

## APORTACIONES DE LA ENSEÑANZA CON ANALOGÍAS AL DESARROLLO DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE LOS ALUMNOS ACERCA DEL CAMBIO QUÍMICO

**ARAGÓN MÉNDEZ, M. (1); OLIVA MARTÍNEZ, J. (2) y NAVARRETE SALVADOR, A. (3)**

(1) Física y Química. Universidad de Cádiz [mmaragon@hotmail.com](mailto:mmaragon@hotmail.com)

(2) Universidad de Cádiz. [josemaria.oliva@uca.es](mailto:josemaria.oliva@uca.es)

(3) Universidad de Cádiz. [antonio.navarrete@uca.es](mailto:antonio.navarrete@uca.es)

---

### Resumen

En esta comunicación se describen los fundamentos de una propuesta didáctica que, enmarcada en el contexto del cambio químico, pretende desarrollar mediante el uso de analogías competencias relacionadas con la modelización en ciencias. Se persigue que los alumnos aprendan modelos sobre el cambio químico, estrategias y destrezas necesarias en la modelización en ciencias y aprendan sobre los modelos en ciencias, adquiriendo ciertos compromisos epistemológicos. Por otra parte, se analiza la contribución de la propuesta al aprendizaje de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico.

---

### Objetivos

El uso de analogías aparece ligado normalmente en la literatura al aprendizaje en el ámbito conceptual. No obstante, se detecta hoy un desplazamiento en el interés por las analogías hacia razones más comprometidas con una formación integral del alumno. De hecho, muchas de las capacidades que exige la tarea de modelización podrían ser desarrolladas a partir del uso de analogías. Ésta es la hipótesis que orienta nuestro trabajo, que se dirige a analizar, fundamentar y contrastar la contribución del aprendizaje por analogía al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias (Oliva y Aragón, en prensa). En este trabajo se describen los fundamentos de una propuesta didáctica sobre el cambio químico, diseñada desde esta orientación, y se ofrecen unos primeros avances en cuanto a su contribución al aprendizaje de los

modelos explicativos de los alumnos a lo largo de la misma.

## Marco teórico

Los modelos juegan un papel central en la ciencia, en el currículo de ciencias y en el aprendizaje de los alumnos (Gilbert et al., 1998). Los modelos enseñados permiten a los alumnos interpretar y realizar predicciones sobre los fenómenos estudiados (Solsona, Izquierdo y Gutiérrez, 2000). Al mismo tiempo, el desarrollo de la capacidad de modelar permite progresar en el uso de estrategias y destrezas relacionadas con el proceso de investigación (Justi y Gilbert, 2002). Por otra parte, los modelos y la actividad de modelización conforman una determinada manera de concebir la ciencia y determinan una manera de pensar y actuar sobre la realidad.

Pese a la importancia de la modelización, rara vez se enseña a construir modelos. En este sentido, las analogías pueden jugar un papel fundamental, dado su potencial para favorecer el aprendizaje de conceptos y para desarrollar estrategias, habilidades y visiones epistemológicas útiles para modelizar (Oliva y Aragón, en prensa). Cabe por tanto esperar que el trabajo con analogías ayude al alumno a desarrollar una parte importante de las competencias que requiere la tarea de modelización.

La propuesta didáctica diseñada se estructuró en forma de una trama de actividades que seguía el esquema propuesto por Justi y Gilbert (2002) para la tarea de modelización. Dicha trama incluía las siguientes fases o etapas:

- 1) La elaboración de un modelo mental inicial sobre el cambio químico.
- 2) El establecimiento de sistemas de representación a distintas escalas.
- 3) La comprobación de los modelos desarrollados.
- 4) La demarcación de los límites de validez de los mismos, caso de que éstos se considerasen adecuados.

En cada una de estas fases las analogías jugaron un papel central, como recursos precursores y canalizadores de los procesos de modelización planteados. Concretamente, se pretendía con ellas que los alumnos aprendiesen diferentes modelos explicativos acerca del cambio químico, pusieran en juego estrategias y destrezas necesarias para aplicarlos, desarrollasen las dotes imaginativas que requiere la tarea de (re)construir modelos, y comprendieran la naturaleza de los modelos y su importancia en el conocimiento personal sobre la ciencia y en el conocimiento científico.**Desarrollo del tema**

La muestra objeto de este estudio estuvo formada por un grupo-clase de 15 alumnos de 3º de Educación Secundaria Obligatoria (9º grado) de un centro público de Cádiz, que trabajaron en torno a la propuesta didáctica en un ambiente natural de aula. Previamente, en el curso anterior, los alumnos solo habían abordado contenidos básicos de química relacionados con el uso del modelo cinético-molecular, y la diferenciación a nivel macroscópico entre fenómenos físicos y fenómenos químicos.

