

# LOS MODELOS TEÓRICOS EN EL DISEÑO DE UNA “QUÍMICA PARA TODOS”

Cristian Merino

*Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.*

Mercè Izquierdo

*Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales,  
Universidad Autónoma de Barcelona*

**RESUMEN:** El presente trabajo forma parte de uno mayor (Fondecyt 1130759) en cual nos centramos en la aportación teórica que se deriva de las acciones que se llevan a cabo en la actividad experimental en química. Para ello hemos partido de una reinterpretación de las aportaciones de investigadores sobre ‘ideas previas en química’ desde la perspectiva pragmática y funcional propuesta por Brosnan (1990) para identificar las vías de desarrollo de estas ideas a través de un proceso de ‘modelización teórica’ en el cual la experimentación toma una gran importancia. Se presentan aquí nuestros avances en la sistematización de estas ideas y se justifica una propuesta de una programación para la enseñanza de la química a un nivel básico que se contrasta con la que aparece en la mayoría de libros de texto de química.

## OBJETIVOS

- Caracterizar las aportaciones de investigaciones sobre ‘ideas previas en química’ desde una perspectiva pragmática funcional.
- Identificar los fenómenos que son usados para explicitar ideas previas en química’ y su potencial para introducir las reglas de acción y las principales ideas de la química
- Comparar estos fenómenos con los que aparecen en los libros de textos para proponer un nuevo programa que se ajuste a un ‘modelo cambio químico’, en el cual la manera de intervenir en los fenómenos es muy importante.

## MARCO TEÓRICO

Uno de los problemas con los que se enfrentan los profesores de química de manera recurrente es la dificultad de conectar la teoría y la práctica (Taber, 2001). No es lo mismo percibir ‘hechos’ que interpretarlos de manera teórica. Han sido necesarios muchos siglos de trabajo para ir configurando ‘teorías’ que permiten relacionar entre si hechos aparentemente dispares y, con ello, comprender mejor las limitaciones que condicionan nuestra vida y las posibilidades de modificarlas. La enseñanza ‘*para todos*’ debe referirse a esta visión teórica, que no se aprende por pura inmersión en los fenómenos, pero tampoco sin ellos (M. Izquierdo, Calvet, M., Marquez, C., 1993). El problema al que nos referimos

---

consiste en la necesidad de abrir ‘puertas’, allí donde creíamos saberlo todo sobre el *cambio químico* (porque los libros lo dicen: se trata de reordenaciones de átomos) para acceder a una nueva realidad, la de las entidades químicas, que se nos revela a medida que se conocen fenómenos relevantes y se actúa, interviniendo en ellos (Merino & Izquierdo, 2011). Y, para ello, es necesario identificar muy bien por donde debemos empezar y hasta donde podemos llegar, en la enseñanza básica de la Química, para que se pueda aprender lo mejor de los conocimientos actuales sin descuidar ninguna de sus tres dimensiones: *hacer, pensar y comunicar* (Guidoni, 1985).

Es frecuente referirse a la Química diciendo que es una ciencia experimental y creemos que lo es; por ello, está bien enfocar su enseñanza desde esta perspectiva. Pero no puede hacerse tomando como ejemplo los experimentos de los científicos, que se diseñan desde la disciplina, sino que debe hacerse tomando como punto de partida el mundo macroscópico que perciben los alumnos, en el cual pueden intervenir. Lo que debemos enseñarles es lo que la química puede hacer y cómo lo hace, promoviendo la reflexión a lo largo del proceso (M. Izquierdo & Aduriz-Bravo, 2003).

