

# ANCLAJE DE LOS MODELOS Y LA MODELIZACIÓN CIENTÍFICA EN ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Ángel D. López-Mota<sup>1</sup>, Diana P. Rodríguez-Pineda<sup>2</sup>  
*Universidad Pedagógica Nacional*

**RESUMEN:** Esta contribución tiene como propósito aportar a la discusión sobre formas de anclar modelos y modelización -como sustento teórico- en el diseño, desarrollo, explicación y evaluación de estrategias didácticas. Esto a partir de establecer claramente criterios que orienten el diseño de las mismas, bajo la forma del concepto '*Modelo Científico Escolar de Arribo*'. En la presentación se desglosa la manera de proceder para establecerlo a partir de diversas fuentes de información, homogeneizadas en forma de modelos.

También proponemos el concepto de '*Modelo Alcanzado*', lo que permite valorar los logros alcanzados en la forma de modelos construidos en el salón de clase. De esta manera, proporcionamos orientaciones para el diseño de estrategias didácticas y referentes claros para evaluar el avance de los modelos escolares construidos en las aulas de ciencias.

**PALABRAS CLAVE:** Modelos, modelización, estrategias didácticas, ciencias naturales, ciencia escolar.

## OBJETIVO

Mostrar el anclaje de los modelos científicos y su modelización en el terreno de Didáctica de la Ciencia, merece un esfuerzo de contextualización; para poder entender el propósito y justificación del mencionado anclaje.

El interés en tal anclaje surge de la necesidad de ofrecer un camino fructífero a estudiantes de postgrado -profesores en ejercicio- de la Universidad Pedagógica Nacional, para diseñar y poner en práctica estrategias didácticas. Las cuales permitan a los alumnos alejarse de la memorización y trascender una visión de ciencia sustentada en un realismo ingenuo y lograr uno de carácter científico, basadas en un contenido científico centrado en modelos y en los procesos de modelización de la indagación científica (Halloun, 2004).

Para ello, se requiere de un contenido de ciencia estructurado con fundamento en modelos. Ello incluye reestructurar las teorías científicas en torno a modelos básicos y el diseño de actividades apropiadas que ayuden a los estudiantes a construir teorías y desarrollar las habilidades requeridas para ello, mediante conocimiento basado en la experiencia (Halloun, 2004).

1. Universidad Pedagógica Nacional-Ajusco; Grupo EDUCIEN; alopezm@upn.mx.

2. Universidad Pedagógica Nacional-Ajusco; Grupo EDUCIEN; bogota65@gmail.com.

---

Sin embargo creemos que hay que proporcionar otros elementos para hacer funcional lo propuesto por Halloun líneas arriba, mediante: realizar una transposición didáctica y contar con un contenido centrado en modelos. Lo que requiere de homogeneizar información procedente de diversas fuentes; con el fin contar con elementos de la misma naturaleza que nos permitan direccionar esfuerzos y contar con directrices claras para diseñar Estrategias Didácticas (ED). Esta información proviene de: la manera de pensar de los estudiantes -ideas previas-, las directrices y contenidos de los programas de estudio y la concepción científica del contenido a impartir.

Las ideas previas no corresponden a visiones estudiantiles estructuradas en forma de modelos, los programas curriculares de estudio, tampoco suelen estarlo -sino en unidades temáticas- y, las teorías científicas que soportan dichos contenidos curriculares, tampoco están usualmente expuestas en dicha forma. Así, ¿cómo establecer a dónde se quiere llegar en términos de modelos mediante una estrategia didáctica, si cada uno de estos elementos es de distinta naturaleza? Requerimos entonces que la información de estas tres fuentes, sea compatible para la comparación; que esté expresada en forma de modelos.

