

Revisión de modelos científicos en la enseñanza de la física: Un análisis para su abordaje en las aulas

Arlet Orozco Marbello
Universidad del Norte
arleto@uninorte.edu.co

Rafael Amador-Rodríguez
Universidad del Norte
ryamador@uninorte.edu.co

Línea temática: Aprendizaje, Modelización y Argumentación en la enseñanza de las ciencias

Resumen

En el presente documento se propone una revisión del término modelo científico para reflexionar sobre su fundamentación teórica desde los marcos epistemológicos y didácticos en relación con la enseñanza de la física. Para el análisis se tuvo en cuenta la producción académica publicada en artículos de revistas especializadas, en el periodo comprendido entre el año 2008 y el año 2018. Para el análisis de la información se recurre a una metodología cualitativa, tipo análisis de contenido considerando elementos propios de ésta metodología y diseño. Los resultados de esta investigación hacen parte de una tesis doctoral en curso.

Palabras clave

enseñanza de la física, modelos científicos, didáctica de las ciencias

Objetivo

Identificar los referentes teóricos que orientan el abordaje de modelos científicos en relación con la enseñanza de la física.

Marco Teórico

Estudiar el uso de los modelos ha sido un tema de interés en la didáctica de las ciencias en la última década (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009), lo cual ha revertido las miradas investigativas recientes hacia ese campo del conocimiento dada su importancia para la educación en ciencias naturales dejando entrever la necesidad de una enseñanza modeloteórica (Adúriz Bravo y Ariza, 2014).

Particularmente, pensar en modelos en la didáctica de la física ha implicado una serie de reflexiones epistemológicas y metodológicas que señalan la necesidad de reorientar la forma convencional de enseñarla. Estudios vigentes muestran que se comparten visiones epistemológicas contemporáneas de la categoría de modelo (Adúriz-Bravo, 2013), entendiéndolo como semejante al mundo, pero no como copia de éste. En este sentido, las visiones contemporáneas coinciden en

afirmar que un modelo permite comprender, explicar y predecir un fenómeno natural, centrando su atención en algunos aspectos de éste (Williams y Clements, 2015), es decir, representa al fenómeno de manera aproximada (Machado y Braga, 2018).

Otras posturas a las que se acude para enseñar física descansan en visiones de la epistemología clásica, las cuales hacen referencia a que un modelo es la realidad calcada del mundo presentando un conocimiento que no evoluciona, o una realidad acabada, estática (Adúriz-Bravo, e Izquierdo, 2009). Al respecto, algunos autores que señalan que un modelo se entiende como copia cuando se acude a él como réplica de la realidad física (Oh y Oh, 2011), afirmando que el modelo es la realidad (Jaime, 2011), lo cual causa que frecuentemente se presenten en las aulas modelos como hechos estáticos (Raviolo, Ramírez y López, 2011), o como productos de una representación matemática de un fenómeno dado (Machado y Braga, 2018).

Para el presente estudio, se ha tomado la idea de modelo científico desde la concepción semanticista, que lo define como una unidad teórica, no lingüística, que se comporta de manera idéntica a lo que establece un conjunto de condiciones. De acuerdo con ésta concepción, el modelo científico se relaciona con un amplio abanico de recursos expresivos que ayudan a caracterizarlo, y con los sistemas reales de los cuales son modelos, manteniendo una relación de “similaridad” (parecido), en algunos aspectos y con ciertos grados de ajuste.

En el marco de la presente investigación, también se considera oportuno revisar la manera como se acude a los modelos científicos cuando se enseña física, dada su importancia dentro de la didáctica de las ciencias. De acuerdo con lo planteado por Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009), un modelo se puede clasificar de acuerdo a dos grandes usos comunes: si un modelo se usa como representación simbólica que se hace de una entidad real, captando algunos elementos de manera intencionada, ignorando a propósito otros detalles, esta intencionalidad se denomina “modelo desde” (réplicas, esquemas, diseño de algo, imitación y/o simulación de su referente). Sin embargo, si el término modelo se usa para referirse a un evento u objeto del mundo real, se estaría frente un “modelo para” (ejemplo ideal de un género o conjunto, es decir un caso característico de una situación más general o reglas de un juego a seguir). Para el caso de la didáctica de las ciencias, los docentes se encuentran más familiarizados con el primer uso (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009).

