

# FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA MODELIZACIÓN Y LA ARGUMENTACIÓN PARA EL DISEÑO DE UNIDADES DIDÁCTICAS QUE ABORDAN EL TÓPICO DE MATERIA Y SUS PROPIEDADES

THEORETICAL FOUNDATIONS OF MODELLING AND ARGUMENTATION FOR THE DESIGN OF DIDACTICAL UNITS THAT ADDRESS THE TOPIC OF MATTER AND ITS PROPERTIES

**CARLOS ALBERTO DÍAZ GUEVARA<sup>1</sup>**

**EDWARD ACOSTA ORTÍZ<sup>1</sup>**

**JHON DEIVI ACOSTA PAZ<sup>1</sup>**

**AGUSTÍN ADÚRIZ-BRAVO<sup>1,2</sup>**

Eje temático: Relaciones entre aspectos metadisciplinarios (epistemológicos, filosóficos, sociológicos y ontológicos) de la educación en ciencia y tecnología.

Modalidad: Ponencia Comunicación Oral.

1277

## Resumen

El presente trabajo recupera algunos fundamentos metacientíficos que la epistemología y la historia de la ciencia aportan a una enseñanza de la química centrada en la modelización y en la argumentación. Se realiza una primera revisión teórica en la que se caracterizan los alcances que han tomado las nociones de modelización y argumentación científicas escolares, especialmente de cara al diseño y evaluación de unidades didácticas que abordan el tema de propiedades de la materia. Se pretende de esta manera fundamentar estrategias didácticas que procuren un impacto significativo en las aulas.

Palabras Clave: Modelos, modelización, argumentación científica escolar, unidad didáctica y enseñanza de la química.

## Abstract

The present article retrieves some of the meta-scientific foundations that the philosophy and history of science contribute to chemistry teaching, centered in modelling and argumentation. A preliminary theoretical review is carried out, that characterizes the reach of the notions of school scientific modelling and argumentation, especially in the design and evaluation of didactic units that address the subject of properties of matter. The purpose is to provide foundations to didactical strategies aiming at a significant impact in the classrooms.

---

<sup>1</sup> -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.

<sup>2</sup> - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas



Keywords: Models, modelling, school scientific argumentation, didactical unit, and chemistry teaching

## Introducción

El objetivo central de este trabajo es realizar un encuadre teórico que vincule modelización con argumentación en el diseño de unidades didácticas que aborden los temas de propiedades de la materia, para responder a este objetivo y en consonancia con los hallazgos más actuales de la epistemología y la historia de la ciencia actuales, que apuntan a que el desarrollo de la ciencia no es en forma lineal, sino a través de la competencia entre diversos puntos de vista en controversia o conflicto, que conducen a un aumento del poder explicativo de las teorías (Páez, Rodríguez y Niaz, 2004), es aquí, en esta segunda imagen de ciencia, que es más consistente con la epistemología y la historia de la ciencia vigentes, donde los procesos de modelización y de argumentación cobran roles centrales; Por otra parte, una línea de investigación muy potente en la didáctica de las ciencias naturales se establece sobre las denominadas “Unidades Didácticas” (UD); para esta línea, las UD muestran un interesante “carácter dual” que involucra objetivos de investigación didáctica y objetivos en relación con la enseñanza del contenido disciplinar.

Con base en las consideraciones anteriores, nos planteamos una pregunta para el desarrollo de este trabajo, que se ira respondiendo de manera implícita en los diferentes apartados: ¿Qué efectos podría tener la introducción de algunos aspectos de modelización y argumentación en la adquisición de un modelo científico escolar metacientíficamente robusto para el tópico químico de propiedades de la materia?

1278

Díaz Guevara, C. A.; Acosta Ortiz, E.; Acosta Paz, J. D. y Adúriz-Bravo, A.; (2020). Fundamentos teóricos de la modelización y la argumentación para el diseño de unidades didácticas que abordan el tópico de materia y sus propiedades. Revista Electrónica EDUCV. Vol. Extra. pp. 1277-1288.



## Metodología

En este trabajo como metodología central, nos abocamos entonces a realizar un encuadre teórico que vincule la modelización y la argumentación en la fundamentación del diseño de unidades didácticas, a fin de avanzar en la discusión (resultados) sobre cuáles son las mejores estrategias para la adquisición de un modelo científico escolar metacientíficamente robusto para el tópico químico de propiedades de la materia.

Necesitamos retomar algunas de las bases teóricas disponibles en el campo de la didáctica de las ciencias que resaltan la importancia del desarrollo de unidades didácticas y de los procesos de modelización y argumentación como estrategias innovadoras para la mejora de la calidad de la formación científica del profesorado.

