

CARACTERÍSTICAS EPISTEMOLÓGICAS CLAVE DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS RELEVANTES PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Agustín Adúriz-Bravo

GEHyD-Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales, CeFIEC-Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

RESUMEN: En esta comunicación se identifican seis “características epistemológicas clave” de los modelos científicos que pueden ser relevantes para la didáctica de las ciencias. Se realiza un análisis sistemático de algunos aspectos fundamentales de los modelos a partir de las propuestas de trabajos anteriores. Se propone que los modelos científicos constituyen representaciones culturales construidas a partir de fenómenos reales y de postulados teóricos, que “median” entre la teoría y el mundo, y que tienen como propósito solucionar determinados problemas.

PALABRAS CLAVE: modelos científicos, características epistemológicas clave, perspectiva modeloteórica, mediación.

OBJETIVOS

Es objeto de esta comunicación identificar “características epistemológicas clave” de los modelos científicos desde la mirada de la didáctica de las ciencias, buscando “pistas” para mejorar la educación científica. Se trabaja desde la perspectiva “epistémica”, ocupada de la naturaleza de los modelos como representaciones teóricas; el análisis se vale de la filosofía de la ciencia.

MARCO TEÓRICO

La argumentación aquí reconoce tres puntos de partida:

1. La noción de modelo está presente en los currículos de ciencias de todos los niveles educativos, pero sólo recientemente se aboga por su tratamiento explícito en la enseñanza.
2. La producción didáctica sobre modelos ha alcanzado sofisticación; sin embargo, faltan discusiones sobre aspectos básicos, saltadas por un consenso en torno al significado de modelo.
3. Emerge una forma de entender los modelos en la didáctica de las ciencias que recoge concepciones epistemológicas recientes “modeloteóricas”.

Esto sustenta la necesidad de tomar decisiones didácticas en torno a qué concepciones de modelo científico son útiles a la luz de las exigencias actuales para la educación científica. Es importante discutir cuestiones fundamentales sobre qué son los modelos que sirvan para justificar las decisiones.

METODOLOGÍA

Varios autores ubican la discusión didáctica sobre los modelos científicos en aspectos epistemológicos que se consideran importantes para la enseñanza de las ciencias (e.g. Erduran y Duschl, 2004; Izquierdo-Aymerich, 2004; Justi, 2006; Koponen, 1007). Esta comunicación parte de una revisión de los artículos de José Antonio Chamizo (2006) y Phil S. Oh y Sung J. Oh (2011), que exponen caracterizaciones generales de la naturaleza de los modelos.

El trabajo de Chamizo (2006) identifica ocho características de los modelos: 1. son representaciones “de” fenómenos; 2. son instrumentos “para” responder preguntas; 3. *guardan analogía* con los fenómenos que representan; 4. son *distintos* de la realidad; 5. *se construyen* en un compromiso entre analogías y diferencias; 6. *se desarrollan* en un proceso de revisión histórico; 7. son *consensuados* por los científicos; 8. se puede *clasificar* en tipos.

Oh y Oh (2011) presentan “una revisión de la naturaleza de los modelos y sus usos en el aula de ciencias para formadores del profesorado de ciencias y (...) profesores de ciencias” (p. 1111; mi traducción). A partir de la literatura encuentran “subtópicos” de la naturaleza de los modelos y buscan consensos entre epistemólogos y didactas:

1. *Significados de la idea de modelo.* Se usa el término “representación” para explicar qué son los modelos.
2. *Propósitos de la modelización.* Las metas de los modelos son explicar y predecir el mundo natural.
3. *Multiplicidad de los modelos científicos.* Es posible construir modelos distintos del mismo fenómeno.
4. *Cambio en los modelos científicos.* A lo largo de la historia los modelos se revisan.
5. *Usos de los modelos en el aula de ciencias.* Las presentaciones externas brindan apoyo para razonar con representaciones internas.

Oh y Oh bosquejan cinco preguntas sobre los modelos y resumen respuestas vigentes; estas se parecen a los puntos de consenso de Chamizo. Esta comunicación pretende avanzar desde aquí, e identifica seis características clave de los modelos que combinan o matizan las de esos trabajos.

RESULTADOS

La idea de que los modelos son “de algo” se asocia a su naturaleza como *re*-representaciones de un objeto en su ausencia; pero ese nexo “de” tiene diversos significados. Hay varias maneras de usar el término “modelo” en el lenguaje natural: podemos decir que “Gala fue *modelo de Dalí*” o que “un juguete es un *modelo de* un coche de carreras”. En un caso “modelo” refiere a la “materia prima” representada y, en el otro, a la representación hecha. Gala es el *input* de un proceso de representación y la réplica de juguete es el *output* del proceso.