En la enseñanza de la física se abordan los modelos científicos por lo menos desde dos enfoques epistemológico/didácticos:

-Enfoques tradicionales, en los cuales el modelo constituye un conocimiento científico ya construido, concordando con la enseñanza de una ciencia acabada y estática. Por tanto, el docente centra su actividad en transmitir ese conocimiento (Quiroga y Coleoni, 2016), y se orienta a la repetición de leyes y/o teorías que se abordan en las aulas y en las formulaciones matemáticas que se presentan como la manera de acercarse al fenómeno estudiado. En este enfoque, los modelos científicos son entendidos como una copia simplificada del fenómeno real que se está estudiando lo cual promueve una imagen empobrecida de la naturaleza de la ciencia (Adúriz Bravo e Izquierdo, 2009), al tiempo que presenta una realidad que no evoluciona.

-Enfoques contemporáneos, en los cuales se entiende que el modelo científico se corresponde con un ejemplo intencionado de la teoría (Adúriz Bravo, 2013). En esta visión, no se considera relevante enseñar a repetir enunciados de leyes, sino el acto de pensar en hechos o ideas clave reconstruidos teóricamente para darle sentido a fenómenos del mundo (Adúriz Bravo e Izquierdo, 2009). El modelo científico se muestra como una representación que le permite a un sujeto pensar,

hablar y actuar con rigor sobre el fenómeno que se está estudiando, es decir, que lo faculta para describirlo, explicarlo, predecirlo (Oh y Oh, 2011) e intervenir en él. Trabajar con modelos científicos desde este enfoque es precisar qué aspectos y grados desde el nivel educativo se deben abordar para el estudio de cierto fenómeno.

En el campo de la didáctica de las ciencias naturales se destacan investigaciones recientes en torno a la enseñanza de la física, en las cuales se menciona que los modelos son considerados importantes en la enseñanza porque

-Ayudan al docente a reformular las ideas científicas en una forma más accesible para los estudiantes (Develaki, 2017).

-Son potentes para demostrar cómo funcionan las cosas, explicar el conocimiento sofisticado de la ciencia y favorecer la construcción sobre nociones científicas (Oh & Oh, 2011).

-Proporcionan la oportunidad a los docentes de realizar novedosas experiencias científicas con el fin de favorecer en los estudiantes la observación, la descripción, la comprensión y la predicción de fenómenos físicos (Guarín y Méndez, 2016).

-Sirven para representar la realidad (Brandao, Araujo y Veit, 2011).

Es de interés para el estudio delimitar un marco teórico cuya construcción ayude al desarrollo de una enseñanza de la física nutrida de elementos metateóricos que contribuyan con una ciencia fundamentada acorde con la propuesta de la didáctica de las ciencias.

Metodología

La presente revisión de literatura se enmarca en una revisión documental que busca contribuir al estado del arte de la investigación en el campo de la didáctica de las ciencias naturales. A continuación, se presenta el proceso metodológico que se realizó para la aproximación al estudio de la producción bibliográfica en torno a modelos científicos en la enseñanza de la física. Para su desarrollo, se contemplan algunos elementos metodológicos planteados por Amador-Rodríguez y Adúriz Bravo (2013).

En primer lugar, se definió la intención del estudio. Seguidamente, se procedió a realizar una selección de distintas revistas en didáctica de las ciencias naturales cuyas publicaciones sobre el tema de estudio se realizaron entre los años 2008 y 2018. Entre éstas se mencionan las siguientes: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (España), Enseñanza de las Ciencias (España), Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (Argentina), Revista de Enseñanza de la Física (Argentina), Ciência & Educação (Brasil), Ensino de Física (Brasil) y Tecné, Episteme y Didaxis (Colombia), International Journal of Science Education (Estados Unidos), Science and Education (Estados Unidos), Revista Electrónica de enseñanza de las ciencias (España). Ver Figura 1.

Posteriormente se tomaron elementos como título, resumen y palabras clave para seleccionar todos aquellos artículos relacionados con el objeto de estudio, cuyo título, resumen o palabras claves enunciaran los elementos metodológicos como concepto de modelos, enseñanza de la física. Ver ilustración 1.

