

## La modelización en ciencias como estrategia de investigación y de intervención docente

José María Oliva

*Departamento de Didáctica. Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Cádiz.*  
[josemaria.oliva@uca.es](mailto:josemaria.oliva@uca.es)

Para cualquiera que no haya trabajado en el campo de la modelización en la enseñanza de las ciencias, puede resultar extraño que se identifique una línea de trabajo como tal, por cuanto, al fin y al cabo, las ciencias están hechas de modelos y gran parte de lo que los alumnos aprenden en las escuelas son los modelos de la ciencia escolar. Sin embargo, la enseñanza por modelización, o los enfoques de enseñanza-aprendizaje en torno a modelos, vienen constituyendo hoy una de las líneas más fecundas de investigación en didáctica de las ciencias. De ahí que surjan algunas preguntas: ¿En qué consisten realmente los enfoques de enseñanza-aprendizaje mediante modelización? ¿Qué aportan de nuevo hoy al panorama de la investigación en didáctica de las ciencias? ¿Cuándo puede decirse que alguien está trabajando en torno a modelos o alrededor del campo de la modelización? ¿En qué se asemeja o se diferencia de otros enfoques de enseñanza-aprendizaje? ¿Qué implicaciones tiene la investigación realizada en este campo para la práctica docente? Intentaré brevemente responder a algunas de estas preguntas, si bien es verdad que no hay una línea nítida divisoria entre este tipo de planteamientos de enseñanza y de investigación y otros existentes. De hecho, puede decirse que este tipo de planteamiento solapa claramente con otros, como el de la enseñanza por investigación en torno a problemas, los enfoques centrados en las ideas o concepciones del alumnado, o incluso los recientes enfoques y planteamientos educativos centrados en la enseñanza por competencias.

Los enfoques de modelización parten de tres premisas o ideas fuerzas fundamentales que hay que tener en cuenta:

1º) Que los modelos son el núcleo central en torno al que se genera el conocimiento tanto en la ciencia como en el alumno. Por tanto, asumir su importancia implica un posicionamiento epistemológico y también la opción por un planteamiento psicológico de partida.

2º) Que no es suficiente con que los alumnos aprendan los modelos de la ciencia escolar, sino que deben desarrollar también la competencia para trabajar con ellos, valorarlos, analizar sus limitaciones, cuestionarlos e, incluso, participar en el avance y reconstrucción de los mismos.

3º) Que ello tiene implicaciones educativas importantes, tanto en relación a la estrategia didáctica a poner en juego para favorecer el aprendizaje del alumno, como desde el punto de vista de los recursos y tipos de actividades más relevantes para ello.

A estas tres premisas añadiremos una cuarta, que intenta valorar asimismo los límites de estos enfoques y la necesidad de trascender más allá de su horizonte. Concretamente, asumiremos que:

4º) Los enfoques de modelización son complementarios con otros. No solo no son incompatibles con otros puntos de vista, sino que los necesita.

Desde el punto de vista epistemológico, la perspectiva de la modelización se sitúa en un realismo moderado, en el sentido de considerar que aunque el mundo posee una estructura global definida, ésta es demasiado compleja para ser abarcada completamente desde

ninguna representación que los humanos puedan crear o comprender. Por ello, puede decirse que cuando una teoría científica se acepta, es porque una parte importante de sus elementos, pero solo una parte, representan (en algún aspecto y en cierto grado) aspectos del mundo.

Desde el punto de vista del aprendizaje, la idea de modelo conecta con los modelos mentales de la psicología cognitiva, los cuales tienen para las personas una utilidad semejante al que poseen los modelos de la ciencia para el científico, ya que se elaboran con objeto de comprender y predecir los sistemas físicos con los que se interactúa. Son formas de pensar y de representar el mundo exterior que elaboramos y activamos los individuos cuando queremos comprender o predecir situaciones, y surgen de la necesidad de dar sentido a una situación, un problema, una conversación con otra persona, una lectura, etc., tratándose por tanto del producto de la interacción del conocimiento previo con información proveniente del exterior. Desde esta perspectiva, las ideas o concepciones del alumnado pueden reinterpretarse en términos de modelos mentales usados por los individuos para interpretar fenómenos y situaciones del mundo real.