La epistemología heredera del positivismo lógico reconoció estos sentidos del término “modelo” y dejó para las ciencias empíricas los modelos-output. Para esta epistemología formalista, un modelo *surge de representar un sistema real*; se excluye que un modelo sea una porción del mundo representada.

Podemos introducir una segunda clasificación independiente de que los modelos sean objetos reales o simbólicos. Se puede decir que “el Chapulín Colorado es el *modelo del antihéroe*” o que “una

maqueta sirve de *modelo de* un túnel”. En el primer caso, “modelo” refiere a algo obtenido a partir de directrices generales y, en el segundo, a las directrices seguidas para producir algo. Se identifica al Chapulín Colorado con un *modelo-a-partir-de*: una concreción a partir del canon de antihéroe. La maqueta se identifica con un *modelo-para*: un objeto que funciona como “plano” para concretizarlo en una construcción. La epistemología clásica también reconoce esta distinción y señala que los modelos científicos son modelos-a-partir-de.

La mayoría de los trabajos insiste en que los modelos se construyen “para algo”: con distintos propósitos. Aunque se acuerde con esta idea, es posible distinguir tres sentidos del “para”. Primero, los científicos crean los modelos a fin de satisfacer unas pretensiones epistémicas (entender, predecir). Surge un criterio de clasificación *funcional* de los modelos, según ellos se usen para alcanzar un objetivo u otro.

Segundo, los modelos capturan solo determinados aspectos de los sistemas reales, que son complejos y con muchos componentes. Al modelizar, los científicos retienen unos pocos elementos de interés, que responden a determinadas preguntas. Este segundo sentido de “para” es *pragmático*: los modelos dan respuesta a determinadas inquietudes.

Todo modelo científico es, además de modelo-a-partir-de, modelo-para. El término “modelo” combina los dos significados de la palabra latina “modus”: “manera” y “medida”. Manera es identificable con modelo-para, ya que es la forma en que algo existe u ocurre; medida es identificable con modelo-a-partir-de, ya que es un grado o correspondencia determinados por comparación. Podría argüirse que *toda manera es una medida*: el conjunto de rasgos característicos de una cosa puede servir como patrón para que otras cosas sean comparadas con él. Los modelos científicos captan los elementos esenciales de un sistema y se convierten así en una forma de comprender otros sistemas.

Ronald Giere (1992) –representante de la escuela conocida como “semanticismo”– da definición de modelo que enfatiza su carácter analógico. Él denomina “modelo teórico” a una entidad abstracta que se comporta según lo prescrito por una serie de proposiciones que “definen” esa entidad. Para Giere (1992), los modelos teóricos se relacionan con dos elementos: 1. el conjunto de recursos expresivos utilizados para caracterizarlos, y 2. los sistemas reales de los cuales son modelos, con los que mantienen una relación de “similaridad”. De un modelo científico cabe afirmarse que es similar al sistema que modeliza *en tales aspectos y con tales grados de ajuste*. La idea de similaridad operacionaliza la concepción de que los modelos son análogos teóricos de sus sistemas. Los modelos no son el mundo, sino una analogía que “se parece” a él en algunos toques (y, por tanto, difiere en muchos otros).

La conceptualización de los modelos como analogías tiene conexión con la siguiente característica clave. Puesto que se trata de entidades no-lingüísticas, de los modelos científicos no cabe decir que son verdaderos o falsos. Emerge una nueva visión “semántica” de las teorías como conjuntos de modelos: definiciones formales y aserciones acerca de qué cosas del mundo satisfacen esas definiciones. Los modelos son estructuras similares al mundo que se agrupan en clases que satisfacen “condiciones” impuestas por un marco teórico.

En la ciencia es usual encontrar definiciones de “modelo” que lo homologan con una representación “teórica” de la realidad para facilitar su estudio. Se reconoce que los modelos no son *icónicos* respecto de la realidad: no la imitan, sino que incluyen entidades teóricas. Se puede considerar la “teoría” como un conjunto estructurado de ideas que explican los fenómenos del mundo por referencia a entidades y procesos “inventados” que guardan una relación interactiva con la realidad.

Se puede revisar esta insistencia en la “dependencia” de los modelos respecto de las teorías en algunas caracterizaciones de la idea de modelo en la epistemología del siglo XX. Las ideas epistemológicas acerca de qué es un modelo científico han cambiado desde 1920 hasta nuestros días de una manera que se entiende con la ayuda de la noción de “ejemplo”. Ha habido tres grandes concepciones acerca de los modelos (Adúriz-Bravo, 2011):

1. Para el positivismo lógico y la concepción heredada (c. 1920-1960), un modelo científico es un ejemplo *cualquiera* de una teoría; la teoría se considera la entidad central del análisis epistemológico.
2. Para la nueva filosofía de la ciencia (c. 1950-1980), el modelo se convirtió en un ejemplo *paradigmático* (digno de imitación) de una teoría.
3. Para la concepción semántica de las teorías científicas (c. 1970 hasta hoy), el modelo se identifica con un ejemplo *intencionado* de la teoría (un ejemplo que la teoría quiere explicar).