Nos parece oportuno reinterpretar las aportaciones de investigaciones sobre ‘ideas previas en química’ desde una perspectiva pragmática y funcional (Brosnan, 1990) y contrastarlas con las propuestas docentes que nos parecen más relevantes. Llegamos a la conclusión de que los alumnos manifiestan ‘ideas previas’ cuando se enfrentan a ‘cambios reales’ de los que no se habla en los libros y los interpretan desde la perspectiva de la causalidad cotidiana (claro está), mientras que en los libros se les habla de otros fenómenos ya idealizados en términos de átomos y moléculas, que dan lugar a símbolos y fórmulas a partir de los cuales se va a ir introduciendo una nueva causalidad química; se trata pues de otro tipo de fenómeno, que ya no es real sino ‘dibujado’ (Merino & Izquierdo, 2011). Se generan así dos ‘mundos’ paralelos y, en la escuela, se acaba priorizando el segundo, el que ya no refiere al ‘mundo real’. (M Izquierdo, Sanmartí, & Espinet, 1999).

El problema está claro; para resolverlo es necesario pasar de la causalidad cotidiana a la causalidad química sin perder de vista lo ‘real’. Consideramos que esto es posible mediante un proceso de ‘modelización’ que transforme el hecho real en hecho idealizado y esto es posible mediante la intervención experimental, reflexiva y teórica, en algunos fenómenos a su alcance.

## METODOLOGÍA

Para el logro de nuestros objetivos se consideraron los trabajos de Kind (2002), Andersson (1990), Hierrezuelo (1988) y Llorens, (1991). De estos estudios, se seleccionaron 56 ejemplos que centran su atención en explicaciones a fenómenos químicos que proporcionan estudiantes de primaria y de secundaria. Con las explicaciones de estos estudiantes se elaboró una red sistémica (M. Izquierdo, Solsona, N. , Morato, M. T., 1991). La red alberga las principales ideas sobre el cambio químico, focalizando en dos categorías; a) *qué cambia u origina* un cambio químico y b) *por qué* se produce un cambio químico. Cada categoría contiene subcategorías en las que se distribuyen los 56 ejemplos. Posteriormente se redujo el número de subcategorías y se seleccionaron sólo seis de ellas, que se centran en fenómenos que permitían; a) dar cuenta de las explicaciones de los estudiantes, b) los que más se prestaban a ello, c) que permitieran intervenciones reflexivas y d) que fueran apropiados para un proceso de modelización.

## RESULTADOS

Según la teoría química, un cambio químico ocurre cuando átomos (o iones) son reacomodados como reactivos para formar nuevas sustancias (Kind, 2004). Sin embargo, explicado así, el cambio sería invisible. Lo que los alumnos perciben son alteraciones en la apariencia física o el color, la producción de

gas, luz, calor o enfriamiento y las interpretan según otros esquemas, de manera ambigua en muchos casos. Tras clasificar los 56 ejemplos en nuestra red en torno a tipo de transformación (qué cambia) y agentes causales (por qué cambia) sólo 6 subcategorías son las más notables. Estas subcategorías (6) contienen en las ‘maneras de mirar’ de estudiantes de primaria y secundaria. Por ejemplo, respecto a *qué cambia*, los estudiantes: a) no se refieren a las sustancias sino que a su forma o a sus propiedades o b) simplemente, proporcionan un nombre o *etiqueta* al cambio químico. Respecto a *por qué se produce el cambio*, el enfoque de Brosnan (1990), facilita responder en término de ‘causas’, que los estudiantes conectan bien con el pensamiento cotidiano: responden a ‘*lo que se ve*’ y a los que ‘*se hace*’. Por tanto, las dimensiones *qué cambia* y *por qué* es una manera de poder catalogar las explicaciones. Otra manera de ejemplificar, y de explicar plausiblemente se representa en la figura 1. El *qué cambia* y el *por qué cambia* serían los ejes en los que giran las ideas de los estudiantes.