En coherencia con los dos párrafos anteriores, la idea de modelo juega también un papel central como unidad de conocimiento situado utilizado desde una perspectiva didáctica, para ayudar a los alumnos a progresar en su aprendizaje. Desde esta perspectiva el aprendizaje de las ciencias consistiría en la evolución cognitiva a través de distintos modelos adoptando como referente el modelo consensuado en la ciencia escolar.

En este marco, el razonamiento basado en modelos constituye una actividad esencial dentro del aprendizaje de las ciencias, por lo que su uso y desarrollo debería ser considerado como un referente obligado en las clases de ciencias. En este sentido, modelizar resulta una pieza clave en la educación científica por cuanto es capaz de aglutinar en torno a ella a la mayoría de competencias científicas que se promueven hoy dentro del currículo de ciencias, y por su potencial además para desarrollar estrategias de “aprender a aprender”.

Pero la modelización constituye un proceso complejo cuyo desarrollo exige toda una gama de competencias. De hecho comporta toda una gama de procesos estrechamente relacionados con los componentes del ciclo de investigación científica: plantear problemas, formular hipótesis, buscar información, elaborar nuevas ideas y explicaciones, etc. Y ello demandaría también tareas como interpretar, manejar y expresar fenómenos y situaciones mediante cierta variedad de signos, ya sean de formato proposicional o icónico. Por otra parte, los modelos están cargados de valores, que marcan y justifican las propias ‘reglas del juego’ de una disciplina científica. Nos referimos a valores tales como percibir el carácter racional de los modelos, reconocer su papel en el desarrollo de hipótesis, explicaciones y argumentos científicos, o también apreciar su utilidad y, a la vez, su carácter aproximativo, limitado y cambiante. En definitiva, se trataría de que los alumnos entiendan el rol de los modelos en las ciencias y en su aprendizaje. Por tanto, no solo se trataría de aprender los modelos de la ciencia escolar, sino también trabajar con ellos, elaborarlos y revisarlos, así como hablar y opinar acerca de los mismos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter aproximativo y cambiante y, también, sus limitaciones.

Todo ello debe concretarse en el aula dentro de un marco de intervención didáctica delimitado por una particular estrategia didáctica y un conjunto actividades y recursos a través de las que dicha estrategia pueda cobrar sentido.

De un lado, la modelización viene mostrándose como una opción relevante dentro de las estrategias afines a los enfoques constructivistas, entre las que también destacan los enfoques de cambio conceptual, los de investigación en torno a problemas o las

orientaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad. Desde esta perspectiva, son diversos los autores que han propuesto esquemas para trabajar la modelización en el aula, proporcionando criterios para la elaboración de tramas de actividades con las que construir unidades didácticas concretas. Básicamente, estos esquemas consisten en la adaptación del ciclo de modelización científica al marco escolar, lo que implica considerar una serie de fases como: caracterizar un fenómeno o proceso y decidir qué parte del mismo se desea modelizar, construir el modelo o una parte del mismo, poner a prueba el modelo construido contrastándolo con la experiencia, y dar por completado el proceso, ya sea reconociendo los límites del modelo o reformulándolo de nuevo si no se ajusta a las evidencias obtenidas.

De otro lado, son muchos los recursos y tipos de actividades que pueden plantearse en el aula para favorecer esta dinámica. Así, además de actividades propias del trabajo experimental y el estudio directo del medio, podemos recurrir a analogías, maquetas, modelos a escala, escenificaciones, simulaciones por ordenador, experimentos mentales, paradojas, etc., que son instrumentos útiles a la hora de implicar al alumnado en el aprendizaje, uso, evaluación y reconstrucción de modelos explicativos sobre los fenómenos o sistemas estudiados en la clase de ciencias.