La concepción heredada de las teorías científicas estudió los aspectos lógicos del conocimiento científico y consideró las teorías empíricas como cálculos “interpretados” (en el sentido de la lógica). El modelo era una entidad carente de interés, reducida a un sistema que “satisfacía” los axiomas de la teoría.

Con la nueva filosofía de la ciencia (años 60 y 70), Kuhn propuso centrarse en otro aspecto del modelo para entender la ciencia. Al precisar su noción de paradigma, Kuhn formuló la idea de *ejemplar*: un modelo científico “a imitar” en la búsqueda de soluciones a los problemas científicos.

En la concepción semántica de las teorías (años 70 y 80), los modelos son la parte “aplicativa” de una teoría; constituyen una clase que puede ser caracterizada por las leyes de esa teoría. Son sus “realizaciones posibles”. Estos que podríamos clasificar como “modelos-fenómenos” pasan a formar parte integral de la teoría.

El semanticismo añade a la reconstrucción de los modelos como “casos” que sirven de ejemplares el requisito de que se puedan representar de una manera semiformal. Por tanto representa una “tercera vía” entre positivismo y nueva filosofía de la ciencia.

La idea de mediación aparece a partir de las características clave anteriores. Los modelos científicos comparten su “esencia” con los fenómenos que modelizan y con las teorías con las que se relacionan. Los modelos “corporizan” las teorías científicas y ayudan a desarrollarlas a partir de los datos; tienen un carácter “híbrido”, que *media* entre las teorías y el mundo.

Hay tres autores semanticistas que tratan extensamente el tema de los modelos científicos: Ron Giere, Fred Suppe y Bas van Fraassen. Ellos asumen que no existe una relación directa entre lo que decimos del mundo y la manera en que ese mundo se nos muestra; esa relación está mediada por los modelos.

CONCLUSIONES

Esta comunicación tiene tres puntales: 1. la enseñanza de las ciencias actual propone que el estudiantado no sólo aprenda modelos famosos y a modelizar, sino que también se aproxime a una comprensión de la categoría de modelo; 2. cualquier discusión en el aula sobre la naturaleza de los modelos debe cimentarse sobre clarificaciones iniciales; y 3. comienza a circular entre el profesorado de ciencias una conceptualización de los modelos que abreva en la epistemología modeloteórica. La exposición basada en “características epistemológicas clave” sirve como insumo para aumentar nuestra comprensión acerca de los modelos científicos en la didáctica de las ciencias (puntal 2). Esto repercute en la calidad de la enseñanza de las ciencias al ayudarnos a decidir cuál definición de modelo es valiosa (puntal 3), sobre todo al favorecer una discusión acerca de los modelos como parte de la naturaleza de la ciencia (puntal 1).

Las seis características epistemológicas clave se pueden relacionar para *poner en valor las teorías* en la enseñanza de las ciencias. En la educación científica, el valor de las teorías muchas veces se desdibuja por el énfasis en la indagación experimental o la identificación entre enseñanza teórica y exposición. Sin embargo, el elemento teórico de la ciencia es la “conquista humana” que los currículos de ciencias

prescriben enseñar. De allí la centralidad que se atribuye a los modelos científicos en las aulas de ciencias, considerando que su “teoricidad” es la característica más importante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A. (2011). Concepto de Modelo Científico, en Galagovsky, L. (coord.). *Didáctica de las Ciencias Naturales*, pp. 141-161. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Chamizo, J. (2006). Los Modelos de la Química. *Educación Química*, 17(4), pp. 476-482.
- Erduran, S. y Duschl, R. (2004). Interdisciplinary Characterizations of Models and the Nature of Chemical Knowledge in the Classroom. *Studies in Science Education*, 40(1), pp. 105-138.
- Giere, R. (1992). *La Explicación de la Ciencia*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2004). Un Nuevo Enfoque de la Enseñanza de la Química. *Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4-6), pp. 115-136.
- Justi, R. (2006). La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), pp. 173-184.
- Koponen, I. (2007). Models and Modelling in Physics Education. *Science & Education*, 16(7-8), pp. 751-773.
- Oh, P. y Oh, S. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models. *International Journal of Science Education*, 33(8), pp. 1109-1130.