Obstáculos en el aprendizaje del tópico propiedades de la materia:

Este apartado toma referencia de anteriores investigaciones que evidencian obstáculos en el aprendizaje del tópico de materia y sus propiedades, esto con el fin de fundamentar futuras intervenciones didácticas que procuren un aprendizaje significativo.

Según Castillo (2015), los estudiantes de química, de cualquier nivel escolar, la consideran difícil de entender, pues es vista como un compendio de especificidades, con lenguaje abstracto y complejo, cargado de simbología, manejo de fórmulas, ecuaciones, nomenclatura y algoritmos matemáticos, lo que hace complejo el análisis y la apropiación de la información. Tomando las palabras de Nakamatsu (2012):

1279



(...)“El estudiante percibe la química como un conjunto estático de dogmas y paradigmas escritos en textos y los acepta así, sin comprender su carácter vivo y evolutivo. El objetivo de los cursos de química no se limita a la asimilación de hechos, teorías y fórmulas, se debe más bien enfatizar la razón e importancia de este conjunto interrelacionado de conocimientos tiene para nuestras vidas y para nuestro futuro, así como enseñar a los estudiantes a observar y cuestionar su propio entendimiento de la realidad”

1280

En el caso específico del tópico de materia, las dificultades están en que el estudiante pueda dar explicaciones a los fenómenos y sucesos y a las propiedades macroscópicas trasladando o imaginando unas explicaciones submicroscópicas (con partículas). En este sentido, Llorens (1988) ha caracterizado, en alumnos de edades comprendidas entre 11 y 16 años, la tendencia a atribuir las propiedades macroscópicas a las partículas, dando lugar a explicaciones tales como el aumento del tamaño de las moléculas por el efecto de la dilatación; esta dificultad hace que se delimite la realidad o la experiencia por medio de los sentidos, propendiéndose a generar imágenes ingenuas o incorrectas de la materia, las cuales pueden quedarse fijas durante el proceso escolar.

### **Unidad didáctica:**

El diseño de una unidad didáctica (UD) es la actividad más importante que llevan a cabo los profesores, es por esto que resulta importante tomar referencia del planteamiento de Digna Couso (2011), entiende que cualquier UD es el documento por excelencia para la planeación de situaciones de enseñanza y que, por tanto, incluye respuestas fundamentadas a las siguientes cuestiones: qué contenidos



se trabajan en concreto, en qué contexto, con qué objetivos y en qué orden, y de qué forma se llevan a cabo y evalúan cada una de las actividades que se realizan para enseñar los contenidos curriculares tratados.

Un enfoque muy pertinente para la fundamentación y validación de UD, es el de Méheut y Psillos (2004), quienes plantean que existen dos dimensiones en el diseño de estas, la primer dimensión sería la didáctica, que relaciona procesos de enseñanza y de aprendizaje, mostrando el tipo de elecciones que debe hacer el profesor posterior a un análisis de contenido frente a una temática en particular; la segunda es la dimensión epistemológica, donde la unidad caracteriza el conocimiento con respecto al mundo material para dar cuenta de la validez del conocimiento erudito o de su versión escolar.

1281

Una propuesta muy interesante que contiene estos enfoques es la expuesta por Marchán-Carvajal y Sanmartí (2015), en su trabajo, abordan un tema de especial importancia en la enseñanza de la química: La modelización de la estructura de los átomos, usando como contexto una propiedad de la materia, la radiación; lo más potente de este diseño es que permite, a través de la diversidad de contextos, que el estudiante construya un modelo teórico para la estructura atómica que le permita interpretar fenómenos diversos.

### **Modelización:**

Un tema vertebral de este trabajo, es el de los modelos y la modelización en la enseñanza de Química. Acordamos con que hoy en día, para el trabajo en las aulas de ciencias naturales, lo más importante es pensar sobre ciertos hechos-claves reconstruidos teóricamente que



den sentido al mundo que nos rodea, para ello, adherimos a la concepción muy potente de modelo científico expuesta por Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009), quienes lo definen como:

(...) “cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando, califica de modelo teórico: no solo los modelos altamente abstractos más elaborados, sino también las maquetas, las imágenes, las tablas, los grafos, las redes, las analogías... siempre que habiliten, a quien los usa, a describir, explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros “calcos” fenomenológicos del objeto subrogado. No solo los modelos altamente abstractos más elaborados, sino también las maquetas, las imágenes, las tablas, los grafos, las redes, las analogías... siempre que habiliten, a quien los usa, a describir, explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros “calcos” fenomenológicos del objeto subrogado.”