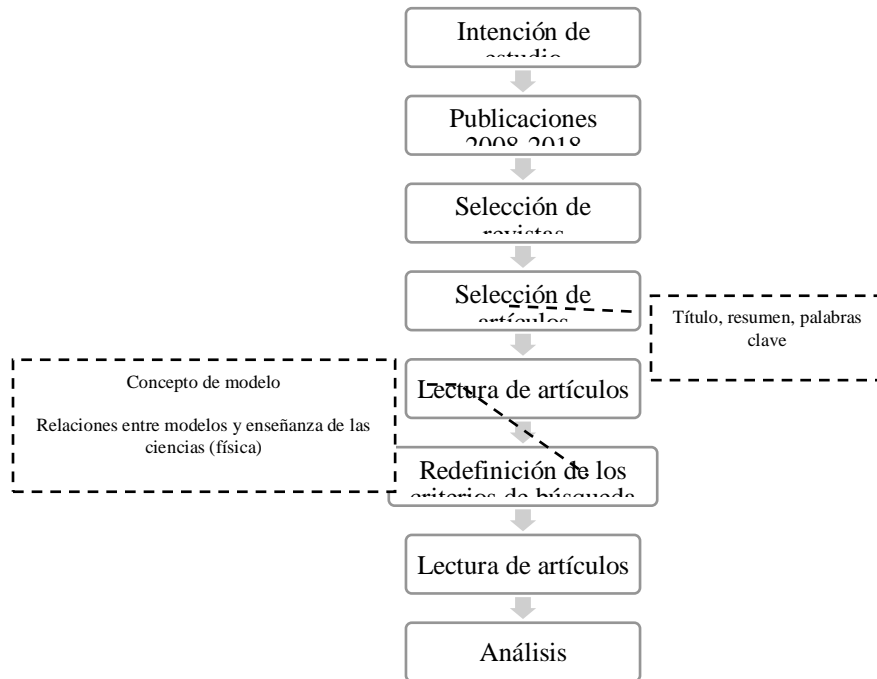


Figura 1. Procedimiento para la selección de los artículos. Elaboración propia

Se seleccionaron 81 artículos inicialmente referidos a modelos en títulos, resumen y palabras clave. Al realizar la lectura de ellos, algunos no se relacionaban con la intención propuesta para el presente estudio. Por tal razón, se decidió delimitar los parámetros de búsqueda con respecto a la intención del estudio. En este orden se redefinieron los criterios de análisis, afinándolos en cuanto al concepto de modelos científicos y a relaciones entre modelos científicos y enseñanza de la física. En este sentido, una segunda lectura más específica nos redujo la selección a 53 artículos. La figura 2 muestra el proceso de selección de los artículos con los que se inició el análisis.