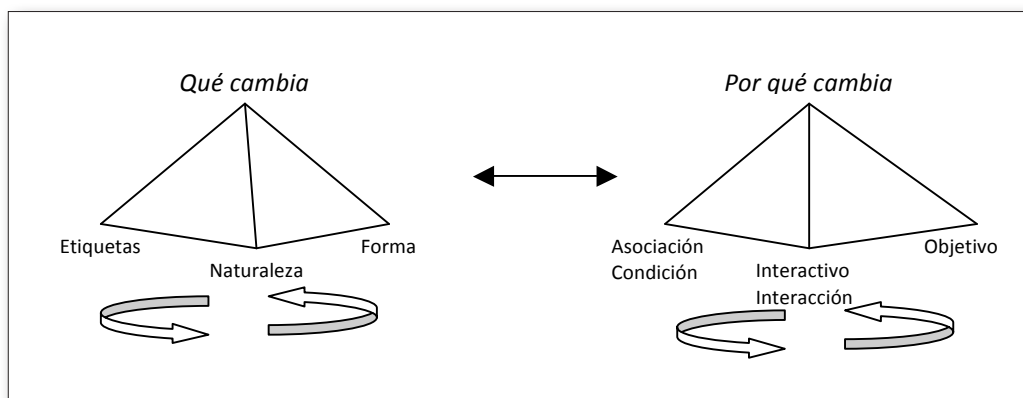


Fig. 1. Visualización de una ‘dinámica’ para las maneras de mirar el cambio.

Aquello que encontramos interesante y deseamos resaltar en esta comunicación, es que la categoría ‘*qué cambia*’ se refiere a situaciones que corresponden a un nivel macroscópico y son éstas las que promueven explicaciones genuinas (sin pretender que los estudiantes van a poder dar una explicación a nivel microscópico y/o simbólico de los libros de texto, de forma inicial). Así, el pensamiento genuino debe superar la simple asociación entre un fenómeno y su ‘etiqueta’, es decir, de un lenguaje sin contenido; debe incorporar la acción o intervención del estudiante (actividad experimental: leyes de conservación, de la masa, de la carga, de energía) para reinterpretar el ‘*cambio de forma y no de la sustancia*’ según un supuesto ‘*objetivo y no de una interacción*’. Finalmente, debe elaborar un modelo del fenómeno (macroscópico, aún) en el cual el cambio se visualiza como cambio de sustancia (y no de un cambio de propiedades) debido a una *interacción química* y aparecen entidades químicas que permiten comprender que algo se conserva en el cambio (la masa, los elementos, los átomos) (Tabla 1).

Tabla 1.  
Esquema del proceso de modelización a partir de las ideas previas.

	Hablar	Hacer	Pensar
Significación en el lenguaje, experiencia	- Qué cambia: <i>las etiquetas</i> - Por qué cambia: <i>condición-asociación</i>		
Objetos y fenómenos		- Qué cambia: <i>las formas</i> - Por qué cambia: <i>objetivo</i>	
Entidades			- Qué cambia: <i>naturaleza</i> - Por qué cambia: <i>interacción</i>

Nos damos cuenta de que las preguntas que se formulan los estudiantes se refieren a los fenómenos, mientras que lo que se les explica de Química en las aulas escolares, es la estructura de la materia, desde la cual se van a deducir los cambios. Así se puede comprender entonces que, las respuestas / explicaciones que los estudiantes elaboran no se configuran en general desde el enfoque de la clase, sino a partir de lo que ven: *los materiales en acción*. Esta '*actividad material*' se expresa tal como es habitual en el lenguaje: mediante frases con un verbo (se hace algo), un sujeto (alguien lo hace) y predicado (condiciones que se dan para que se dé la acción). Lo que ocurre es que estos 'agentes' y 'acciones' emergen del sentido común y no son las entidades que propone la disciplina química (Merino & Izquierdo, 2011).

Tiene sentido entonces desarrollar una 'nueva programación' para la enseñanza de la química a partir de la modelización de los mismos fenómenos que promueven 'ideas alternativas'. Nuestra propuesta pretende incorporar la *acción* al proceso de enseñanza, iniciado así un proceso que tiene el mismo origen que las ideas espontáneas de los alumnos, es decir, en fenómenos que les hacen pensar y opinar. Enfatizamos en esta idea, dado que desde un principio, se espera que los estudiantes logren explicar el cambio en términos de átomos y enlaces (Ogborn, Kress, Martins, & McGuillicuddy, 1996, p.31). Así proponemos que la enseñanza de la Química se inicie con aquellos fenómenos que permitan pensar, y que las entidades químicas abstractas se incorporen como parte del proceso de intervención experimental en el cual se identifican leyes o *reglas de actuación* que son propias del cambio químico (Adúriz-Bravo, Merino, & Izquierdo, 2012).

