

# LOS MODELOS TEÓRICOS PARA LA CIENCIA ESCOLAR.

## Un ejemplo de Química

IZQUIERDO, MERCÈ<sup>1</sup> y ADÚRIZ-BRAVO, AGUSTÍN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona <merce.izquierdo@uab.es>

<sup>2</sup> Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

---

**Palabras clave:** Modelo teórico; Modelización; Modelo cognitivo de ciencia; Ciencia escolar; Currículo.

### OBJETIVOS

El objetivo de esta comunicación es reflexionar sobre las aportaciones que la idea epistemológica de *modelo teórico* (MT) puede hacer a la enseñanza de las ciencias y a la formulación de los currículos. Analizamos el Modelo de Cambio Químico, un ejemplo de MT aplicado a la enseñanza de la química. Con ello, reinterpretamos el concepto de modelo teórico, proveniente de la filosofía de la ciencia actual, para intentar diseñar procesos de modelización en la enseñanza de las ciencias, dando por supuesto que en la clase se lleva adelante una auténtica *actividad científica escolar* (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003).

### INTRODUCCIÓN

En esta comunicación desarrollamos nuestras ideas sobre los Modelos Teóricos. Pretendemos mostrar las características del concepto de ‘modelo teórico’ aplicado a la clase de química y las aportaciones concretas que pueden esperarse de una intervención docente de ‘modelización teórica’, muy diferente de la descripción de los cambios químicos como un ‘baile de átomos’ que es bastante habitual en los libros de texto.

En concreto, analizamos los resultados de un curso de química del currículo de formación de los maestros de infantil y primaria de la Universidad Autónoma de Barcelona, diseñado a partir del ‘Modelo Cambio Químico’ (MCQ) y desarrollado según un proceso de modelización.

La idea principal que sostenemos y desarrollamos es que los conceptos químicos, como ocurre con los otros conceptos fundamentales de las diferentes disciplinas científicas, no tienen significado si se desconectan de la intervención química en la naturaleza (sus problemas, sus finalidades, sus limitaciones) y que, por lo tanto, lo primero que se ha de proporcionar al alumnado no son definiciones de las entidades químicas ni fenómenos ya explicados mediante sus lenguajes específicos sino ‘la manera de mirar’ propia de la química, que ve en el mundo un tipo de cambio que le interesa y en el que puede intervenir, que es diferente de otro tipo de cambios (físicos, biológicos, geológicos...).

La reflexión que presentamos aquí nos permite también comparar nuestro concepto de MT con otras acepciones del término ‘modelo’ que se utilizan frecuentemente en Didáctica de las Ciencias. Con ello contri-

bujimos a clarificar un término que es actualmente muy importante para la educación científica de los estudiantes y de los profesores.

Según Erduran y Dusch (2004), el modelo es una representación gracias a la cual se utiliza algo que ya se comprende. Nosotros proponemos una actividad docente que consiste en identificar las ‘reglas’ que cumplen algunos ‘hechos ejemplares químicos’ (que constituyen una versión inicial del Modelo Teórico ‘Cambio Químico’) para explicar otros cambios en el mundo que podrían ser químico o no serlo.

Por esto, porque el mismo modelo es un Hecho (aunque idealizado), el MCQ proporciona al alumnado la manera de mirar el mundo que permite identificar en él ‘cambios químicos’ que tienen unas determinadas características en común .

## MARCO TEÓRICO

Nos situamos en las escuelas de la filosofía de la ciencia contemporánea conocidas como *visión basada en modelos y giro cognitivo* (Suppe, 2000). Nos interesa recuperar el modelo cognitivo de ciencia de Giere (1988) y otras aportaciones acerca de la naturaleza axiológica (cargada de valores) y *praxiológica* (dirigida por intenciones prácticas) de las ideas científicas.

