

---

# Educación en ciencias naturales y formación docente: desafíos

Ángel Daniel López y Mota<sup>1</sup>  
Universidad Pedagógica Nacional-México

## Resumen

El propósito del presente texto consiste en ofrecer el encuadre interpretativo utilizado en el desglose de la argumentación, expuesta en la conferencia virtual efectuada el 16 de noviembre de 2022, como parte de las actividades del **I Congreso Nacional en Actualidades en Ciencias Básicas – CONACIBA**.

---

<sup>1</sup> alopezm@upn.mx

## Introducción

La idea general abordada atiende la relación existente entre el campo denominado “educación en ciencias naturales” o “didáctica de las ciencias naturales” y los requerimientos de formación docente, en la perspectiva de modelos y modelización. Ello, con la intención de prefigurar los desafíos que puede enfrentar un profesor en su práctica docente, si no cuenta con formación inicial pertinente para sostener la formación del alumnado sustentada en la comprensión y explicación de fenómenos científicos y no en la retención memorística de conceptos.

Para ello, reviso de manera sucinta el campo de la educación en ciencias naturales, desde su origen en el ámbito de la pedagogía —disciplina predominantemente normativa, con cariz filosófico-especulativa e independiente de un saber específico ligado a la enseñanza de “contenidos” científicos específicos—, pasando por una etapa emergente como disciplina autónoma e incursionando en una fase de cierta madurez teórica al abordar la enseñanza desde una perspectiva de modelos/modelización<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Es conveniente señalar que modelos y modelización son dos caras de una misma moneda. Por un lado, los modelos están ligados con una visión epistemológica de explicar la realidad natural, y tienen que ver con preguntas como: ¿qué son los modelos científicos?, ¿en qué se distinguen de las teorías?,

Una vez establecida la perspectiva didáctica como disciplina independiente de la pedagogía, en primer lugar, hago alusión a la constitución del campo de la educación en ciencias naturales —como campo de investigación y práctica didáctica— a raíz de la emergencia de un fenómeno de investigación. Este consistió en indagar sobre la forma estudiantil espontánea de representarse fenómenos y conceptos científicos —“ideas previas”— dentro de las ciencias naturales.

Después de establecer la importancia y trascendencia de este fenómeno de estudio para el campo, enfatizo en que esa forma estudiantil espontánea para dar cuenta de fenómenos y conceptos científicos, es lo que permite referirse a la práctica docente dentro del campo, como una disciplina de los docentes.

Así, en seguida del entusiasmo por indagar sobre la forma espontánea de pensar de los estudiantes, se presentó en el campo una variedad de aproximaciones y un buen número de investigaciones, co-

---

¿qué características presentan?, ¿cuál es su función?, ¿cómo se pueden definir? Pero, de ello, también puede efectuarse una reflexión teórico-didáctica. Por el otro, está el proceso de modelización, esto es, de construcción de modelos, que puede presentarse en el plano de la ciencia y en el de la didáctica; particularmente en el de la construcción de modelos científicos escolares, para explicar fenómenos naturales de interés educativo. La atención aquí está centrada más en los modelos que en la modelización.

nocidas como “cambio conceptual”. Esta corriente constituye el segundo énfasis en esta trayectoria de la didáctica. Esta se presenta como consecuencia lógica de la investigación sobre “ideas previas”, pues una vez establecido este hecho como fenómeno de estudio esencial dentro del campo, se estableció como tendencia de linear la forma de transformar la manera estudiantil ingenua de pensar en ciencia. Ello, a partir de lo que se denominó “cambio conceptual”. Esto es, modificar el pensamiento estudiantil espontáneo y “reemplazarlo” o transformarlo de forma acorde con los conceptos provenientes de las teorías científicas.

El tercer gran movimiento de investigación dentro del campo, se origina a partir de retomar como fuente de inspiración para la enseñanza de la ciencia a la epistemología semanticista del filósofo norteamericano Ronald Giere. Esta postula el papel principal de la semántica —priorizar la conformación de significados respecto de los fenómenos científicos— por encima del dominio de la sintaxis —preferentemente matemática— para darle cuerpo y tratamiento sistemático a los enunciados de las teorías científicas. Tal epistemología destaca la importancia de la creación de modelos, los cuales se encuentran intermedios entre las teorías —con sus principios y con-

diciones— y el mundo real, lo cual abre la posibilidad de introducir en la teoría didáctica ciertos conceptos. Estos son los de “ciencia escolar”, “actividad científica escolar” y “modelos científicos escolares”, que pueden ser instrumentados prácticamente en la enseñanza mediante una definición de “modelo científico” que empata con la de “modelo mental”.

