

Nociones de Modelo y Modelización como referentes para la Enseñanza de la Física

Víctor Julio Useche Arciniegas
Universidad Francisco de Paula Santander
victorjulioua@ufps.edu.co

Diana Patricia Rodríguez-Pineda
Universidad Pedagógica Nacional de México
dpineda@upn.mx

Línea temática: Didáctica de las Ciencias Naturales en la Educación Superior.

Modalidad: Modalidad 6–Avance Tesis Doctoral en Didáctica, Universidad Tecnológica de Pereira

Resumen

La energía y su conservación se han enseñado tradicionalmente como un concepto y no como un modelo que permita explicar fenómenos; luego, el aprendizaje no transforma las ideas de los estudiantes y mucho menos implica la construcción de modelos. Con este fin, la pregunta de investigación es la siguiente: ¿De qué manera la modelización incide en los procesos seguidos por los estudiantes universitarios, en la construcción de explicaciones de fenómenos relacionados con la conservación de la energía mecánica? El objetivo es analizar los procesos de construcción del modelo de conservación de la energía mecánica de estudiantes universitarios de ingeniería. La investigación se realiza con base a la metodología de estudio de casos, diseñando una unidad didáctica desde la perspectiva de los modelos. Con esta investigación, se espera tener información sobre los procesos de construcción de modelos por parte de estudiantes universitarios.

Palabras clave

Aprendizaje, Modelización, Modelo, Conservación de la energía, Estudiantes Universitarios

Introducción

Esta investigación está fundamentada en dos aspectos teóricos que provienen de la didáctica de las ciencias: la perspectiva de los modelos científicos y el de la modelización; y de aspectos teóricos propios de la física mecánica; pero en este texto, se mencionan sólo los referentes que provienen de la didáctica de las ciencias.

Las nociones de modelo y modelización han estado presentes por un buen tiempo en forma implícita o latente en los currículos de ciencias de todos los niveles educativos (Adúriz-Bravo, 2013). El tema de modelos y modelización en Didáctica de las Ciencias aparece tímidamente a finales de la década de los 80 (Hestenes, 1987) y principios de los 90 (Grosslight, Unger, Jay y Smith, 1991) y va adquiriendo impulso hasta finales de la década (Nersessian, 1999); pero es hasta la publicación del libro *Developing modelos in Science Education* (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000)

y el número monográfico del *International Journal of Science Education* 22 (9) del año 2000, sobre modelización y aprendizaje, que adquieren un gran interés estas temáticas en el campo de la didáctica de las ciencias (Gutiérrez, 2014).

De acuerdo con lo reportado en la literatura especializada en el campo de educación en ciencias, el concepto de modelo es empleado con diversos y numerosos significados (Chamizo, 2010). En las revisiones realizadas por Oh y Oh (2011) y Gutiérrez (2014), es evidente que los investigadores conciben el carácter ambiguo o polisémico de la idea de modelo, donde lo definen y lo utilizan de una manera diferente. Debido a la falta de claridad en el término, hace que el tratamiento que se le da a los modelos sea todavía bastante confuso (Justi y Gilbert, 2002). Al respecto, Greca y dos Santos (2005), aducen que, en el contexto de la enseñanza de las ciencias hay al menos dos causantes de confusión en cuanto al concepto de modelo: por un lado, en algunos casos existe una identificación de los modelos con analogías; por otro, la utilización de marcos teóricos oriundos de la psicología cognitiva y, con ellos, la terminología de representaciones.

