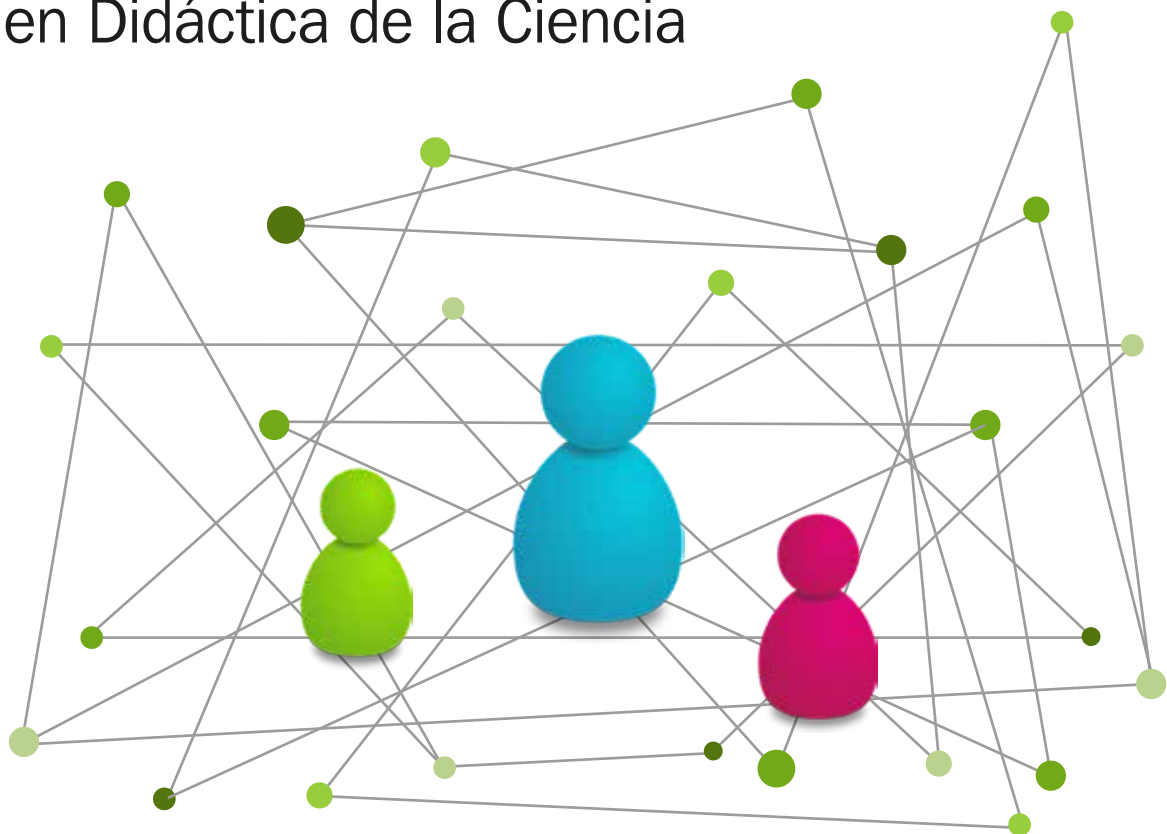


# Comunicando la Ciencia

Avances en investigación  
en Didáctica de la Ciencia



Ma. Gabriela Lorenzo · Héctor Santiago Odetti · Adriana Emilia Ortolani  
(editores)

UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL LITORAL



COLECCIÓN  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## María Gabriela Lorenzo

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia  
y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la  
Educación Científica. CIAEC. CONICET.



## Héctor Santiago Odetti

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica  
y Ciencias Biológicas, Departamento de Química  
General e Inorgánica.

## Adriana Emilia Ortolani

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica  
y Ciencias Biológicas, Departamento de Química  
General e Inorgánica.

---

Comunicando la Ciencia / María Gabriela Lorenzo et ál.; editado por  
Adriana Ortolani; Héctor Santiago Odetti; prólogo de Luz Lastres Flores  
1a ed. Santa Fe: Ediciones UNL, 2018.