En este tratamiento del desarrollo del campo, una idea clave es la posibilidad del surgimiento del campo de la educación en ciencias, gracias a la utilización de una perspectiva epistemológica que distingue entre actividad científica y actividad científica escolar; asimismo, gracias al concepto de transposición didáctica, pero sin perder su conexión con la visión científica a partir de modelos y modelización. Y tanto los modelos como la modelización tienen implicaciones para la práctica docente y para la formación de los futuros docentes.

## Constitución del campo

### *Pedagogía y didácticas*

Al examinar de manera concisa un manual de pedagogía, es posible evidenciar la naturaleza de esta disciplina de vocación normativa y tendencia filosófica, de la cual se deriva la "educación en

ciencias" o "didáctica de las ciencias". Nassif (1974, p. 54) define la pedagogía como "... la teoría y la técnica de la educación. Con [el concepto] abarcamos el conjunto de normas que la pedagogía supone (*técnica*) y su doble valor teórico: conocimiento positivo (*historia y sistema*) y reflexión problematizadora y unificadora (*filosofía*)". Respecto a la ausencia en la pedagogía de una visión epistemológica en su relación con las disciplinas a enseñar, esta se manifiesta en el texto mencionado; pues se concibe la instrucción como "... un concepto que alude al momento en que la relación educando-educador se supedita a un bien objetivado" y da un ejemplo relativo a la enseñanza de la historia, pues afirma: "El profesor debe en ella *transmitir* [mi énfasis] ciertos contenidos (fechas, nombres, sucesos) y el alumno aprehenderlos y retenerlos" (Nassif, 1974, p. 14). Ejemplo que, trasladado al terreno de la enseñanza de las ciencias naturales, podría traducirse en "transmitir para su memorización hechos científicos y conceptos provenientes de sus teorías". Y siguiendo con Nassif (1974, p. 81), la didáctica especial —como la educación en ciencias" se propondría "... estudia[r] las cuestiones y los métodos específicos para la transmisión y asimilación de los contenidos propios de cada una

de las asignaturas del programa o plan educativo". Con lo cual queda claro que no hay una distinción entre la disciplina científica de origen y la "materia" a ser enseñada en el aula de clases; o sea, no se realiza una transposición didáctica del conocimiento científico al ámbito educativo.

### ***Emergencia de la didáctica de las ciencias***

Sin embargo, el panorama de dependencia ya mencionado de la didáctica especial —en este caso, didáctica de las ciencias naturales" de la pedagogía, fue cambiando. Pues ya Jordi Aliberas lo apuntaba hacia finales de los años ochenta del siglo pasado, pues como lo relata Izquierdo-Aymerich (2007), consideraba esta didáctica que aquí nos concierne como *emergente*. Es decir, la didáctica de las ciencias naturales empieza a manifestarse como disciplina científica independiente de su matriz de origen, la pedagogía.

Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2002) trazan la trayectoria de la constitución del campo como ámbito independiente, mediante un desglose en varias etapas: a) *adisciplinar*, presente desde finales del siglo XIX hasta mediados de los años cincuenta del siglo XX, con producciones escasas y heterogéneas y

sin cuerpo internacional de investigadores y sin un conjunto consensuado de marcos conceptuales; b) *tecnológica*, presente en el mundo anglosajón en las décadas de los cincuenta y sesenta del siglo pasado, y caracterizada por el diseño y prueba de programas curriculares de gran escala y orientación teórica basados en la psicología del aprendizaje; c) *protodisciplinar*, manifiesta a mediados de los años setenta del siglo pasado, en medio de un consenso acerca de la existencia de un nuevo campo de estudios académicos, con investigadores en didáctica de las ciencias que comienzan a considerarse miembros de una misma comunidad y que aceptan formular problemas propios y distintos de etapas anteriores; d) *emergente*, detectada en la década de los ochenta del siglo pasado y caracterizada por una preocupación de la coherencia teórica del cuerpo de conocimientos acumulados y reconocimiento de la existencia de un conjunto de personas guiadas por la misma problemática y necesidad de un análisis más riguroso de los marcos conceptuales y metodológicos para conducir la exploración sistematizada de tal problemática; e) *consolidada*, es la etapa percibida así por la comunidad de investigadores hacia finales del siglo XX y principios del XXI y concebida así por la numero-