## CONCLUSIÓN

Hemos introducido el concepto de '*reglas de la acción química*' para generar el *eslabón perdido* que vincula las '*ideas previas de los alumnos*' con las entidades teóricas de la química. Los químicos, al actuar, van más allá de lo que se ve pero los estudiantes han de aprender a hacerlo, a partir de vivencias genuinas. A partir de los fenómenos que promueven pensamiento espontáneo de los alumnos hemos estructurado una propuesta de introducción a la química en cinco bloques de contenido. Se justifica desde un punto de vista funcional y pragmático que *es compatible con los currículos oficiales, aunque se aconseja reestructurarlos*. Nuestra propuesta constituye un ejemplo de modelización según el cambio químico; los bloques de contenido son sus 'campos estructurantes'. Caracterizamos nuestra propuesta como '*actividad química escolar*', puesto que su alcance queda limitado a las intervenciones experimentales que los estudiantes pueden llevar a cabo, de manera que, tenga significado para ellos.

---

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo a contado con el financiamiento y patrocinio de los siguientes programas e instituciones en cooperación de forma conjunta:

Investigación realizada en marco del Proyecto FONDECYT 1130759 (2013-2015) “*Diseño, desarrollo, validación y evaluación de secuencias de enseñanza-aprendizaje para la promoción de competencias en ciencias*”(Abrv.) patrocinado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT).

Investigación realizada en el marco del grupo LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències), grupo de investigación consolidado (referencia 2009SGR1543) por AGAUR (Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca) y financiada por la Dirección General de Investigación, Ministerio de Educación y Ciencia (referencias EDU-2009-13890-C02-02 y EDU-2012-38022-C02-02) .

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A., Merino, C., & Izquierdo, M. (2012). An approach to the construction of chemistry curricula on the basis of structuring theoretical fields. *Journal of Science Education*, 13, 42-44.
- Andersson, B. R. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). In P. L. Lijnse, Licht, P., Vos, W. de, Waarlo, A. J. (Ed.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary Science Education* (pp. 12-35). Utrecht: CD-β Press.
- Brosnan, T. (1990). Categorising macro and micro explanations of material change. In P. L. Lijnse, Licht, P., Vos, W. de, Waarlo, A. J. (Ed.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: a central problem in secondary Science Education* (pp. 198-211). Utrecht: CD-β Press.
- Guidoni, P. (1985). On natural thinking. *European Journal of Science Education*, 7, 133-140.
- Hierrezuelo, J., & Moreno, A. (1988). *la ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la física y la química*. Barcelona: Laia.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Caracterización y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 79-92.
- Izquierdo, M., Calvet, M., & Marquez, C. (1993). The use of theoretical models in the teaching of sciences: The paradigmatic facts. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University (distributed electronically).
- Izquierdo, M., Solsona, N., & Morato, M. T. (1991). Une etude sur les instruments de diagnostic de la pensee des etudiants. In A. Giordan, Martinand, J.-L., Souchon, C. (Ed.), *Ecole et medias face aux defis de l'environnement. Actes des 13. journees int. sur la communication, l'ed. et la culture scient. et indust.* (pp. 632-637). Chamonix: Centre Jean Franco.
- Izquierdo, M., & Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Llorens, J. (1991). *Comenzando a aprender Química: ideas para el diseño curricular*. Madrid: Antonio Machado.
- Merino, C., & Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización, según el cambio químico. *Educación Química*, XXII(3), 212-223.
- Ogborn, J., Kress, G.R., Martins, I., & McGuillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.
- Taber, K. S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom?: Using research to inform practice. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(1), 43-51.