Según estas concepciones filosóficas, las ciencias proponen modelos del mundo que se adaptan con gran precisión a las intervenciones experimentales que ellas persiguen y que generan lenguajes específicos altamente abstractos y “compactados”. Aunque estos modelos son creaciones intelectuales humanas, no son arbitrarios, sino que se ajustan a los fenómenos por medio de relaciones de semejanza expresadas en *hipótesis teóricas* (Giere, 1988).

Los modelos teóricos se vinculan unos con otros hasta llegar a formar ‘modelos de los modelos’, o *teorías*, que pueden definirse de manera sumamente abstracta y aparentemente alejada del mundo sensible, pero que también son ‘una familia de modelos’ que contienen hechos ejemplares, interpretados y teóricamente (re)construidos.

Las teorías van estableciendo los límites que condicionan las intervenciones posibles, lo que puede y lo que no puede pasar, es decir, son consecuencia de las ‘reglas del juego’ de una disciplina científica y, a la vez, las justifican. Las teorías hablan sobre el mundo por medio de los lenguajes especializados que permiten comunicar conocimientos sobre las relaciones entre los fenómenos que se ajustan a los modelos teóricos, situados en diversos registros semióticos (texto escrito, gráficas, fórmulas, símbolos, imágenes, simulaciones...).

El ejemplo más claro, en el caso de la química, es la Teoría Atómica Química. Así, los átomos son un modelo para el cambio químico atómica sólo si se presentan asociados a un cambio químico en el que se interviene experimentalmente y que aparece, en consecuencia, idealizado. Para que proporcionen una auténtica explicación, los átomos (estas bolitas de colores unidas por varillas que aparecen en las ilustraciones de muchos libros de química) han de ser ‘átomos químicos’...y para ello se ha de saber química. Por ello, no puede empezarse la enseñanza de la química hablando de átomos, que son una representación del cambio que sólo los especialistas comprenden bien, sino que se ha de empezar por identificar cambios que puedan ser considerados ‘modelos’ de la teoría química. Lo serán si cumplen las reglas del juego de la química cuando se controlan de una determinada manera (mediante instrumentos y operaciones muy específicas):

- las sustancias cambian pero no lo hacen los elementos,
- masa y los ‘elementos’ se conservan,
- las relaciones de masa son constantes,
- las propiedades de los elementos siguen una ley periódica

Si todo ello se cumple, entonces se comprende el significado de las entidades con las que se explican estos cambios concretos : sustancias, átomos, enlaces, iones, propiedades termodinámicas... También es necesario tener en cuenta que una explicación en términos de átomos nunca alcanzará a captar todos los aspectos de los cambios reales que se quieren explicar .

### **El pensamiento teórico en la escuela**

El pensamiento teórico sobre el mundo es una de las aportaciones más importantes de las ciencias a la cultura. Por esto nos parece que ‘enseñar a pensar de manera teórica’ (sin confundir el mundo real con el pensamiento teórico sobre él) ha de ser la finalidad más importante de la educación científica de la ciudadanía. Esta finalidad requiere que el currículo de ciencias esté estructurado en torno a unas pocas ideas teóricas fundamentales, y que estas conecten con el ‘mundo’ en el que viven los estudiantes, que se les muestra a través de los sentidos, de los medios de comunicación y de los espacios de divulgación científica, de los textos escritos y, sobre todo, del pensamiento racional.

Llamamos ‘modelización’ al proceso de transformación del mundo que se produce como consecuencia del pensamiento científico y ‘modelos teóricos’ a las ideas básicas, fundamentales, *irreducibles*, que las ciencias han establecido para pensar sobre los diferentes tipos de fenómenos que estudian (químicos, genéticos, ecológicos, tectónicos, mecánicos, electromagnéticos...).

Los modelos teóricos se concretan (*se representan*) de manera diversa mediante símbolos, ilustraciones, narraciones, maquetas, analogías... A través del proceso de modelización, se transforman algunos fenómenos especialmente relevantes en ‘ejemplares’, ‘epítomes’ o ‘hechos paradigmáticos’. Estos hechos van a representar, en el pensamiento de los estudiantes, concreciones prácticas de las ideas generales abstractas que se van introduciendo en clase. A continuación, los ejemplos reconstruidos teóricamente van a pasar a ser ‘modelos’ para interpretar otros fenómenos similares, estableciendo vínculos entre ellos.