sa producción anual escrita, la consolidación mundial de redes de difusión de resultados, el reconocimiento del campo como área de conocimiento específica y de obtención de grados y por la complejidad y potencia heurística de varios de los modelos didácticos formulados<sup>3</sup>.

Esta trayectoria del campo está marcada por la reflexión metacientífica; es decir, fuera del terreno de la didáctica de las ciencias, particularmente en el de la epistemología, y la incorporación de planteamientos epistemológicos en el ámbito teórico de la didáctica de las ciencias. Pues, como afirman Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2002): “Esta alta *especificidad epistemológica*... la que permite a la didáctica de las ciencias constituirse como comunidad académica y ser reconocida desde el exterior”.

## Desafío docente: una perspectiva

La emergencia y consolidación del campo de la didáctica de las ciencias ya expuesta, ha puesto de relieve un desafío docente primordial: la práctica docente satisfactoria con uno mismo/a y fructífera por parte de los/as alumnos/as: ¿es un don de hacer fáciles los áridos conceptos de las ciencias naturales?, o bien, ¿todo se puede reducir a lineamientos didác-

<sup>3</sup> Aquí se inscribe la corriente de “modelos/modelización”.

ticos provenientes del campo y expresados en planes de estudio sobre ciencias naturales, pero que no requieren de docentes conocedores de su disciplina científica? Izquierdo-Aymerich (2007) lo plantea de manera muy sintética como barrera entre los “contenidos” y la “didáctica” y prosigue afirmando: “... quizás es esta barrera la que se ha de ir derribando a la vez que ‘emerge’ la nueva ‘ciencia del *profesor de...* [ciencias naturales]”; esto es, la ciencia proveniente de la dimensión práctica de la didáctica de las ciencias. Para Izquierdo-Aymerich (2007), como para quien esto escribe, “... ambos aspectos se convierten en elementos cruciales del marco teórico de la DC [didáctica de las ciencias], que se va consolidando a partir de la investigación en esta área de conocimiento”.

Sin embargo, es necesario presentar este desafío docente en términos de un campo consolidado de didáctica de las ciencias, en particular el derivado de una reflexión epistemológica a partir de la corriente semanticista de Ronald Giere y expresado en forma de modelos y modelización en el ámbito de la didáctica de las ciencias (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2021). Pero, antes de arribar al asunto de los modelos, será necesario un breve recorrido por los principales asuntos de investigación dentro del cam-

po: las “ideas espontáneas” de los estudiantes y el “cambio conceptual”.

### ***Science education/Educación en ciencias***

### ***Fenómeno de referencia y constitución del campo***

La emergencia del campo se debió, en gran medida, al establecimiento de un fenómeno de referencia. Este se refiere a la investigación sobre la manera espontánea de pensar de los estudiantes sobre fenómenos y conceptos científicos, lo cual llevó a reconocer que los alumnos piensan como lo hacen, y no como los profesores quisieran que lo hicieran. La implicación de ello consiste en que los docentes, después de este “descubrimiento”, no pueden ignorar la forma de pensar de los estudiantes y tienen que partir de ella para construir conocimiento científico escolar. He aquí, entonces, una parte del desafío docente: conocer los lineamientos didácticos que se desprenden de que los alumnos ponen en juego en clase sus ideas espontáneas sobre fenómenos y conceptos científicos.

Pero queda por aclarar la presencia del otro aspecto del desafío docente: el que corresponde al conocimiento de la disciplina científica, que quedará evi-

denciado cuando se aborde el asunto de los modelos y la modelización.

