grandes preguntas que orientan la investigación en Biología, lo que nos permite identificar qué conceptos o modelos estructuran los intentos de respuesta a dichas preguntas. De acuerdo con Jiménez Aleixandre (2009), estas preguntas son:

- 1) ¿Qué es la vida? Aquí la idea clave es la *concepción materialista* de la vida (por oposición a las nociones vitalistas). Esto implica que los modelos de la Biología no suponen la existencia de entidades diferentes de aquellas estudiadas por los físicos y los químicos.
- 2) ¿Cuál es el origen de la vida? Desde la perspectiva materialista, las actuales hipótesis sobre el origen de la vida se centran en los procesos físico-químicos que podrían dar lugar a los primeros sistemas replicantes autoorganizados.

- 3) ¿Cuál es el origen de la especie? A esta pregunta señalada por Jiménez Aleixandre (*ibid.*) agregaríamos: ¿Cuál es el origen de la adaptación? Estas son las dos grandes preguntas que intenta responder la Biología evolutiva. En esta área de la Biología ocupa un lugar central la noción de evolución por selección natural (González Galli y Meinardi, 2013). Es esta pregunta la que introduce la *dimensión temporal* y las nociones de *unidad* y *cambio* en Biología.
- 4) ¿Cómo tiene lugar el desarrollo? Este campo de investigación ha sufrido un notable desarrollo en las últimas décadas, especialmente debido a los avances en el campo de la genética del desarrollo (“genes *hox*”). Tres conceptos clave en relación con ese tema son los de *diferenciación celular*, *expresión génica diferencial* y *morfogénesis*.
- 5) ¿Qué relaciones tienen los seres entre sí y con su medio? Esta pregunta nos lleva al dominio de la Ecología, donde las nociones de *sistema complejo* e *interacción* son centrales.

Creemos que a estas cinco grandes preguntas identificadas por Jiménez Aleixandre (*ibid.*) debemos agregar una sexta:

- 6) ¿Cómo funcionan y se autorregulan los organismos individuales? Esta pregunta es objeto de investigación por la Anatomía, la Fisiología y la Biología molecular y celular. En este ámbito cabe destacar el concepto de *autorregulación* y el de *gen*. La noción de *sistema* también es esencial en relación con esta área de la Biología.

Más arriba mencionamos la existencia de criterios en pugna en todo diseño curricular. En este sentido, los análisis precedentes tienen como principal referencia la propia Biología. Sin embargo, este no puede ser el único criterio para pensar la enseñanza. Es necesario, además, poner el foco en la perspectiva del estudiante, es decir, en sus intereses, sus concepciones, etcétera. En este sentido, Astolfi (2001) habla de “prácticas sociales de referencia” para hacer destacar aquellos aspectos sociales (producción, tecnología, etc.) que pueden servir de referencia para la ciencia escolar. Así, se podría justificar la inclusión

de algunos contenidos que no ocupan un lugar central en la estructura conceptual de la disciplina debido a su relevancia social. Tal es el caso, por ejemplo, de la biotecnología. Conceptos tales como el de “transgénesis” no ocupan un lugar central en los modelos explicativos de la Biología, pero su comprensión es fundamental para ejercer una ciudadanía crítica en una época en la que estas tecnologías impactan cada vez más en nuestras vidas.

En el mismo sentido emergen la *salud* y el *ambiente* como dos áreas conceptuales de máxima relevancia, en la medida en que los desarrollos en estas áreas multidisciplinares son fundamentales para que cada persona pueda pensar críticamente los diferentes modos de relacionarse con el entorno.

En síntesis, la disciplina académica no puede constituir la única referencia para la selección de contenidos para la enseñanza. Es destacable que la selección de contenidos que expresa el *Programa* da cuenta de esta multiplicidad de criterios de un modo adecuadamente balanceado.

### Aportes desde la didáctica de la Biología

La investigación sobre enseñanza y aprendizaje de los modelos de la Biología ha producido un conjunto de resultados de gran utilidad para repensar la enseñanza. Considerando que las concepciones de los estudiantes condicionan el proceso de aprendizaje, muchos de estos análisis buscan comprender la “lógica” de sus razonamientos. En esta línea se inscribe el concepto didáctico de *obstáculo* (Astolfi, *ibid.*), entendido como un modo de razonar que es *transversal*, *funcional* y *conflictivo* (González Galli y Meinardi, 2010). A partir de estos estudios se puede afirmar que la gran mayoría de los estudiantes basan sus razonamientos sobre los seres vivos en un conjunto acotado de supuestos, cuya existencia y resistencia obedece a su funcionalidad en la estructura cognitiva. Estos estilos de pensamiento resultan de gran utilidad para dar cuenta de las situaciones cotidianas (*funcionalidad*) pero, con frecuencia, son contradictorios con los modelos científicos que queremos enseñar (*conflictividad*), y es en esas circunstancias cuando se convierten en *obstáculos*. A continuación enumeramos los principales supuestos de lo que podríamos



denominar la “biología intuitiva” de los estudiantes, y ejemplificamos cómo podrían obstaculizar la comprensión de algunos conceptos de la Biología.