Se dibuja así la actividad científica escolar como la construcción de modelos teóricos a través del pensamiento, la acción y el discurso aplicados a algunos fenómenos cuidadosamente seleccionados por su potencial como ‘ejemplares’ de las ideas teóricas que se van a introducir en clase.

Para lograr este objetivo de dar un sentido profundamente *educativo* a las ciencias, nos parece necesario organizar el currículo procurando que la orientación de las clases sea, en todo momento, altamente *teórica*, pero mostrando siempre la dimensión práctica, comunicativa y valorativa propia de las teorías científicas.

### **DESARROLLO: LA QUÍMICA PARA MAESTROS SEGÚN UN PROCESO DE MODELIZACIÓN TEÓRICA**

La química forma parte de un itinerario específico de ‘ciencias experimentales’ que pueden escoger, entre otros, los estudiantes de magisterio de la UAB y es una asignatura semestral de cuatro créditos. Estos estudiantes no esperan llegar a ‘hacer química’ pero saben que van a tener que enseñarla , como maestros, a los alumnos de primaria. La finalidad docente que nosotros perseguimos, como profesores, es que sean capaces de *hacer química* y vinculen los conceptos químicos que encontrarán definidos en cualquier libro de texto a una actividad que saben controlar. Por esto se planteó un curso de química tomando como guía el MCQ (Izquierdo, 2005) y desarrollado según una metodología docente de ‘modelización’. El objetivo del curso fue ‘entender lo que permite hacer la química para llegar a entender lo que nos dice del mundo’.

La experiencia se llevó a cabo durante el curso 2003-4, en un grupo reducido de 12 alumnas del turno de tarde (la mayor parte de ellas ya trabajaban) que habían escogido esta asignatura como optativa. Las 12 alumnas tenían conocimientos de química muy diferentes. La exploración previa mostró que, en general, sus conocimientos se limitaban a una representación atómica de la naturaleza y a algunas fórmulas y algoritmos como ‘unidad sin dimensiones’ para cambiar unidades. Ninguna de ellas tenía una comprensión

clara de la magnitud 'cantidad de sustancia' ni de su unidad, el mol. El desconocimiento de los aspectos cuantitativos de la química no estaba compensado con un dominio de los aspectos cualitativos, puesto que no reconocían las sustancias a partir de sus propiedades.

El proceso de modelización tenía que conseguir que determinados cambios encajaran en el 'Modelo de Cambio Químico' (MCQ), mientras que otros no lo hacían. Era necesario, en consecuencia, establecer las 'reglas del juego' que, a la vez, limitasen lo que puede hacerse; es decir, era necesario conocer la manera de adquirir evidencias y de hablar y escribir sobre la intervención química. Las entidades químicas (átomos, moléculas, enlaces...) y las fórmulas permitieron hacer razonables y recordar las 'reglas del juego' y elaborar las explicaciones a los fenómenos que se estudiaron en clase.

Fue necesario escoger bien los 'hechos' que se trabajaron en clase puesto que tenían que ser significativos para los estudiantes y para el profesorado, referirse a intervenciones experimentales con sentido y poderse relacionar con otras intervenciones parecidas (puesto que la interpretación se refiere a **'relaciones' entre fenómenos** y nunca a un fenómeno singular). Pero los fenómenos químicos son muy diversos y el estilo de intervención en ellos también lo es (no es lo mismo interpretar la oxidación de una chapa de hierro que la acción del cloro en una piscina) Por ello, los hechos' se han de agrupar alrededor de los representativos de maneras específicas de proceder. Estos 'grupos de hechos' constituyeron lo que llamamos 'Campos Estructurantes del Modelo Teórico' (Ver fig. 1)