Pero, ello no parece suficiente para lograr estrategias didácticas que se propongan y faciliten la modelización de fenómenos estudiados por la ciencia. Se requieren criterios que, al mismo tiempo que hacen viables los objetivos de transformación en la manera de pensar de los estudiantes, estén en la dirección requerida para alcanzar eventualmente la construcción de modelos cercanos lo más posible a los de la ciencia. Entonces, construimos el concepto de *Modelo Científico Escolar de Arribo*, ya que ello nos permite orientar el diseño de la ED -en sus propósitos y actividades a desarrollar- y evaluar los resultados alcanzados con ella mediante el *Modelo Alcanzado* utilizando dicha estrategia.

Presentamos el sustento teórico para el desarrollo de ED basado en modelos y, la construcción conceptual requerida para favorecer el proceso metodológico de diseñarlas y probarlas, con base en ellos; puesto que no contábamos con directrices claras y pertinentes para la elaboración y prueba de ED con base en los modelos y la modelización; lo que requirió de los modelos mencionados líneas arriba y la construcción de los conceptos '*Modelo Científico Escolar de Arribo*' y '*Modelo Alcanzado*', que es una tarea de naturaleza teórico-metodológica.

Así, requeríamos en primer lugar proporcionar una visualización de lo que íbamos a considerar como 'modelo' y, en segundo, ofrecer una elaboración que permitiera una ruta metodológica para la homogeneización de la identificación, comparación y establecimiento de metas didácticas en cuanto a considerar los aspectos cognitivos de los alumnos, el planteamiento curricular de los programas de estudio y el referente científico en el que se basan estos últimos; para de esta manera poder establecer un referente cognitivo viable de arribo y, después de aplicada la estrategia didáctica, permitir establecer la medida de su logro.

En síntesis, el objetivo de la presente disertación, consiste en proporcionar una solución teórico-metodológica al problema delineado, para poder, diseñar, elaborar y evaluar una ED en el ámbito de las ciencias, bajo la sustentación de la misma en modelos y la modelización, en el campo de la Didáctica de la Ciencia. Para ello, nos apoyamos en resultados obtenidos en una ED sobre la modelización de un fenómeno de fermentación.

## MARCO TEÓRICO

Consideramos pertinente adoptar la visión que sobre modelo presentan Schwarz, et al. (2009:633): *modelo científico* como "representación abstracta y simplificada de un sistema que hace visibles sus rasgos clave y puede usarse para explicar y predecir fenómenos estudiados por la ciencia, que consiste de elementos, relaciones, operaciones y normas que rigen las interacciones."

---

Para proporcionar una ruta metodológica que permitiera racionalmente diseñar, desarrollar y evaluar una ED, construimos el *Modelo Científico Escolar de Arribo*. Es un dispositivo teórico-conceptual-metodológico en el ámbito de la investigación en didáctica de la ciencia, que permite orientar el diseño, la recolección de evidencias y su sistematización, así como la evaluación de una ED sustentada en los modelos y la modelización.

Disponer de directrices suficientemente claras y explícitas para el diseño de ED que se propongan la construcción de modelos y den ocasión a los procesos de modelización correspondientes, tienen un soporte teórico en el ámbito de la epistemología, que recientemente ha propiciado la elaboración de posicionamientos dentro del terreno de la Didáctica de la Ciencia.

La Didáctica de la Ciencia -y en particular el diseño de estrategias didácticas al interior de ella- está fundamentada en una particular visión de lo que significa hacer ciencia. En el terreno epistemológico está basada en una posición intermedia entre el positivismo y el nominalismo; entendida una como asumir que lo único que podemos conocer está en aquello que podemos percibir por nuestros sentidos -o con ellos, pero con la ayuda de dispositivos que lo permitan- y que las elaboraciones teóricas coinciden *vis a vis* con la realidad física -natural- estudiada; y otra, entendida como una independencia entre el mundo físico o natural y las ideas o nociones desarrolladas para comprenderlo, por lo que no tiene que coincidir de manera alguna el mundo teórico con el físico. Entonces, la Didáctica de la Ciencia, está fundamentada en una forma de concebir la relación entre construcciones teóricas y mundo físico en la cual se asume que la realidad -realismo moderado- tiene cierta correspondencia con la teoría, pero que no existe una relación término a término entre ellas.