Libro digital, PDF (Ciencia y Tecnología)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-749-105-0

1. Ciencia. 2. Educación Superior. I. Lorenzo, María Gabriela
- II. Ortolani, Adriana, ed. III. Odetti, Héctor Santiago, ed.
- IV. Lastres Flores, Luz, prólog.

CDD 507.11



Reservados todos los derechos

Consejo Asesor

Colección Ciencia y Tecnología

**Luis Quevedo / Erica Hynes / Ayelén García Gastaldo /  
Gustavo Ribero / Gustavo Menéndez**

Coordinación editorial: Ma. Alejandra Sedrán

Corrección: Félix Chávez

Diseño de tapa e interiores: Analía Drago

© Adúriz-Bravo, Alcalá, Armúa, Bertelle, Cambra Badii,  
Dos Santos Moreira Souza, Fabro, Falicoff, Farré,  
Ferreira dos Santos, González Galli, Güemes, Idoyaga,  
Lastres Flores, Lorenzo, Maeyoshimoto, Masullo, Meinardi,  
Novaes dos Santos, Odetti, Ortolani, Paz, Pérez, Plaza, Porro,  
Pujalte, Rossi, Sánchez, Sardinha da Silva, Tiburzi, Zanón, 2018.

© ediciones **UNL**



Universidad Nacional del Litoral, 2018

Facundo Zuviría 3563, cp. 3000, Santa Fe, Argentina

editorial@unl.edu.ar

www.unl.edu.ar/editorial



**Universidad  
Nacional del Litoral**

**Enrique Mammarella** · Rector

**Claudio Lizárraga** · Vicerrector y Secretario de Planeamiento Institucional y Académico

**Ivana Tosti** · Directora Centro de Publicaciones

**Adriana E. Ortolani** · Decana Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

## Comunicando la Ciencia



# Comunicando la Ciencia

Avances en investigación  
en Didáctica de la Ciencia

María Gabriela Lorenzo  
Héctor Santiago Odetti  
Adriana Emilia Ortolani  
(Editores)

Agustín Adúriz-Bravo  
Ma. Teresa Alcalá  
Aurora C. Armúa  
Adriana Bertelle  
Irene Cambra Badii  
Geovânia Dos Santos Moreira Souza  
Ana P. Fabro  
Claudia B. Falicoff  
Andrea S. Farré  
Bruno Ferreira dos Santos  
Leonardo González Galli  
René O. Güemes  
Ignacio J. Idoyaga  
Jorge E. Maeyoshimoto  
Marina Masullo  
Elsa Meinardi  
Karina Novaes dos Santos  
Vilma A. Paz  
Gastón M. Pérez  
María V. Plaza  
Silvia Porro  
Alejandro Pujalte  
Alejandra Ma. Rossi  
Germán H. Sánchez  
Eliana Sardinha da Silva  
María del C. Tiburzi  
Victoria Zanón  
Luz Lastres Flores (Revisora)

## Capítulo XVII

# **La enseñanza y el aprendizaje de la evolución en la escuela secundaria basados en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos**

Gastón M. Pérez y Leonardo González Galli

En este trabajo socializamos los lineamientos de la investigación doctoral del primer autor, enfocada en la enseñanza y el aprendizaje de los modelos de la evolución biológica. La misma consta de un trabajo basado en la construcción de una unidad didáctica enmarcada en el enfoque de la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos, con el fin de comprender cómo estos marcos teóricos interactúan en la construcción de los modelos de selección natural y especiación alopátrica en aulas de ciencias del nivel medio. Un primer análisis de los datos permitió construir nuevas categorías teóricas con las que repensar estas interacciones.

### **Introducción**

La enseñanza de la evolución biológica en el nivel medio involucra diversas dificultades asociadas a aspectos cognitivos, emocionales y contextuales, entre otros (Kampourakis, 2014; Smith, 2010a, 2010b; Thagard y Findlay, 2010).

Dichas dificultades entorpecen la construcción por parte de los estudiantes de los modelos básicos de la biología evolutiva, un conjunto de contenidos necesarios para una formación ciudadana crítica y responsable con relación a cuestiones de importancia social tales como el uso de plaguicidas agrícolas, el uso indiscriminado de antibióticos, el lugar que ocupamos los humanos en la Tierra, etc. La investigación en didáctica requiere, en este sentido, construir y poner a prueba nuevos modelos, anclados en la empiria, que permitan repensar cómo se enseñan y aprenden estos temas.