- a) Teleología. Se refiere al supuesto de acuerdo con el cual todo sucede o existe para alcanzar algún *fin* o *meta* predeterminados. Así, por ejemplo, cuando el estudiante razona que una flor produce perfume “para atraer a su polinizador”, difícilmente vea luego la necesidad de buscar otro tipo de explicaciones, por ejemplo, en términos de desarrollo, fisiología o genética.
- b) Esencialismo. Se trata de la idea según la cual todos los objetos del mundo (incluidos los seres vivos) participan de una esencia inmutable. Este estilo de razonamiento puede dificultar la comprensión de algunos conceptos como, por ejemplo, que las sutiles diferencias que existen entre los individuos de una especie son de gran importancia ya que son, por así decirlo, el “combustible” de la evolución.
- c) Vitalismo. La perspectiva vitalista asume que lo que distingue a los seres vivos de los demás objetos naturales es la posesión de una “fuerza vital”. Este razonamiento se expresa, por ejemplo, cuando se asume que los

seres vivos, en cuanto tales, tienen la capacidad de crecer, sin necesidad de explicar este fenómeno en términos mecanicistas.

- d) Causalidad lineal. Se trata del supuesto según el cual todo fenómeno se explica apelando a una única causa inmediata que lo precede. Así, por ejemplo, los estudiantes tienden a explicar el cambio adaptativo de una población, apelando únicamente a un cambio ambiental. Sin embargo, los modelos científicos requieren pensar en términos de causas múltiples.

Aunque bajo diferentes formas, podremos encontrar expresiones de estos potenciales obstáculos en todos los niveles educativos.

Otra idea clave de la didáctica que nos resultará de utilidad es la de *modelización*. Desde esta perspectiva, el principal objetivo de la enseñanza de las ciencias es que los estudiantes construyan *modelos*, esto es, representaciones abstractas de ciertos aspectos del mundo, cercanos a los modelos científicos de referencia. Estos modelos deberían permitir a los estudiantes “pensar”, “actuar” y “comunicar”. Gómez Galindo (2009) señala que los modelos están formados por *elementos*, las *propiedades* de los elementos y las *relaciones*. La idea es

entonces que a partir de una caracterización del punto de partida de las concepciones de los estudiantes sobre cierto tema y de la definición del punto de llegada deseado, se lleven a cabo actividades que permitan a los estudiantes ir incorporando nuevos elementos y “complejizando” las relaciones entre ellos. Tres claves para este proceso son: tener en cuenta las *concepciones* de los estudiantes, proponerles *experimentar* (en sentido amplio; que puedan hacer algo con lo que saben) y favorecer la *comunicación multimodal* (esto es, la diversificación de formatos comunicativos).

A continuación utilizaremos algunas de las ideas epistemológicas y didácticas esbozadas más arriba para caracterizar la estructura del *Programa de Educación Inicial y Primaria* de Biología y, al mismo tiempo, ofreceremos algunas reflexiones sobre los desafíos que implica la enseñanza de estos contenidos.

### Fundamentos del Programa de Educación Inicial y Primaria

En el diseño curricular expresado en el *Programa de Educación Inicial y Primaria* podemos reconocer algunos ejes epistemológicos estructurantes con respecto a los cuales cabe señalar, como una gran virtud, que no están totalmente ligados o restringidos a la lógica disciplinar. Tal es el caso de los ejes “ambiente y salud”.

En relación con este eje, Meinardi, Plaza y Revel Chion (2010) sostienen que es imposible pensar la salud si no es a la luz de la compleja interrelación entre el individuo y el ambiente, entendido este último como un sistema complejo en el que confluyen lo natural y lo social. La relación entre salud y ambiente se expresa en el diseño del *Programa*, por ejemplo, en la secuenciación de contenidos para el nivel primario, cuando se tratan en un mismo ciclo tópicos tales como la fisiología y la anatomía humanas y la importancia de factores ambientales como la radiación UV. El impacto sobre la salud de este y otros factores ambientales depende, en parte, de los patrones de conducta y las actitudes de las personas. Este último es un aspecto común a la educación para la salud y la educación ambiental, ya que en ambos casos existe la pretensión de cambiar ciertas actitudes de los estudiantes.