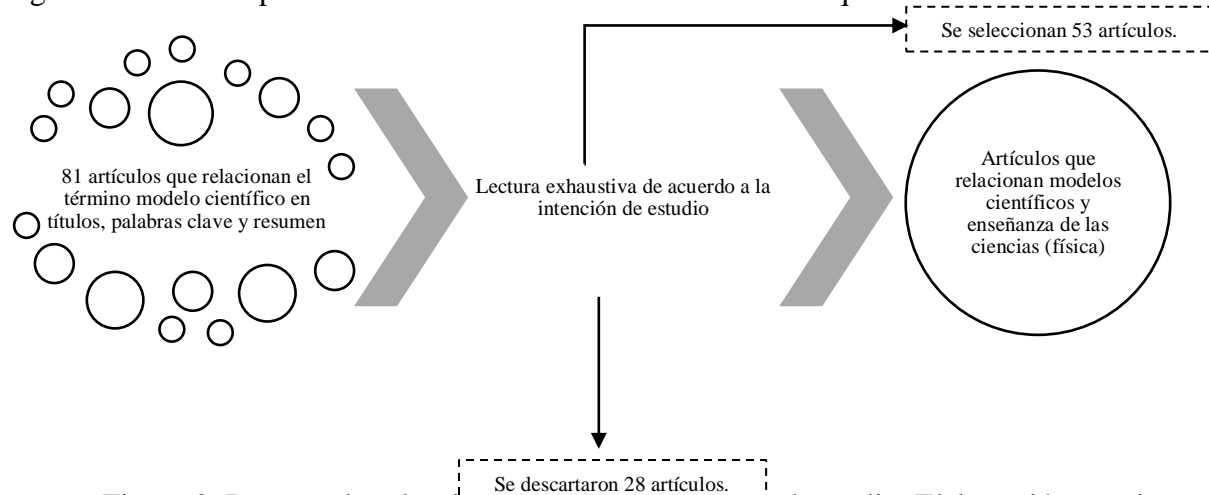


Figura 2. Proceso de selección de artículos para el estudio. Elaboración propia.

Con este número de artículos se procedió nuevamente a realizar la lectura para seleccionar afirmaciones que tuviesen relación con los criterios de redefinición. Se seleccionaron 448 afirmaciones relacionadas con la intención del estudio.

Seguidamente se agrupó analizando a qué pregunta de acuerdo con la intención del estudio respondía cada afirmación elegida. De esta forma se trató de agrupar cada afirmación según los interrogantes propuestos. Cada interrogante posteriormente se asumió como categoría. El proceso llevado a cabo para tal clasificación se ilustra a continuación. Ver figura 3.

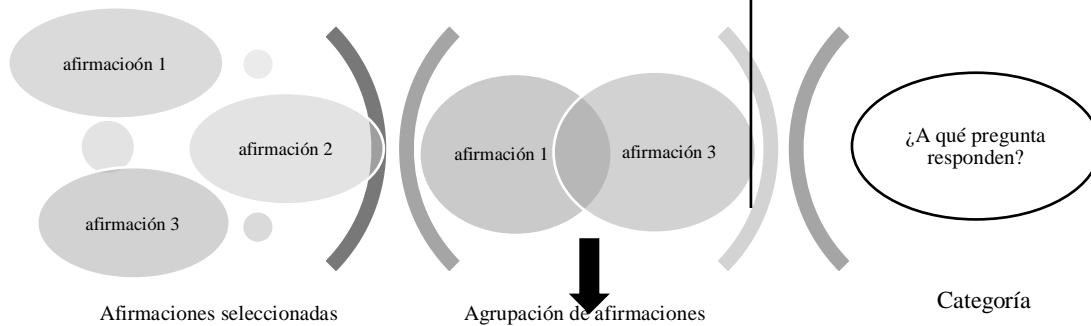


Figura 3. Proceso para la clasificación de afirmaciones en categorías. Elaboración propia

Atendiendo a esta organización metodológica, fueron definidas tres categorías denominadas: ¿Qué se entiende por modelo? ¿Qué permite un modelo en la ciencia? ¿Qué permite un modelo en la ciencia escolar? Posteriormente se realizó otro análisis de contenido y se consideró reagrupar en subcategorías las afirmaciones anteriormente categorizadas. Es así como surgen nuevos elementos para realizar el análisis en concordancia con los objetivos del estudio.

Resultados

La intención principal del estudio, fue delimitar un marco conceptual sobre modelos científicos en la enseñanza de las ciencias (física). El presente estudio se desarrolló siguiendo un tipo de investigación fundamentada en el análisis de contenido como enfoque que incluye procedimientos para recopilar y analizar de forma diversa datos cualitativos (Fernández, 2002). En primer lugar, se presenta la relación de revistas frente al número de artículos seleccionados con su respectiva procedencia. Ver gráfico 1.

Estados Unidos	España	Argentina	Brasil
Science and Education	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	Revista de Enseñanza de la Física	Ciência & Educação
International Journal of Science Education	Revista Electrónica de enseñanza de las ciencias	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	Ensino de Física
	Enseñanza de las Ciencias		Colombia
			Tecné, Episteme y Didaxis

Gráfico 1. Procedencia de los artículos seleccionados para el estudio. Elaboración propia.

La lectura de los 53 artículos permitió seleccionar 448 afirmaciones que se agruparon en tres categorías como ya se dijo anteriormente. El siguiente cuadro muestra la clasificación de las afirmaciones en las categorías que se determinaron de acuerdo el análisis respectivo. Ver cuadro 1.