Nuestra investigación intenta contribuir a la comprensión de la enseñanza y los aprendizajes de la selección natural y la especiación alopátrica mediante la puesta en práctica de una unidad didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. Esta propuesta emerge entonces de la interrelación de estos tres marcos teóricos: 1) la modelización como estrategia didáctica que se fundamenta en la epistemología semántica (Giere, 1992, 1999) y propone la construcción de modelos escolares en el aula de ciencias (Gómez Galindo, 2005, 2009); 2) los obstáculos epistemológicos entendidos como formas de pensamiento que subyacen a las concepciones de los estudiantes, en particular la teleología y el esencialismo en el caso de la biología evolutiva (González Galli, 2005; Gelman y Rhodes, 2012); y 3) la metacognición entendida como la reflexión sobre el aprendizaje y en particular sobre los obstáculos epistemológicos (Peterfalvi, 2001).

## Fundamentación

Desde la propuesta de la epistemología semántica, los sujetos construyen modelos para explicar, predecir o describir la realidad. En el caso de los modelos científicos, es la comunidad científica quien evalúa si el modelo se ajusta a la realidad que intenta explicar y en qué grados lo hace. De esta manera, el modelo funciona como análogo del sistema real, por lo que su ajuste es relativo y depende de los objetivos para los que fue construido (Giere 1992, 1999).

A partir de estas ideas es que diversos investigadores de la didáctica de las ciencias han generado una estrategia denominada modelización escolar. La misma implica que los estudiantes construyan modelos que permitan explicar, predecir, describir un fenómeno de interés. Para esto se tiene en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes y a partir de ellas es que se realiza el proceso de construcción. Lo que se espera es que los estudiantes construyan modelos, en un proceso de revisión constante, cada vez más cercanos al modelo científico en cuestión (Clement, 2008; Gómez Galindo, 2005, 2009; Justi, 2006).

Si entendemos a los modelos más allá de un conjunto de ideas como propone Sanmartí, incluimos en él analogías, imágenes, lenguajes específicos, fenómenos, valores y formas de pensar que subyacen a la construcción de los mismos. Ejemplos de estas formas de pensar son la teleología (González Galli, 2011) o el esencialismo (Gelman y Rhodes, 2012), obstáculos epistemológicos que subyacen a las expresiones del sentido común de los sujetos sobre la evolución biológica. Estos obstáculos se caracterizan por ser transversales (en tanto influyen en concepciones de diversos dominios del conocimiento), funcionales para los sujetos (en tanto les permiten explicar el mundo que los rodea) y conflictivos (en tanto influyen en concepciones que explican lo mismo que pretendemos que los estudiantes expliquen con el modelo científico) (González Galli y Meinardi, 2010).

Entendidas estas características, se infiere que el trabajo didáctico orientado a la construcción de modelos de la biología evolutiva no puede estar enfocado en la eliminación de estas formas de pensar. Es por ello que una alternativa plausible de índole metacognitiva es lo que los investigadores franceses Astolfi y Peterfalvi llaman «vigilancia epistemológica». Esto es brindar espacios durante las clases donde el objeto de discusión sea el obstáculo epistemológico, con el propósito de hacer conscientes a los estudiantes sobre su existencia, de estar atentos a sus expresiones y de regular su aparición cuando sea necesario.

## **Objetivos e hipótesis**

El principal objetivo de la tesis doctoral es generar conocimiento sobre el rol que juegan la modelización, la metacognición y los obstáculos epistemológicos en la construcción de estos modelos evolutivos, conocimiento que permita el diseño de intervenciones didácticas innovadoras tendientes a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la selección natural y la especiación alopátrica.

Creemos que este enfoque de enseñanza contribuirá a que los estudiantes construyan modelos de evolución robustos que les permitan tomar decisiones en sus contextos respectivos. Subyacen entonces supuestos epistemológicos en relación con el rol central de los modelos en la enseñanza y supuestos relacionados con la enseñanza y con la forma que toman los aprendizajes.