Esta particularidad hace que los aspectos *éticos* y *político-ideológicos* sean especialmente relevantes, lo que plantea a su vez el desafío de brindar a los estudiantes herramientas para que puedan tomar decisiones de un modo crítico y autónomo. Esta afirmación sintoniza con la intención declarada en el *Programa* (ANEP.CEP, 2009:17), cuando se explicita: «*La educación es política y está siempre sostenida por una opción ética*», y cuando se declara la orientación «*hacia la construcción del ciudadano del siglo XXI*» (*ibid.*, p. 12).

En relación con la educación para la salud también cabe destacar que en todos los grados se trabajan contenidos del área, lo que fomenta la revisión, resignificación e integración de los conocimientos ya construidos en lo que se suele denominar “aprendizaje en espiral”.

El concepto de *Sistema*, entendido (tal como se lo define en el propio *Programa*) como «*conjunto de elementos ordenados, organizados e interrelacionados que poseen una dinámica particular y en algunas situaciones se autorregulan*» (*ibid.*, p. 86) también está presente de modo transversal y tanto a escala “organísmica” como ecológica. Del mismo modo, la noción de *interacción* también atraviesa todo el programa apareciendo tanto en relación con las relaciones entre el individuo humano y su entorno, como en el plano ecológico.

### La dimensión temporal y la noción de cambio

Es necesario señalar, como una limitación de los fundamentos del *Programa*, la ausencia del eje temporal en la concepción de lo biológico (que solo aparece en el plano ontogénico, ligada a la noción de desarrollo). Así, en el plano ecológico se trasluce una concepción más bien estática y, más importante aún, el diseño no incluye una perspectiva evolutiva que es central a partir de cualquier criterio de selección de contenidos. Por un lado, desde la lógica disciplinar, la teoría de la evolución unifica toda la Biología ya que todos los sistemas biológicos son producto de un proceso de cambio histórico-evolutivo. Recuperando el concepto de “doble causalidad”, todo fenómeno o sistema biológico puede explicarse en términos de *causas próximas* y de *causas últimas*, siendo estas últimas las que nos llevan



al dominio de la evolución. Por otro lado, la teoría de la evolución constituye un hito en la cultura de Occidente por diversos motivos. En primer lugar, el modelo de selección natural –formulado originalmente por Charles Darwin en 1859– brindó la primera explicación naturalista del “diseño biológico”, es decir, de la complejidad adaptativa que exhiben los seres vivos. La existencia de este “diseño biológico” constituía uno de los argumentos clásicos a favor de la existencia de dios, lo que nos permite hacernos una idea del impacto que esta teoría ha tenido en nuestra cultura. En segundo lugar, la idea de evolución, y especialmente la de selección natural, ha tenido una profunda influencia en prácticamente todas las áreas del saber. Así, por ejemplo, se han desarrollado “epistemologías evolucionistas” basadas en la analogía entre el cambio teórico en las ciencias y el cambio biológico. Finalmente, la actual teoría de la evolución constituye una herramienta conceptual imprescindible para poder analizar críticamente problemas de gran relevancia social como el racismo, la xenofobia y la eugenesia. Por estas razones consideramos que la perspectiva evolucionista debe comenzar a construirse desde los primeros años de la escolaridad.

Algunos investigadores han expresado cierto escepticismo sobre la posibilidad de enseñar Biología Evolutiva en niveles anteriores al secundario, debido a la complejidad y al alto grado de abstracción de los modelos. Sin embargo, es posible delimitar algunos modelos muy básicos accesibles para los niveles inicial y primario. Por otro lado, es posible (y necesario) comenzar a construir algunas nociones muy elementales que son valiosas *per se*, y que luego servirán de fundamento para la construcción de modelos evolutivos. Los conceptos de “cambio” y de “tiempo profundo” son dos ejemplos clave. Así, comenzar a construir una visión de un mundo vivo cambiante constituye un desafío importante, y cualquier avance en ese sentido sería un progreso destacable. Por otro lado, la Biología evolutiva y las Ciencias de la Tierra suponen pensar en escalas temporales del orden de los millones de años, lo que requiere un trabajo didáctico específico y posible. Se puede avanzar en estas direcciones sin llegar a trabajar sobre los mecanismos de cambio (selección natural y otros). En síntesis, tenemos el desafío en los niveles inicial y primario de ayudar a los estudiantes a dar los primeros pasos en la dirección de una visión del mundo natural dinámica, en la que los procesos de cambio tienen lugar en escalas temporales muy dilatadas.