Categoría	Afirmaciones
¿Qué se entiende por modelo?	199
¿Qué permite un modelo en la ciencia?	151
¿Qué permite un modelo en la ciencia escolar?	123

Cuadro 1. Clasificación de las afirmaciones en categorías. Elaboración propia

Algunas afirmaciones se clasificaron en las tres categorías, por lo cual la suma total de las afirmaciones en la tabla anterior totaliza más de 448 afirmaciones. En el presente documento, se ha decidido mostrar los resultados en dos categorías, de tal manera que el análisis que se presenta a continuación, expone los resultados para las categorías ¿Qué se entiende por modelo? y ¿Qué permite un modelo en la ciencia?

Para la categoría ¿Qué se entiende por modelo? se seleccionaron 199 afirmaciones. Se procedió a clasificarlas en torno a qué tipo de postura epistemológica correspondían, según las referenciadas para el estudio, es decir, clásicas o contemporáneas. Esta segunda clasificación se denominó subcategoría. Se seleccionaron en total 39 afirmaciones que corresponden a posturas epistemológicas clásicas, en tanto, 160 corresponden a posturas epistemológicas contemporáneas. Ver cuadro 2.

Categoría	Subcategoría	Ejemplo	Cantidad de afirmaciones
¿Qué se entiende por modelo?	Epistemología clásica	[...] un modelo científico es una mera copia (es decir, no mediada) (reducida, estática, simplificada, bidimensional o cualquier otra variante en el estilo) del objeto real que se está estudiando (Adúriz-Bravo, 2013)	39
	Epistemología contemporánea	Los modelos científicos son considerados representaciones idealizadas y simplificadas de la realidad, diseñados para describir, predecir y/o explicar una cierta situación problema relacionada con algún aspecto del mundo (López, Veit, y Araujo, 2016)	160

Cuadro 2. Afirmaciones agrupadas en la categoría ¿Qué se entiende por modelo? Fuente: Elaboración propia.

Luego de un análisis posterior se determinó que las afirmaciones en esta categoría y subcategorías podían seguirse clasificando de acuerdo a su caracterización atendiendo a algunos elementos

propuestos por Adúriz Bravo y Ariza (2014). Esta se asumió como subcategoría 2 (SC2). El cuadro no. 3 muestra la clasificación realizada y la distribución de las afirmaciones en cada una de ellas:

Categoría	Subcategoría 1 (SC1)	Subcategoría 2 (SC2)	Ejemplo	No. de afirmaciones
¿Qué se entiende por modelo?	Epistemología clásica	Modelo como ejemplo de teoría	Un péndulo es un objeto real que (mejor) ejemplifica la noción física de oscilaciones armónicas (Adúriz Bravo, 2013)	13
		Modelo como copia de la realidad	Estos estudios indicaron que los estudiantes conciben a los modelos como: (a) copias de la realidad [...] (Raviolo, Ramírez y López, 2010)	14
		Modelo como expresión matemática	[...] "el modelo se define como algo que satisface exactamente las ecuaciones (Ariza, Lorenzano, y Adúriz-Bravo, 2016)	11
	Epistemología contemporánea	Modelo como representación	[...] un modelo es algo que representa alguna otra cosa (Oh y Oh, 2011)	72
		Modelo como facilitador para comprender el mundo	Usando esta definición de modelo, los estudiantes pueden comprender que estos son representaciones del mundo [...] para [...] facilitar su comprensión, [...] (Godoy, 2018)	25
		Modelo como herramienta	[...] los modelos conceptuales serían herramientas para el entendimiento y/o para la enseñanza de sistemas físicos [...] (Galagovsky, Di Giacomo, y Castelo, 2009)	15
		Modelo como similar a	Un modelo es similar al mundo solo en el aspecto previsto y en el grado de exactitud previsto (Oh y Oh, 2011)	25
		Modelo como mediador	El resultado de este proceso es un modelo que actúa como intermediario entre el individuo y su mundo, posibilitando su comprensión, su interpretación y su actuación en él (Guarín, Moreno, y Ramírez, 2016)	15
		Modelo como parte de una teoría o familia de modelos	[...] los modelos engloban otros modelos, conformando así las teorías. (Blanco y de Bustamante, 2017)	15