Finalmente, queremos terminar estas líneas reconociendo que, aun con todas sus virtudes, los enfoques de enseñanza por modelización no son autosuficientes, sino que necesitan ser complementados por otros tipos de enfoques dentro del marco constructivista, y de hecho gran parte de lo que proponen los otros puede asumirse desde los enfoques centrados en modelos y modelización:

- a) El cambio conceptual puede entenderse desde aquí como un cambio o evolución en los modelos explicativos de los alumnos.
- b) La enseñanza por investigación en torno a problemas, impregna netamente la modelización cuando se plantea a partir de un propósito concreto, con una participación activa por parte del alumno y a través de procesos de indagación y comprobación de los modelos generados.
- c) La enseñanza CTS puede ser de utilidad para proponer contextos en torno a los que trabajar desde enfoques de modelización. En un plano más formal o académico, la historia de la ciencia jugaría un papel central en este sentido, en un marco más próximo a la educación obligatoria, los contextos cotidianos podrían jugar mejor ese papel.
- d) La argumentación, como instrumento crítico para aprender a leer y escribir ciencias, constituye una herramienta esencial a la hora de justificar y criticar los modelos desarrollados por otros o los construidos por uno mismo, por lo que juega también un papel esencial en los procesos de modelización en ciencias.

Todo ello tiene implicaciones importante no solo en la enseñanza de las ciencias sino también en el campo de la investigación. De forma muy sucinta se formulan a continuación algunas de las líneas de trabajo más llamativas:

- a) Profundizar en la naturaleza íntima del pensamiento intuitivo del alumno, a través del enfoque analítico que proporciona el marco de los modelos mentales, analizando pautas y criterios para establecer itinerarios de progresión en los modelos explicativos de los alumnos.
- b) Buscar puntos de encuentro entre el enfoque de enseñanza por modelización y otros enfoques educativos. Por ejemplo, resulta tentador encontrar formas de articulación entre esta estrategia y las que provienen de enfoques CTS y de aprendizaje en contexto: aprendizaje en la vida cotidiana, planteamientos basados en la historia de la ciencia, perspectivas centradas en la naturaleza de la ciencia, etc.

- c) Analizar en qué consiste la competencia de modelización -distintas dimensiones y componentes- y estudiar su conexión con las competencias básicas del currículum.
- d) Elaborar y validar instrumentos de evaluación de la competencia de modelización de los alumnos.
- e) Diseñar escenarios para trabajar en el aula la competencia de modelización y evaluar los avances correspondientes que se consiguen en la misma a través de estos marcos de intervención.
- f) Etc.

Puede verse que los enfoques teóricos de enseñanza basados en la modelización tienen importantes implicaciones hoy tanto en la enseñanza como en el campo de la investigación. Esperamos haber contribuido con estas líneas a mostrar el apasionante campo de trabajo que se abre desde este marco.

### Bibliografía

- Aragón, M<sup>a</sup>M; Oliva, J.M<sup>a</sup> y Navarrete, A. (2013). Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 9-30.
- Chamizo, J.A. (2010) Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41. En línea en: <http://hdl.handle.net/10498/9861>
- Gilbert, J.K. (1993). *Models and modelling in science education*. Hatfield, UK: Association for science education.
- Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16, 653-697.
- Harrison, A.G. and Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92 (4-6), 115 - 136
- Izquierdo, M. y Adúriz Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de química. Actas del VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra.
- Justi, R. (2006).. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Justi, R. y Gilbert, J.K. (2002). Modelling teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Kozma, R. and Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*, pp. 121-146. London: Kluwer.
- Oliva, J.M. y Aragón, M<sup>a</sup>M. (2009a). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las ciencias*, 27(2), 195-208.
- Prins, G.T. (2010). *Teaching and Learning of Modelling in Chemistry Education: Authentic Practices as Contexts for Learning*. Unpublished doctoral dissertation. Universiteit Utrecht.
- Schwarz, C. and White (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modelling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.