Para pensar cómo afrontar este desafío pueden resultar de utilidad las ideas que desarrollamos en las secciones anteriores. Entre las ideas epistemológicas rescatamos en este punto la de “doble causalidad”. Esta idea puede servir de guía para introducir la evolución como un contenido transversal a todo el currículo. Recordemos que las llamadas *causas próximas* se refieren a los procesos causales que operan sobre el individuo. Así, si analizamos, por ejemplo, el sistema digestivo humano podremos examinar cómo funcionan sus órganos, qué genes influyen en ellos, cómo se construyen esos órganos durante el desarrollo, etcétera. Pero aun habiendo agotado todas las respuestas en estos ámbitos, hay una pregunta que queda sin responder: ¿por qué nuestro sistema digestivo es cómo es? Por ejemplo, ¿por qué tenemos un apéndice que en otros mamíferos está mucho más desarrollado y es plenamente funcional? Esta pregunta nos lleva a nuestra historia evolutiva, es decir, nos lleva al reino de las *causas últimas* del rasgo. Lo importante es que esta pregunta cabe para cualquier fenómeno o sistema biológico. Así, para todo sistema (la célula, el sistema nervioso, etc.) o proceso (fotosíntesis, reproducción, etc.) podemos plantear a los estudiantes preguntas acerca de los orígenes.

En relación con las concepciones de los estudiantes, las investigaciones muestran que los niños y niñas suelen pensar en términos de *generación espontánea* y *creacionismo* y, con menor frecuencia, en términos *evolutivos*. En cuanto a las concepciones más específicas se encuentran, como cabría esperar, ideas basadas en información muy escasa y en analogías. Así, por ejemplo, muchos estudiantes creen que los dinosaurios fueron los primeros animales que existieron y que los de cuello largo luego se convirtieron en jirafas (Cañal de León, 2009). Más allá de que estas ideas sean incorrectas, hay que destacar que ya suponen una dimensión temporal en el mundo vivo y una cierta idea de evolución. Esto ya es un logro, si se tiene presente que muchos niños tienen perspectiva *fijista*. El trabajo escolar sobre los fósiles y sobre la noción de tiempo geológico es clave para el progreso conceptual de los estudiantes. Insistimos en que estos temas se pueden trabajar sin necesidad de intentar una comprensión de los modelos que explican cómo se produce el cambio. Sugerimos entonces que primero se



debe trabajar en un plano más fenomenológico, para que los estudiantes comprendan que el mundo biológico tiene una historia, para luego recién avanzar sobre las explicaciones en términos de mecanismos de cambio.

Cañal de León (*ibid.*) sugiere que las ideas básicas sobre lo vivo que deben trabajarse para enseñar evolución en los primeros niveles educativos son:

- ▶ Qué es un animal y qué tipos de animales hay (unidad y diversidad).
- ▶ Qué es un ser vivo y qué tipos hay.
- ▶ La correspondencia entre rasgos anatómicos y formas de vida.
- ▶ El parecido entre hijos y padres.


El trabajo sobre estas cuestiones básicas, junto con la construcción de la noción de *origen histórico* y *tiempo geológico*, serían los puntos de partida para luego intentar la construcción de un primer modelo de mecanismo evolutivo. En relación con este último objetivo debemos señalar que la idea clave es la de *selección natural*.

Finalmente, el trabajo de *modelización* nos da interesantes “pistas” sobre cómo favorecer la construcción de un primer modelo de evolución por selección natural. Como ejemplo recomendamos fuertemente leer los trabajos de Gómez Galindo (2009, 2013) sobre modelización de sistemas ecológicos y sistema nervioso. Especialmente para estos niveles es aconsejable el trabajo a partir de materiales concretos tales como las maquetas. Se pueden así construir representaciones concretas de un ecosistema, lo que facilita enormemente la posterior “explicitación” de las ideas de los estudiantes, y la discusión sobre la relación entre el individuo y su entorno biótico y abiótico, todos estos aspectos clave de los modelos de evolución.

## A modo de síntesis

El Programa de Educación Inicial y Primaria ofrece los fundamentos para abordar la enseñanza de la Biología en los primeros niveles educativos. En su diseño podemos identificar algunas ideas rectoras de gran potencia didáctica. Así, las nociones de *sistema* e *interacción* aparecen transversalmente. En el mismo sentido se pueden identificar interesantes criterios didácticos tales como la revisión de un mismo núcleo conceptual en todos los grados, favoreciendo un “aprendizaje en espiral”.