Cuadro 3. Clasificación de las afirmaciones en subcategorías (SC1) y (SC2). Elaboración propia

La segunda categoría ¿Qué permite un modelo en la ciencia? agrupa afirmaciones referidas al trabajo que adelantan los sujetos que participan en la construcción de las explicaciones sobre fenómenos del mundo usando modelos científicos, pero no necesariamente lo hacen desde la enseñanza o la didáctica de las ciencias naturales. Cuando, por ejemplo, los científicos se ocupan de estudiar algunos fenómenos del mundo natural mediante modelos científicos, se introduce nueva información que ayuda a aumentar el parecido entre ellos (Adúriz Bravo y Ariza, 2014).

En esta selección se identificaron 151 afirmaciones que posteriormente fueron clasificadas en subcategorías de acuerdo con su caracterización, similarmente a la manera en que se realizó para la categoría anterior. El procedimiento se muestra a continuación. Ver cuadro 4.

Categoría	Subcategorías	Ejemplos	No. de afirmaciones
¿Qué permite un modelo en la ciencia?	Ejemplificar una teoría	[...] el Sistema Solar sería un modelo de la mecánica clásica newtoniana [...] (Adúriz Bravo e Izquierdo, 2009).	21
	Explicar fenómenos/comportamientos	[...] usar el modelo para producir explicaciones de fenómenos (Tay y Yeo, 2018.p. 4)	62
	Predecir fenómenos/comportamientos	Desde un punto de vista predictivo, el modelo se utilizaba para explicar, cualitativamente, las valencias de los elementos, la ley periódica y algunos fenómenos radioactivos (Domenech, Savall y Martínez-Torregrosa, 2013.p. 34)	32
	Describir fenómenos/comportamientos	[...] la idea es utilizar el mismo modelo para realizar tanto la descripción cuántica de las detecciones discretas (y el patrón que forman) como la descripción de la formación de los máximos y mínimos del experimento utilizando luz monocromática sin atenuar (Fanaro y Arlego, 2018.p.68)	22
	Simular/representar fenómenos observables y no observables	El modelo didáctico que se presenta en este trabajo pretende simular la expansión del fondo oceánico y la formación de cordilleras debido a los movimientos convergentes de una placa oceánica [...] (Castelhano, Madaleno y Azinhaga, 2013.p.121)	27
	Conecta al fenómeno con la teoría –es un facilitador	La función de los modelos es justamente mediar la relación entre teoría y realidad (Brandão, Araujo, Veit, y Da Silveira, 2011.p. 49)	24
	Establecer similaridad con los fenómenos reales	Un modelo es similar al mundo solo en el aspecto previsto y en el grado de exactitud previsto. En otras palabras: "si un modelo fuera exactamente como su objetivo, no sería un modelo sino una copia" (Oh y Oh, 2011.p.92)	16
	Intervenir en el mundo	[...]los modelos funcionan como mediadores entre la teoría y el empiria y como facilitadores de nuestra representación e intervención sobre la realidad (Adúriz Bravo, 2013.p.1597)	13
	Comprender fenómenos	[...] el análisis teórico que puede obtenerse en los procesos de acercamiento al conocimiento de la Mecánica Cuántica [...] se encuentran ligados a la construcción de modelos científicos que describen los elementos necesarios para la comprensión de un fenómeno característico (Céspedes, y Tuay, 2018).	32

Cuadro 4. Clasificación de las afirmaciones de la categoría ¿Qué permite un modelo en la ciencia? en subcategorías. Elaboración propia.

Conclusiones

A partir de los análisis realizados se concluye que se identificaron visiones epistemológicas clásicas y contemporáneas sobre el término modelo científico, y dada su polisemia se puede caracterizar atendiendo a diversas propuestas entre las cuales la mayoría están relacionadas con perspectivas modelísticas de la concepción semántica de las ciencias. La producción académica abordada para el estudio evidencia que los modelos científicos son en mayor proporción entendidos como representaciones que se parecen a los fenómenos que intentan estudiar, por lo cual funcionan como facilitadores o intermediarios para comprender el mundo.