### ***Sobre ideas estudiantiles espontáneas***

La investigación acerca de la manera espontánea de explicar fenómenos y pensar conceptos científicos predominó en el campo, pues se mantuvo de mediados de los años setenta hasta principios de los años noventa; aumentando considerablemente la producción académica en la década de los ochenta (diSessa, 2014; Duit y Treagust, 2003).

Se inició recopilando pruebas de cómo los estudiantes de distintos niveles educativos piensan diversos conceptos científicos y fenómenos asociados, en diferentes dominios de conocimiento de las ciencias naturales —biología, física y química—. Ejemplo: “El calor pasa desde un objeto caliente hacia uno frío cuando están en contacto”, Erickson (1979).

Los reportes de investigación mostraron variedad de denominaciones para referirse al pensamiento espontáneo de estudiantes (Flores *et al.*, s.f.): “ideas previas”, “concepciones alternativas”, “teorías implícitas”, “razonamiento espontáneo”, “teorías en acción”, “errores conceptuales” y “preconceptos”, entre otras.

Como consecuencia, se enfocó el desarrollo curricular en la manera espontánea de pensar del estudiantado — en contraposición a los *conocimientos escolares previos*: supuestos o evidenciados—, convirtiéndolo en el punto de partida para el planteamiento de la enseñanza de las ciencias.

### ***Sobre el cambio conceptual***

Resultó primordial plantear el problema del *cambio conceptual*, una vez finalizada la investigación sobre el pensamiento estudiantil espontáneo; pues además de explicar por qué se presentan las “ideas previas” en el pensamiento de los sujetos, podría aclarar cómo proceder para que el estudiantado cambie su manera de pensar.

Es un hecho ampliamente aceptado que el foco de las investigaciones realizadas en torno a las llamadas “ideas previas” se centró en los *conceptos* científicos y no en la explicación estudiantil de los fenómenos científicos de importancia educativa, planteados en el currículum. De ahí la denominación “cambio conceptual”.

De esta manera, resultaba indispensable proporcionar “luces” de cómo lograr la transformación o “cambio conceptual” de los estudiantes hacia los

conceptos alcanzados por la ciencia e incorporarlos en los programas de estudio. Para ello, habría que partir de las “ideas previas” de los estudiantes y, de algún modo, transformarlas en los conceptos aceptados por la ciencia estándar o acercarlas lo más posible a estos.

En el sentido mencionado, la investigación realizada por Posner *et al.* (1982) resultó durante mucho tiempo paradigmática, pues planteaba la visión de un estudiante insatisfecho con su concepción previa, que se pensó que era impulsado al cambio conceptual radical —estilo Thomas Khun—, al contar con una concepción de reemplazo inteligible, factible y fructífera. Posición que resultó demasiado optimista, pues los sujetos se mantenían en la posición adoptada de inicio. Sin embargo, aparecieron las primeras menciones sobre ontología —entidades conceptuales elaboradas por la ciencia: célula, átomo, molécula, entre otras— y sobre procesos de modelización.

### ***Sobre modelos/modelización***

El abordaje de la enseñanza desde una perspectiva de modelos y modelización, fue posible mediante una reflexión meta-teórica, es decir, fundamentada en la epistemología, particularmente en la epistemología semanticista de Ronald

Giere. Este epistemólogo argumenta en favor de la naturaleza teórica —diferente de teorías y leyes— y funciones —sobre todo de representación, con fines de explicación— de los modelos en la actividad científica; ya que, para él, la actividad científica se distingue por la elaboración de modelos (Giere, 2004).

Sin embargo, es fundamental situar esta discusión en el ámbito de la educación en ciencias, lo cual requiere de un encuadre teórico dentro de esta. De ahí, la introducción de los conceptos de “ciencia escolar”, “actividad científica escolar” y “modelos científicos escolares” acuñados por Izquierdo-Aymerich (2007). Pero para introducir la perspectiva de modelos en el campo teórico-metodológico del diseño, elaboración y prueba de secuencias didácticas, resultó necesario el constructo del Modelo Científico Escolar de Arribo (López-Mota, 2019) y manejarlo como referente curricular plausible de ser alcanzado.