Se ha observado que llevar al aula de clase representaciones para la construcción de ideas, facilitan el acceso al aprendizaje y acercan al alumno al conocimiento científico. Con las analogías se estimula el cerebro del estudiante para mejorar el razonamiento de la mente, y así poder comprender, explicar y analizar un fenómeno. En la solución de problemas que se presentan en la cotidianidad del ser humano, se usan frecuentemente los modelos basados en analogías, que son representaciones que se construyen contextualizando cierta porción del mundo, con un objetivo específico (Chamizo, 2010; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001)

Si bien los modelos científicos son muy diversos y presentan diferentes definiciones, su relevancia para el progreso del conocimiento científico es innegable (Torres y Vasconcelos, 2016). A pesar de las innumerables definiciones de modelos científicos y de la diversidad de tipos de modelos científicos existentes, se puede decir, en términos globales, que un modelo científico es una representación de determinados aspectos del mundo, de acuerdo con un objetivo específico (Chamizo, 2010), en ese mismo sentido Torija y González (2018) plantean que un modelo científico es una representación simplificada de un fenómeno, evento u objeto, el cual es generado con un propósito específico. Así, el modelo es una representación intencional y simplificada, ya que resulta de la intención, interpretación y conocimiento del científico y de acuerdo con Justi y Gilbert (2002), los modelos se pueden expresar de múltiples formas –multimodal- y la representación es la expresión del modelo.

El modelo cognitivo de la ciencia (MCC) propuesto por Ronald Giere plantea a la ciencia como una actividad humana, donde los modelos son un constructo epistemológico que permite dar sentido a un fenómeno, por tanto son construcciones cargadas de significado para quien los desarrolla, que le sirven para explicar y predecir un fenómeno y “*frente a otros modelos de ciencia, el MCC destaca los aspectos psicológicos y sociales que son el origen del pensamiento científico experimental, a partir del cual es posible, después, el razonamiento y la justificación teórica*” (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999, p.46).

Gilbert, Boulter y Elmer (2000) consideran un modelo como una representación de un objeto o un fenómeno con un objetivo específico. En términos científicos, dicho objetivo consistiría en describir, explicar o predecir situaciones y hechos (Adúriz-Bravo, 2013), y en última instancia en responder preguntas o poner a prueba las teorías. Esta definición está en consonancia con la de Minsky (1965), para quien un modelo de algo ha de servir para responder preguntas sobre ese algo sin tener que recurrir directamente a él. Oh y Oh (2011) entienden un modelo como una representación de un referente, donde los referentes representados por los modelos pueden ser objetos, fenómenos, procesos, ideas, o sistemas. Un modelo científico también es un puente para conectar una teoría científica con un fenómeno, porque ayuda al desarrollo de la teoría desde los datos y la pone en relación con el mundo natural.

Entender una teoría científica como un conjunto de modelos que proporcionan conocimiento de la realidad, implica que las relaciones se pueden establecer entre las entidades propuestas por la teoría, para después establecer su grado de adecuación con la realidad; en este sentido, Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009) consideran un modelo como *“una representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando”* (p. 46); y para Adúriz-Bravo, Labarca y Lombardi (2014) el modelo es un *“objeto abstracto conceptualmente construido, en el cual se consideran como variables solo algunos factores relevantes, incluso a veces se suponen propiedades de elementos inobservables del sistema real o en otros casos se introducen entidades ideales inexistentes en la realidad”* (p. 42).

Por otra parte, si la noción de modelo es polisémica y tiene distintos significados, la idea de modelización tiene también distintas acepciones (Oliva, 2019). Entonces, ¿qué se entiende por modelización? En la revisión bibliográfica realizada por Nicolaou y Constantinou (2014) sobre el concepto de modelización, identifican que algunos autores no llegan a definirla de forma explícita; en otros, las definiciones difieren de unos trabajos a los demás; y, por último, algunos no tienen unidad de criterios ni en la conceptualización de los elementos que integran dicha competencia, ni mucho menos en la forma como se evalúa. Aunque es difícil dar una definición concreta de modelización, ésta es entendida por algunos autores como una competencia necesaria para construir y mejorar modelos sobre objetos físicos, procesos o fenómenos (Jiménez, et al., 2016).