También está el asunto de que si existe una realidad física, externa al sujeto que conoce, las entidades que la componen son sujetas de identificación mediante fenómenos; esto es, se realiza un cambio cuando una entidad física o conjunto de ellas interactúa y se produce una modificación perceptible por los sentidos. La eventualidad de conocer estas entidades y sus propiedades, radica en la posibilidad de constatar su existencia mediante procedimientos empíricos o de manera racional por inferencia de conocimiento asentado en datos empíricos.

El tercer elemento teórico, proveniente de la epistemología está en apartarse de una ciencia entendida como resultado de la aplicación de cierta metodología, que asegura objetividad en el conocimiento del mundo externo y que se reduce a los productos de la ciencia en forma de hechos, leyes, teorías, definiciones, etcétera. Pero está -en sentido positivo- por una ciencia que valora como prioridad un acercamiento a la forma como se construye el conocimiento -de ahí que se le conozca como una aproximación cognitiva a la ciencia-, la cual está basada en la construcción de modelos que buscan identificar, explicar y predecir fenómenos y para lo cual se han desarrollado formas de modelar dicha realidad.

En este sentido, varios autores (Halloun, 2004; Izquierdo y Aliberas, 2004; Sanmartí, 2002; Izquierdo et al. 1999) dentro del campo de la Didáctica de la Ciencia, han incursionado en recuperar los asuntos epistemológicos aquí insinuados -y otros-, trabajándolos de una manera mucho más extensa y profunda para construir posiciones didácticas, de pronunciamientos provenientes de la epistemología desarrollada por Ronald Giere.

Esta posición epistemológica tiene consecuencias respecto del tipo de ciencia que se desea alentar en las aulas, de lo cual proporcionamos aquí una ilustración de lo que podemos lograr.

## METODOLOGÍA

Lograr el enunciado del *Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)*, implica la identificación de un fenómeno estudiado por la ciencia (p.ej. fermentación<sup>3</sup>) y no la enunciación de un tema de estudio;

3. Proceso de producción de energía, por parte de algunos seres vivos, en ausencia de oxígeno (Pelczar y Chan, 1984).

para lo cual se requiere de un análisis del asunto a tratar, a la luz del Modelo Curricular –respiración anaerobia- y el Modelo Científico sobre fermentación. También implica tomar en cuenta la manera de pensar de los estudiantes, en la forma de Modelo Cognitivo (inferido de la literatura especializada de ideas previas).

Pero aún queda un problema, la formulación de los enunciados de los distintos modelos en una forma homogénea, de tal manera que sean comparables y el *Modelo Científico Escolar de Arribo* pueda ser enunciado en los mismos términos (Tabla 1); así como los *Modelos Alcanzados en el aula*, para analizar los resultados. De ahí que se haya utilizado la visión de Schwarz, et al. (2009:633).

Tabla 1.  
“Comparación de Modelos para la construcción del MCEA”

Referencia	Fenómeno a modelar	Modelo cognitivo	Modelo curricular	Modelo científico	Modelo científico escolar de arribo
Moreno-Aracari, G. (2011)	<u>Fermentación</u>	<b>Entidades:</b> - Ser vivo - O <sub>2</sub> (ausencia) <b>Relaciones:</b> - No se concibe algunos seres vivos vivan en ausencia de O <sub>2</sub>	<b>Entidades:</b> - Seres vivos microscópicos - O <sub>2</sub> (ausencia) - Materia orgánica (alimento) fermentada <b>Relaciones:</b> - Algunos organismos viven en ausencia O <sub>2</sub> y sub-productos derivados de su respiración, son consumidos por humanos	<b>Entidades:</b> - Célula - Glucosa - O <sub>2</sub> (ausencia) - Energía - En célula (citoplasma), descomposición de glucosa, en ausencia de O <sub>2</sub> y obtención de energía (2ATP)	<b>Entidades:</b> - Seres vivos microscópicos ( <i>Lactobacilos sp.</i> ) - Materia orgánica que puede fermentarse (leche en yogur - O <sub>2</sub> (ausencia) <b>Relaciones:</b> - Fermentación de leche en yogur - Lactobacilos viven en ausencia O <sub>2</sub>