Para poder instrumentar prácticamente la visión de modelos en la enseñanza, ha sido necesario adoptar una definición de modelo y utilizarla para diseñar actividades didácticas y validar las secuencias didácticas elaboradas. Para ello, se adoptó la definición de Gutiérrez y Pintó (2005), la cual presenta la venta-

ja de poder utilizarse tanto en el terreno de los modelos espontáneos de los estudiantes, como en el ámbito de la ciencia: “Un modelo científico es una representación real o conjeturada de un sistema, consistente en un conjunto de objetos, *con una lista de sus principales propiedades*, y un conjunto *de enunciados legales* que declaran el comportamiento de tales objetos”.

El recorrido establecido en este texto y también en el desarrollo del **I Congreso Nacional en Actualidades en Ciencias Básicas (CONACIBA)** —si bien en esta con mayor detalle—, permite ahora postular tres grandes desafíos docentes.

## Desafíos docentes

### Dominio de disciplina científica

Ahora bien, es evidente que no es posible plantearse introducir la perspectiva de modelos en la enseñanza, si los docentes no saben proponer explicaciones de fenómenos científicos de interés educativo; como el mencionado en la conferencia sobre la infección viral de COVID-19 (Mendoza-Almaraz, 2022), así como en la explicación del fenómeno de obesidad en seres humanos (Mendoza-Almaraz, 2022). Y para ello se requiere de conocimiento científico pertinente.

### Conocimiento sobre modelos

Sin embargo, la perspectiva de modelos también requiere de conocimiento sobre modelos científicos: qué son, cuál es su función, cuáles características presentan y, en conjunción con el párrafo anterior, cómo se utilizan para explicar fenómenos específicos (López-Mota, 2019).

### Diseño de secuencias didácticas con perspectiva de modelos

Introducir la perspectiva por parte de los docentes en el aula, requiere de diseñar, elaborar y probar secuencias didácticas sustentadas en conocimiento científico pertinente y dominio de los modelos científicos y hacer uso del constructo Modelo Científico Escolar de Arribo (López-Mota, 2019).

## Conclusión

En la lógica y supuestos aquí desarrollados, solo resta afirmar que vale la pena incursionar en la perspectiva de modelos/modelización, para modificar la enseñanza en la dirección de buscar comprender el mundo natural y colocar los conceptos al servicio de la explicación de fenómenos naturales.

## Referencias

- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130-140.
- diSessa, A. A. (2014). *A history of conceptual change research: Threads and fault lines*. <https://escholarship.org/uc/item/1271w50q>. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139519526.007>
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Erickson, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63(2), 221-230. <http://ideasprevias.cins-trum.unam.mx:2048/preconceptos.htm>
- Flores, F., et al. (2022). *Ideas previas. Caracterización*. <http://www.ideasprevias.ccadet.unam.mx:8080/ideasprevias/preconceptos.htm>. [Proyecto "Ideas Previas" apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (Conacyt) bajo el número R30474"S]
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71, 742-752.
- Gutiérrez, R., & Pintó, R. (2005). Teachers' conceptions of scientific model. Results from a preliminary study. In R. Pintó & D. Couso (eds.), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to enhancing Students' interest in Learning Science* (pp. 866-868). Barcelona.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, (6), 125-138. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=324127626010>
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2021). Contribuciones de Giere a la reflexión sobre la educación científica. *ArtefaCToS. Revista de Estudios de la Ciencia y la Tecnología*, 10(1), 75-87 <https://doi.org/10.14201/art20211017587>.
- López-Mota, Á. D. (2019). Secuencias didácticas y el contenido de enseñanza. En Ángel D. López-Mota (coord.), *Modelos científicos escolares: el caso de la obesidad humana* (pp. 15-71). Universidad Pedagógica Nacional.
- Mendoza-Almaraz, A. M. D. (2022). *Modelos estudiantiles espontáneos relacionados con el fenómeno de infección para el caso SARS-CoV-2 en células humanas* (tesis de maestría). Universidad Pedagógica Nacional.
- Moreno-Arcuri, G., López-Mota, Á., & Orrego-Cardozo, M. (2021). *Cómo generar criterios de diseño de secuencias didácticas desde la perspectiva de modelos: el caso de la obesidad humana* (pp. 215-218). Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias, Portugal.

Nassif, R. (1974). *Pedagogía general*. Kapelusz.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.