## Metodología

Para responder a los objetivos de investigación se diseñó una unidad didáctica con 22 actividades, de una duración estimada de 3 meses. La misma permitió tomar datos a partir de las respuestas escritas de los estudiantes a las actividades, grabaciones de audio de las discusiones que se realizaron durante el trabajo grupal que guió la unidad y esquemas conceptuales elaborados por los grupos en distintos momentos, así como versiones gráficas (dibujos) de algunas consignas. Con menor intensidad se utilizaron *checklists* con el fin de conocer las estrategias que pusieron en juego los grupos de estudiantes al construir sus modelos y se utilizó la técnica conocida como *Thinking aloud* para la explicitación y registro de los pensamientos de los estudiantes mientras resolvían problemas de evolución. Coincidimos en las limitaciones que mencionan Saldaña y Aguilera en relación con estas dos últimas estrategias metodológicas, en el sentido de que podrán informarnos únicamente de aquellos pensamientos que se encuentran accesibles a la introspección de los estudiantes en un momento determinado, dejando por fuera otros pensamientos que quizás sean potentes e interesantes.

La metodología utilizada se basó en la «teoría fundamentada» propuesta por los sociólogos Barney G. Glaser y Anselm L. Strauss en su libro *The Discovery of Grounded Theory* (1967). Al ser un enfoque de investigación cualitativo, no está en sus objetivos la cuantificación o la aplicación de procedimientos estadísticos aplicados a los datos. Lo que se pretende, en cambio, es generar una propuesta teórica que esté fundamentada en los datos empíricos que surgen del trabajo de campo.

Para el análisis de los datos se utiliza el Método Comparativo Constante. Este método se basa en la inducción de regularidades en los datos colectados. Estas regularidades se nombran, creando categorías teóricas que tienen sentido para responder a las preguntas de investigación. Luego se continúa buscando más evidencia que sustente estas categorías, lo que deviene en una comparación constante entre categorías y nuevos datos de la empiria.

Esta comparación constante permite dar cuenta de un proceso de abstracción creciente, donde la teoría se deriva de un proceso de conceptualización y reducción cada vez mayor, dirigiéndose hacia niveles más altos de abstracción. Esta forma de trabajo nos permitió comprender los significados que se juegan en los grupos de estudiantes cuando construyen modelos evolutivos. El objetivo entonces, no fue verificar relaciones causales o la aparición de ciertos entes teóricos, sino más bien comprender y conocer el sentido que se le otorga a la construcción de modelos en el aula de ciencias.



Uno de los conceptos claves en el marco de este método es el de «saturación teórica». Esto implica que durante este proceso de comparación constante el investigador puede no encontrar más datos adicionales para desarrollar el contenido de una categoría. En tal caso se comprueba repetidamente la ocurrencia de las mismas interacciones, lo que no daría más información empírica, y permitiría enfocar las nuevas y sucesivas recogidas de datos. En nuestra investigación, la puesta a prueba de la primera versión de la unidad didáctica nos permitió generar algunas categorías que sirvieron de base para la modificación posterior de la unidad didáctica con el objetivo de poder ahondar más en aquellas unidades de sentido que más nos llamaron la atención como investigadores.

Lo que puede entenderse hasta aquí, es que la teoría fundamentada se refiere tanto a la acción como al efecto de la investigación, es proceso pero también es producto. Su aspiración es a la comparabilidad de los descubrimientos en lugar de pretender la transferencia directa a otros grupos. La teoría construida, entonces, puede ofrecer nuevas pistas para comprender otros contextos sin pretender la extrapolación ni la generalización de la misma. Tampoco se pretende una objetividad extrema, ya que no existe una distancia real entre el objeto de estudio y el investigador. Ambos están inmersos en un mismo contexto, los estudiantes son sujetos y objetos al mismo tiempo. Es comprensible que existan elementos de subjetividad, por lo que lo importante será reconocer que la subjetividad es un hecho y que los investigadores deben tomar las medidas apropiadas para minimizar su intromisión en sus análisis. Para ello, pero sin perder la sensibilidad hacia lo que se dice en los datos, una técnica es el método comparativo; otra es obtener múltiples puntos de vista sobre lo que acontece en el aula, intentando determinar cómo lo ven los diversos actores; otra es conseguir datos de diferentes modos tales como observaciones e informes escritos.