En Adúriz-Bravo, Labarca, y Lombardi (2014), el modelo científico se puede caracterizar como “mediador” entre realidad natural y predicación científica, es decir, como aquello que permite la aplicación múltiple de una teoría científica al mundo. Un modelo no es una copia de un sistema real, ya que pueden existir algunas variables del sistema real que no se toman en cuenta en dicho modelo y hay variables del modelo que no se correlacionan con el sistema real. En la enseñanza de la química, un ejemplo es el de las estructuras químicas; aquí, los modelos que existen para explicar enlace químico serían un “mapa” sustentado por “reglas de juego” en torno a la interacción entre átomos dentro de una molécula. En otras palabras, la química “requiere” que exista el enlace químico para describir las distintas presentaciones estructurales de los materiales del mundo. Con este



ejemplo pretendemos mostrar que una enseñanza de la química basada en modelos tendría gran influencia sobre la práctica efectiva en las aulas de química de todos los niveles.

Centrándonos ahora en la modelización, es muy importante aclarar que diferentes perspectivas teóricas en la didáctica de las ciencias plantean que el profesorado debería introducir la modelización como elemento central de la “actividad científica escolar” (Izquierdo-Aymerich et al., 1999), entendiéndose como la producción de explicaciones en torno a problemas que quedarían fundamentadas en la aplicación de modelos científicos escolares.

Teniendo en cuenta estas perspectivas teóricas, conceptualizamos que la modelización puede ser un proceso de producción o construcción de modelos o también un proceso de uso y manipulación de modelos (Gilbert y Justi, 2016). La modelización puede, por tanto, manifestarse en múltiples niveles (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009): 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 nuevas ideas, o el ejercicio intelectual de aplicar modelos ya existentes para explicar hechos en un entorno de enseñanza.

Para el diseño de las UD de química, asumimos entonces la modelización como un proceso complejo cuyo desarrollo exige toda una gama de competencias: además del conocimiento y el dominio específico del contenido, involucra estrategias y destrezas y determinados compromisos epistemológicos. Al modelizar, el estudiante argumenta sobre unos hechos clave, reconstruidos

teóricamente, para dar sentido a los fenómenos reconocidos como del “ámbito químico”; para ello hace un uso “social” de modelos químicos que le permiten representar y explicar el comportamiento de la materia tanto macroscópicamente como microscópicamente.

### **Argumentación:**

Dentro de la revisión teórica que nos planteamos, otro elemento constitutivo es la argumentación. Diversas líneas de investigación didáctica vienen trabajando aspectos relacionados con los procesos de argumentación como eje fundamental para la modelización y la comunicación del conocimiento científico escolar dentro del aula. Esos marcos teóricos de la didáctica están apoyados desde la lingüística y la epistemología, cuyos aportes nos permiten caracterizar la argumentación como la herramienta central de la ciencia para construir relaciones sustantivas entre modelos y pruebas o evidencias.

La ciencia avanza a través de diálogo y disputa entre los científicos, que usan argumentos para explicar el mundo “aplicándole” las teorías. De allí es que nosotros reivindicamos la necesidad de enseñar explícitamente la naturaleza de la argumentación científica como competencia: creemos que resulta indispensable hacer ver a los estudiantes que la elaboración y la evaluación colectiva de argumentos constituyen el corazón de la empresa científica (Erduran, Simon & Osborne, 2004). Según Erduran & Jiménez-Aleixandre (2007) la inclusión sistemática de la argumentación en las clases de ciencias permite: desarrollar procesos cognitivos de orden superior, “enculturar” científicamente al estudiantado y lograr pensamiento crítico.

1284

Díaz Guevara, C. A.; Acosta Ortíz, E.; Acosta Paz, J. D. y Adúriz-Bravo, A.; (2020). Fundamentos teóricos de la modelización y la argumentación para el diseño de unidades didácticas que abordan el tópico de materia y sus propiedades. *Revista Electrónica EDUCV. Vol. Extra. pp. 1277-1288.*



A cuenta de esta centralidad de la argumentación en la enseñanza de la química escolar, resulta necesario incorporar actividades de corte argumentativo en los programas curriculares. Según Sardà y Sanmartí (2000), la argumentación permite relacionar los contenidos científicos con problemáticas reales a través del trabajo cooperativo.