El término “modelo científico” se interpreta según las visiones epistemológicas de quienes los estudian y trabajan. En este sentido, el escenario científico para ayudar en la construcción de una ciencia fundamentada depende de la manera epistémica como son entendidos: como instrumentos para pensar y comunicarse, para facilitar la comprensión de un fenómeno y para la explicación de una teoría, mientras que en otras los modelos se presentan como copias de la realidad, por lo que la función que cumplen los modelos científicos en la ciencia está en reciprocidad con la postura epistemológica con la que aborda el estudio de fenómenos.

Finalmente se puede afirmar que, a partir de los análisis realizados, se evidencia el interés de los investigadores por mostrar la importancia de vincular los modelos científicos con el mundo natural aproximándolos a él en algunos aspectos que le son de interés para su comprensión, logrando de esta forma revertir la mirada hacia el valor que tienen los modelos desde lo epistemológico (naturaleza del modelo) y didáctico (intencionalidad del modelo) cuando se comunica el contenido científico, permitiendo acudir a una potente forma de apropiación de un saber disciplinar, en este caso relacionados con la física.

Bibliografía

- Adúriz-Bravo, A e 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(3), 40-49. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882642.pdf>
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A ‘Semantic’ View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education* (22):1593–1611. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9431-7>
- Amador Rodríguez, R. Y., & Adúriz-Bravo, A. (2013). Consensos y disensos en torno al concepto de naturaleza de la ciencia (nos) en la comunidad iberoamericana de didáctica de las ciencias. *Revista Científica*, 15(1), 30–46. <https://doi.org/10.14483/23448350.3936>
- Brandão, R. V., Araujo, I. S., Veit, E. A., y Da Silveira, F. L. (2011). Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 43-61. <https://www.redalyc.org/pdf/2733/273319419005.pdf>
- Castelhano, P. C. D. A. M., Madaleno, I. D. C. G., & Azinhaga, P. A. F. (2013). ¿La tierra crece?; Tal vez! *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(1), 120-132. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92025707011>

- Céspedes, Y., & Tuay, N. (2018). Modelización en mecánica cuántica desde la contextualización. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*.
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8941>
- Develaki, M. (2017). Using computer simulations for promoting model-based reasoning. *Science & Education*, 26(7-9), 1001-1027. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9944-9>
- Domenech Blanco, J. L., Savall Alemany, F., & Martínez-Torregrosa, J. (2013). ¿Los libros de texto de bachillerato introducen adecuadamente los modelos atómicos de Thomson y Rutherford? *Enseñanza de Las Ciencias*, 31(1), 0029–43.
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/324227>
- Fanaro, M. D. L. A., & Arlego, M. J. F. (2018). Difracción de la luz desde un enfoque cuántico: una propuesta para la escuela secundaria. *Revista de Enseñanza de la Física*; 30(1) 63-74
- Galagovsky, L., Di Giacomo, M., y Castelo, V. (2009) Modelos vs dibujos. El caso de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 1-22
https://www.academia.edu/download/47581714/art1_vol8_n1.pdf
- Jaime, E. A. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(3), 371-380. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.167>
- Machado, J., & Braga, M. A. B. (2016). Can the History of Science Contribute to Modelling in Physics Teaching? *Science & Education*, 25(7-8), 823-836.
- Oh, P. S., y Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Quiroga, N. B., & Coleoni, E. (2016). Análisis de las intervenciones de un docente mientras enseña a modelizar. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28, 211-217.
- Raviolo, A., Ramírez, P., & López, E. A. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 591-612.
- Tay, S y Yeo, J. (2018) Análisis de las 'microacciones' pedagógicas de un profesor de física que apoyan el aprendizaje de diagramas de cuerpo libre por parte de los jóvenes de 17 años a través de un enfoque de modelado. *International Journal of Science Education*. 40 (2), 109-138. DOI: <https://10.1080/09500693.2017.1401752>
- Williams, G., & Clement, J. (2015). Identifying multiple levels of discussion-based teaching strategies for constructing scientific models. *International Journal of Science Education*, 37(1), 82-107. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.966257>