## **Principales resultados y perspectivas**

Al momento de presentación de este trabajo solo se ha implementado la unidad didáctica en una primera versión. Esto permitió construir algunas categorías para modificarla y volver a recolectar datos.

Una de las categorías que más llamó la atención como investigadores fue la de «Regulación social del obstáculo». Esto es, en determinadas discusiones grupales se realiza una regulación metacognitiva entre los participantes del grupo en relación con la atención sobre los obstáculos epistemológicos. Esta categoría está en diálogo con lo que los autores llaman metacognición social,

una propuesta que va más allá de los procesos metacognitivos individuales en la resolución de problemas grupales y los entiende como procesos emergentes posibilitados por la interacción entre los sujetos que resuelven una determinada tarea (Grau y Whitebread, 2012; Iiskala *et al.*, 2004; Panadero y Järvelä, 2015).

Además, esta primera recolección de datos permitió considerar que la construcción de los estudiantes fue potente, dada la aparición de nuevas relaciones y entidades que se observaron en los esquemas conceptuales, discusiones, dibujos, textos elaborados por los alumnos.

Cada uno de estos modos semióticos fue útil para conocer obstáculos que de otra manera no se hubiesen explicitado. Del mismo modo, la sinergia producida entre ellos permitió comprender mejor cómo se estructuran los modelos construidos por los estudiantes, así como su progresión en el tiempo.

## Referencias bibliográficas

- Astolfi, J. P.** (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 206–216.
- Clement, J.** (2008). Student/Teacher Co-construction of Visualizable Models in Large Group Discussion. En Clement, J. y Rea-Ramirez, M. (Eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science* (pp. 11–22). Dordrecht: Springer.
- Gelman, S. y Rhodes, M.** (2012). Two-Thousand Years of Stasis. How psychological essentialism impedes evolutionary understanding. En Rosengren, K.; Brem, S.; Evans, E. y Sinatra, G. (Eds.), *Evolution Challenges. Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (pp. 3–21). New York: Oxford University Press.
- Giere, R.** (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- . (1999). Using Models to Represent Reality. En Magnani, L.; Nersessian, N. y Thagard, P. (Eds.), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery* (pp. 41–57). Pavia: Springer.
- Glaser, B.; Strauss, A.** (1967). *The discovery of Grounded Theory strategic for qualitative research*. Nueva York: Aldine Publishing Company.
- Gómez Galindo, A.** (2005). *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: una visión escalar* (Tesis de doctorado). Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Ciències de la Educació Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals, Barcelona.

**Gomez Galindo, A. A.** (2009). *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.

**González Galli, L.** (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural* (Tesis de doctorado). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires.

**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. *IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*, Tucumán, Argentina, 7–10 octubre.

**Grau, V. y Whitebread, D.** (2012). Self and social regulation of learning during collaborative activities in the classroom: The interplay of individual and group cognition. *Learning and Instruction*, 22(6), 401–412.

**Iiskala, T.; Vauras, M. y Lehtinen, E.** (2004). Socially-shared metacognition in peer learning? *Hellenic Journal of Psychology*, 1, 147–178.

**Justi, R.** (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173–184.

**Kampourakis, K.** (2014). *Understanding Evolution*. New York: Cambridge University Press.

**Panadero, E. y Järvelä, S.** (2015). Socially shared regulation of learning: A review. *European Psychologist*, 20, 190–203.

**Peterfalvi, B.** (2001). Identificación de los obstáculos por parte de los alumnos. En Camilloni, A. (Comp.), *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza* (pp. 127–168). Barcelona: Gedisa.

**Saldaña, D. y Aguilera, A.** (2003). La evaluación de los procesos metacognitivos: estrategias y problemática actuales. *Estudios de Psicología*, 24(2), 189–204.

**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.

**Smith, M.** (2010a). Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: I. Philosophical/Epistemological Issues. *Science and Education*, 19, 523–538.

———. (2010b). Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. *Science and Education*, 19, 539–571.

**Thagard, P. y Findlay, S.** (2010). Getting to Darwin: Obstacles to Accepting Evolution by Natural Selection. *Science and Education*, 19, 625–636.