Los resultados aquí reportados, que sólo sirven de ilustración del uso y logros del uso de modelos en Didáctica de las Ciencias, tienen como respaldo el diseño y puesta en práctica en clase de un proceso de modelización –fermentación- pensado como diseño de ED y llevado al cabo con estudiantes de 14-15 años de edad.

## RESULTADOS

La aplicación de esta metodología para llegar a un *Modelo Científico Escolar de Arribo*, diseñar la ED correspondiente y aplicarse en clase, arrojó los resultados que se observan en la Tabla 2 -si bien aquí no se expone la parte correspondiente a los procesos de modelización efectuados, por falta de espacio-

Tabla 2-  
 “Comparación entre Modelo científico escolar de arriba y el Modelo Alcanzado”

Modelo científico escolar de arriba	Modelo alcanzado	Observaciones
<b>Entidades:</b> - Seres vivos microscópicos ( <i>Lactobacilos sp.</i> ) - Materia que puede fermentarse (leche, yogur) - O <sub>2</sub> (ausencia) <b>Relaciones:</b> - Fermentación de leche en yogur - Lactobacilos viven en ausencia O <sub>2</sub>	<b>Entidades:</b> - Búlgaros ( <i>Lactobacilos sp.</i> ) - Materia que puede fermentarse (leche en yogur) - O <sub>2</sub> (ausencia) <b>Relaciones:</b> - Yogur como digestión de búlgaros - Excreciones cambian consistencia de leche	- No identifican bacterias como organismos individuales, sino como colonia (búlgaros) - No identifican ausencia de oxígeno en el proceso de transformación de la leche en yogur Así, fue difícil reconocer las bacterias como seres vivos (escala ser vivo-célula) y pensar en las funciones de nutrición y respiración, para después relacionar la ausencia de oxígeno

En términos de entidades, los alumnos no logran identificar organismos individuales, sólo colonias; pero sí identifican que la leche puede fermentarse en yogur, aunque no logran identificar que ello sucede en ausencia de oxígeno. Además, la fermentación es vista como resultado de la digestión de esas colonias, que cambian la consistencia de la leche. Así, resulta muy difícil la explicación de la fermentación en alumnos de secundaria y, así, entender la respiración anaerobia.

## CONCLUSIÓN

La información proveniente del Modelo de Arriba frente a lo pretendido en el Modelo Científico Escolar de Arriba, permite identificar las dificultades que presenta enseñar temas como la respiración anaerobia, pero también proporciona pistas para establecer una ruta de abordaje, con base en un anclaje teórico en los modelos y la modelización.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A. (2012). A ‘semantic’ view of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, DOI 10.1007/s11191-011-9431-7 (en prensa).
- Halloun, I. A. (2004). *Modeling Theory in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 250.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, Número extra (junio 1999), pp. 79-91.
- Izquierdo, M. y Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Per un ensenyament de la ciència racional i raonable*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, pp. 222.

- 
- Moreno-Arcuri, G. (2011). *Construcción de modelos escolares, en un grupo de primero de secundaria, acerca de la fermentación*. Tesis de Maestría. México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Pelczar, M. & Chan, E.C.S. (1984). *Elementos de microbiología*. (Traducción de Rodríguez, J., García, I. y Nombela, C.). México: McGraw-Hill. pp.259-260.
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Acher, A., & Fortus, D. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 632-654.