En los últimos años la actividad de modelización acapara un creciente interés en la didáctica de las ciencias Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009), empezando a considerarse como una competencia emergente de la educación científica, o al menos como una dimensión de la competencia científica. Para la Didáctica de las Ciencias, la modelización es un dispositivo teórico que se basa en el hecho de que, si los científicos al estudiar un fenómeno del mundo construyen un modelo, el cual permite explicar y generar predicciones, enseñar ciencia implica favorecer la construcción de modelos científicos escolares -universitarios-, por parte de los alumnos, con la intención de que los modelos les proporcionen representaciones y explicaciones de los hechos del mundo (Izquierdo et al., 1999). En los procesos de modelización, la autorregulación, junto con la argumentación resulta fundamentales en la construcción del conocimiento de los alumnos.

Según Justi y Gilbert (2002), la modelización se puede concebir como un proceso de aprendizaje que acompaña al trabajo con modelos, no solo a la hora de construirlos, sino también de aplicarlos, revisarlos, modificarlos o, llegado el caso, cambiarlos por otros distintos. De manera similar, Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009) afirman que la modelización científica se puede entender de diversas formas: como la creación de modelos científicos originales, la construcción de argumentos en los que se subsumen bajo modelos ciertos hechos investigados, el ajuste de los modelos establecidos a causa de la aparición de nuevos datos o ideas, o el ejercicio intelectual de aplicar modelos ya existentes para explicar hechos en un entorno de enseñanza o de formación. Además, para estos investigadores, la modelización es un proceso de traducción y escritura desde una situación real o enunciados (modelos físicos) a términos matemáticos o conjuntos de relaciones precisas entre variables (modelo científico simbólico) usando series de diferentes tipos de representaciones.

Para Aragón et al. (2018), la modelización debe entenderse como un conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y valores necesarios para llevar a cabo la tarea de modelar en su dimensión más amplia. Acher (2014) afirma que la modelización es un proceso que permite el uso de experiencias y percepciones previas sobre el fenómeno estudiado, así mismo, establecer comparaciones que proporcionan un esquema de generalización del contexto, el cual busca consolidar y contrastar un determinado modelo a través de la generación de preguntas consideradas como el eje central de la explicación del fenómeno. A su vez, el mismo autor, conceptualiza la modelización como una práctica general que puede ayudar a los profesores a concentrar sus esfuerzos en involucrar a sus alumnos en la construcción de coherencia del quehacer científico por medio de las distintas ideas clave de las disciplinas científicas.

La modelización, es decir la construcción de los modelos, según García y Rodríguez (2011) puede concebirse como un proceso analógico que inicia con el planteamiento de una situación problemática real (fenómeno complejo de la vida cotidiana o de carácter científico) que requiere de simplificación, estructuración, idealización y del acotamiento de sus condiciones de resolución. Mientras que Campbell y Oh (2015), entienden la modelización como oportunidad de propiciar la inmersión de los estudiantes en prácticas científicas auténticas. De este modo, implicarlos en procesos de modelización, en contraposición a considerarlos como meros espectadores y consumidores de productos del conocimiento científico, puede ayudarles no solo a comprender mejor las grandes ideas de las ciencias, sino también a experimentar «en vivo» y entender cómo se construyen y evalúan esas ideas (Schwarz y White, 2005; Schwarz et al., 2009; Acher, 2014).

Metodología

El paradigma que orienta la investigación es interpretativo, cuya finalidad es comprender e interpretar la realidad y los significados de las personas. Para ello será necesario diseñar una unidad didáctica desde la perspectiva de los modelos y la modelización y se realizará con metodología cualitativa con estudio de casos. El diseño investigativo consta de tres etapas: la primera, corresponde a la identificación del Modelo Científico de Conservación de la Energía Mecánica que guiará el diseño de la unidad didáctica, en virtud de las entidades, relaciones y reglas de inferencia (López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013) y se diseñará la unidad didáctica con base en el

planteamiento de Sanmartí (2002). La segunda etapa, la de campo, estará estructurada en dos fases: una prueba piloto y una aplicación definitiva, donde los datos se obtendrán a partir de las producciones generadas por los alumnos a lo largo de la unidad didáctica (textos, cuestionarios resueltos, etc.), observaciones y entrevistas. En la tercera etapa se analizarán los datos recolectados, se realizará la transcripción de las grabaciones de audio producto de las entrevistas, se organizarán y codificarán los datos en unidades de análisis de acuerdo con las categorías construidas. El grupo que constituye el caso para esta investigación, serán los estudiantes de ingeniería -electrónica, industrial y civil- de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta; matriculados en la asignatura de Física Mecánica que orientará el profesor-investigador.