Por otro lado, del análisis emerge como principal limitación de este diseño curricular la ausencia de la *dimensión temporal* de los sistemas biológicos. Incorporar esta dimensión temporal es imprescindible para poder ver a los sistemas biológicos como sistemas

dinámicos. En este sentido, el concepto de evolución es central. Intentamos ofrecer algunas directrices para pensar cómo incorporar este contenido en la enseñanza en los niveles inicial y primario. De todos modos, es escasa la investigación sobre la enseñanza de la evolución en estos niveles, por lo que el saber teórico-práctico que los maestros y maestras han construido a partir de su experiencia es, en este caso, especialmente relevante. También, por qué no, podemos ver en esta situación un desafío para que investigadores y docentes en ejercicio “recojan el guante” y colaboren en proyectos de investigación tendientes a la construcción de un saber colectivo que nos permita mejorar este y otros aspectos de la enseñanza de la Biología en los primeros niveles educativos. 

## Bibliografía

- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; ERDURAN, Sibel (2003): “La epistemología específica de la Biología como disciplina emergente y su posible contribución a la didáctica de la Biología” en *Revista de Educación en Biología*, Vol. 6, Nº 1, pp. 9-14.
- ANEP. CEP. República Oriental del Uruguay (2009): *Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008*. En línea (Tercera edición, año 2013): [http://www.cep.edu.uy/archivos/programescolar/ProgramaEscolar\\_14-6.pdf](http://www.cep.edu.uy/archivos/programescolar/ProgramaEscolar_14-6.pdf)
- ASTOLFI, Jean-Pierre (2001): *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada Editora. Colección: Investigación y Enseñanza. Serie: Fundamentos Nº 17.
- CAÑAL DE LEÓN, Pedro (2009): “Acercas de la enseñanza sobre la evolución biológica en la escuela infantil y primaria” en *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Nº 62 (Octubre, Noviembre, Diciembre), pp. 75-91. Monográfico: Darwin y la evolución de los sistemas.
- FOLGUERA, Guillermo; GONZÁLEZ, Leonardo (2012): “La extensión de la síntesis evolutiva y los alcances sobre la enseñanza de la teoría de la evolución” en *Bio-grafía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*, Vol. 5, Nº 9 (Julio a Diciembre), pp. 4-18. En línea: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4111928&orden=372418&info=link>
- GÓMEZ GALINDO, Alma Adrianna (2009): *El estudio de los seres vivos en la Educación Básica. Enseñanza del sistema nervioso desde un enfoque para la evolución de los modelos escolares*. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León. En línea: [http://www.researchgate.net/publication/267693972\\_EL\\_ESTUDIO\\_DE\\_LOS\\_SERES\\_VIVOS\\_EN\\_LA\\_EDUCACION\\_BSICA\\_Enseanza\\_del\\_sistema\\_nervioso\\_desde\\_un\\_enfoque\\_para\\_la\\_evolucin\\_de\\_los\\_modelos\\_escolares](http://www.researchgate.net/publication/267693972_EL_ESTUDIO_DE_LOS_SERES_VIVOS_EN_LA_EDUCACION_BSICA_Enseanza_del_sistema_nervioso_desde_un_enfoque_para_la_evolucin_de_los_modelos_escolares)
- GÓMEZ GALINDO, Alma Adrianna; SANMARTÍ, Neus; PUJOL, Rosa María (2007): “Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria” en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 25, Nº 3, pp. 325-340. En línea: [www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/87930/216420](http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/87930/216420)
- GONZÁLEZ GALLI, Leonardo; MEINARDI, Elsa (2010): “Revisión del concepto de obstáculo a partir de la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural” (Comunicación Oral) en *IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*, San Miguel de Tucumán. En línea: <http://congresosadbia.com/ocs/index.php/tucuman2010/tucu2010/paper/viewFile/496/317>
- GONZÁLEZ GALLI, Leonardo; MEINARDI, Elsa (2013): “¿Está en crisis el darwinismo? Los nuevos modelos de la biología evolutiva y sus implicaciones didácticas” en *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, Nº 127, pp. 219-234. En línea: <http://attic.uv.es/index.php/dces/article/viewFile/2458/3320>
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, María Pilar (2009): “La enseñanza y el aprendizaje de la biología” (Cap. 6) en M. P. Jiménez Aleixandre (coord.): *Enseñar ciencias*, pp. 119-146. Barcelona: Ed. Graó.
- MAYR, Ernst (1998): *Así es la biología*. Madrid: Debate.
- MAYR, Ernst (2006): *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz Editores.
- MEINARDI, Elsa; PLAZA, María Victoria; REVEL CHION, Andrea (2010): “Educación en ambiente y salud” en E. Meinardi (coord.): *Educación en ciencias*. Buenos Aires: Ed. Paidós.