La argumentación dentro de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en el ámbito escolar permite ir más allá de “expresar adecuadamente” los conceptos de ciencia: también implica, como lo plantea Jiménez Aleixandre (1998), dar oportunidades de confrontar fenómenos, hipótesis e intervenciones a la luz de los modelos teóricos normativos de referencia. Así entendida, la argumentación involucra al estudiante en el mundo de la ciencia desde su contexto.

1285

### **Conclusiones**

Este trabajo solamente avanza sobre la caracterización teórica de las nociones de unidad didáctica, modelización y argumentación, intentando mostrar explícitamente relaciones fuertes entre ellas. Se complementa, en una segunda fase en progreso, con una recopilación bibliográfica de unidades didácticas de química en las que se ponen al estudiantado en situación de modelizar y argumentar.

Reconocemos la modelización como una competencia científica escolar que se ha de integrar con la argumentación; tal integración va a permitir valorar las diferentes explicaciones que se propongan en el aula a través de examinar sus hipótesis, datos, pruebas, respaldos teóricos, argumentos robustos y herramientas de convencimiento. Así entendida, la modelización funcionará como mediadora para la



aplicación de las teorías en el mundo material, dando valor al componente teórico de la ciencia, que hemos considerado aquí como una “conquista humana” que los currículos de ciencias prescriben transmitir a las nuevas generaciones.

En nuestras UD en construcción, se mantiene como orientación teórica fuerte la integración fructífera entre modelización y argumentación, en consonancia con nuestra aproximación didáctica fuertemente anclada en lo epistemológico. Tal aproximación considera que los argumentos proponen una manera de ver el mundo (una “mirada teórica”) y por tanto, por definición, ponen en acción un modelo como “mapa de mundo”. Desde nuestra perspectiva, es requisito casi indispensable organizar las unidades en torno a una genuina actividad científica escolar en la que se entiendan los argumentos como una exposición de las “buenas razones” en favor de la pertinencia de un modelo para explicar un fenómeno bajo estudio.

1286

### Referentes bibliográficos

- 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, 40-49.
- Adúriz-Bravo, A., Labarca, M. y Lombardi, O. (2014). Una noción de modelo útil para la formación del profesorado de química. En C. Merino, M. Arellano & A. Adúriz-Bravo (Ed.), *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes*, 1a. edición, Ediciones Universitaria de Valparaíso, Valparaíso, Chile, pág. 37-49.
- Couso, D. (2011). «Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Didáctica de la física y química*. Barcelona. Graó.

Díaz Guevara, C. A.; Acosta Ortíz, E.; Acosta Paz, J. D. y Adúriz-Bravo, A.; (2020). Fundamentos teóricos de la modelización y la argumentación para el diseño de unidades didácticas que abordan el tópico de materia y sus propiedades. *Revista Electrónica EDUCV. Vol. Extra. pp. 1277-1288.*



- Castillo, L. A. (2015). Propuesta metodológica para la enseñanza-aprendizaje del concepto de materia y sus propiedades a partir de situaciones cotidianas (Magister). Universidad Nacional de Colombia.
- Erduran, S., Simon, S., & J. Osborne, (2004). Tapping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studyn Science Discourse. *Science Education*. 88, 915-933.
- Erduran, S. & Jiménez-Aleixandre, M. (2007). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*, New York, Springer,
- Gilbert J. K., Justi R. (2016) *Modelling-based teaching in science education*. Switzerland: Springer
- Izquierdo-Aymerich, M., Sanmartí, N., Espinet, M., García, M.P. y Pujol, R.M. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar: Enseñanza de las Ciencias, núm. extra, pp. 79-92
- Jiménez Aleixandre, M.P. (1998). Diseño curricular : indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, V. 16 N. 2 , p. 203-216
- Llorens, J.A. (1988). La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje, *Investigación en la escuela*, 4, 33-48,
- Marchán-Carvajal, I. y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: Aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26(4), 267-274.
- Méheut, M. & Psillos, D. (2004) Teaching and learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Nakamatsu, J. (2012) Reflexiones sobre la enseñanza de la Química. *Revista En blanco y negro* 3,2. 38-45.



Páez, Y., Rodríguez, M. y Niaz, M. (2004). "Los modelos atómicos desde la perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato", *Investigación y Postgrado*, vol. 19, núm. 1, pp. 51-77.

Sardá, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (18), 405-422.

1288

Díaz Guevara, C. A.; Acosta Ortiz, E.; Acosta Paz, J. D. y Adúriz-Bravo, A.; (2020). Fundamentos teóricos de la modelización y la argumentación para el diseño de unidades didácticas que abordan el tópico de materia y sus propiedades. *Revista Electrónica EDUCV1. Vol. Extra. pp. 1277-1288.*