Resultados y análisis

Con esta investigación, se espera tener información sobre los procesos de construcción de modelos por parte de estudiantes universitarios, en particular del modelo de conservación de la energía, lo cual es valioso para el campo de la didáctica de las ciencias, máxime que en la educación superior existen pocas investigaciones en el ámbito de la modelización y particularmente en física. Y respecto a lo educativo, se espera que los estudiantes universitarios comprendan que la construcción de un modelo científico les permite describir, explicar y predecir un fenómeno físico y lo puedan usar en la resolución de problemas.

Conclusiones

Al terminar el desarrollo de esta investigación, se espera contribuir con el mejoramiento continuo de los procesos de enseñanza-aprendizaje de física mecánica que se llevan a cabo en las universidades, donde la modelización le va a permitir a los estudiantes obtener un mayor grado de creatividad y descubrimiento y quedan en segundo plano las rutinas propiamente mecánicas del aprendizaje; y así conseguir que desaparezca la tendencia a la memorización de fórmulas que no tienen suficientemente claras en sus aplicaciones.

Bibliografía

- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné Episteme y Didaxis TED*, (36)., 63-75.
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'semantic' view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611.
- Adúriz-Bravo, A., Labarca, M., & Lombardi, O. (2014). Una noción de modelo útil para la formación del profesorado de química. *Avances en didáctica de la química: modelos y lenguajes*, 37-49.
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4, n° especial, 40-49.
- Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M., & Aragón-Méndez, M. D. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista científica*, (32), 193-206.

- Campbell, T., & Oh, P. S. (2015). Engaging students in modeling as an epistemic practice of science: An introduction to the special issue of the Journal of Science Education and Technology. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2-3), 125-131.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41.
- Galagovsky, L. R., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- García, J. J., & Rodríguez, E. R. (2011). La modelización de experimentos como estrategia didáctica para el desarrollo de la capacidad para resolver problemas. *Uni-pluriversidad*, 11(1), 3-15.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. *Developing Models in Science Education*, 3-17. doi:10.1007/978-94-010-0876-1_1.
- Greca, I. M., & dos Santos, F. M. (2005). Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da física e da química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(1), 31-46.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science teaching*, 28(9), 799-822.
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencias conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 7(13), 37-66.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American journal of physics*, 55(5), 440-454.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 45-59.
- Jiménez Tenorio, N., Aragón Núñez, L., Blanco López, Á., & Oliva, J. M. (2016). Comprensión acerca de la naturaleza de los modelos por parte de profesorado de ciencias de secundaria en formación inicial. *Campo Abierto*, v. 35, n. 1, 121-132.
- Justi, R. S., & 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.
- López-Mota, Á. D., & Rodríguez-Pineda, D. P. (2013). Anclaje de los modelos y la modelización científica en estrategias didácticas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 2008-2013.
- Minsky, M. L. (1965). Matter, mind and models. *Proceedings of International Federation of Information Processing Congress*, 1, 45-49.
- Nersessian, N. J. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. *In Model-based reasoning in scientific discovery*, (pp. 5-22). Springer, Boston, MA.
- Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, 52-73.

- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 5-24.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177-196. doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis Educación.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction*, 23(2), 165-205.
- Schwarz, C., Reiser, B., B., Davis, E., Kenyon, L., Acher, A., & Fortus, D. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accesible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Torija, B. B., & González, E. M. (2018). Visión de los maestros en formación sobre los modelos científicos y sus funciones en las ciencias y en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (33), 143-160.
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2016). Desarrollo y validación de un instrumento para analizar las visiones de los profesores sobre modelos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 181-198.