El grupo clase desarrolló la propuesta didáctica con una profesora que adoptó el rol de observadora participante, además de investigadora y primera autora de este trabajo. Se trataba con ello de que la investigación tuviese un máximo de implicación en la práctica real del aula. Las clases tuvieron lugar en el laboratorio de química, en el que los alumnos se distribuyeron en grupos de cuatro.

La unidad se desarrolló en dieciséis sesiones de una hora de duración, en el período comprendido entre el 8 de noviembre de 2006 y el 4 de diciembre de 2006.

El estudio desarrollado ha sido de tipo cualitativo y longitudinal. Al objeto de realizar un seguimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado, se ha recurrido a una amplia variedad de técnicas e instrumentos de recogida de información. Entre ellas, y a efectos del presente trabajo, recurriremos a los datos procedentes de dos de ellos: a) el portafolio del alumno, y b) el diario del profesor investigador.

## Conclusiones

Los modelos explicativos mostrados por cada alumno a lo largo de la unidad fueron categorizados según un sistema categorial que contemplaba distintos momentos de la secuencia didáctica (al comienzo, en su desarrollo, un mes después), distintos modos y escalas de representación (proposicional macroscópico, proposicional submicroscópico, icónico modal e icónico amodal) y, dentro de cada uno, distintos niveles de aproximación al punto de vista de la ciencia escolar (mediante una escala ordinal de cinco niveles). Los resultados obtenidos a raíz del seguimiento de los alumnos a lo largo de la propuesta didáctica parecían indicar:

- Una evolución positiva de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico, en distintas escalas (tanto submicroscópico, como macroscópico o simbólico).

- Una evolución favorable en el uso de una cierta multiplicidad de modelos, aun con diferente éxito en cada caso en función del modo de representación implicado.
- Que el modelo submicroscópico resulta el más complejo y, además, su dominio recapitula de alguna forma el dominio de los otros tres. Una de las dificultades detectadas reside en la apropiación del discurso científico, por lo que parece conveniente incidir en algunos aspectos de carácter lingüístico.
- Dificultades en el establecimiento de las relaciones adecuadas entre el modelo macroscópico y el modelo submicroscópico.
- Que el empleo correcto de los modelos simbólicos, no implica el uso adecuado del submicroscópico. Esto puede ser debido a que el empleo de los símbolos químicos no implica la atribución del significado que se asigna en los modelos aceptados, algo que también ocurrió históricamente entre los químicos del siglo XIX.

En cualquier caso, los resultados obtenidos son alentadores y parecen mostrar unas buenas perspectivas ante la posibilidad de continuar investigando en esta línea.

## Referencias bibliográficas

Gilbert, J.K., Boulter, C.; Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.

Justi, R.; 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.

Oliva, J.M<sup>a</sup>.; Aragón, M<sup>a</sup>.M. (en prensa). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico *Enseñanza de las Ciencias*.

Solsona, N. Izquierdo, M. Gutiérrez, R., (2000). El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 15-23.

El uso de analogías aparece ligado normalmente en la literatura al aprendizaje en el ámbito conceptual. No obstante, se detecta hoy un desplazamiento en el interés por las analogías hacia razones más comprometidas con una formación integral del alumno. De hecho, muchas de las capacidades que exige la tarea de modelización podrían ser desarrolladas a partir del uso de analogías. Ésta es la hipótesis que orienta nuestro trabajo, que se dirige a analizar, fundamentar y contrastar la contribución del aprendizaje por analogía al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias (Oliva y Aragón, en prensa). En este trabajo se describen los fundamentos de una propuesta didáctica sobre el cambio químico, diseñada desde esta orientación, y se ofrecen unos primeros avances en cuanto a su contribución al aprendizaje de los modelos explicativos de los alumnos a lo largo de la misma.

## **Marco teórico**

Los modelos juegan un papel central en la ciencia, en el currículo de ciencias y en el aprendizaje de los alumnos (Gilbert et al., 1998). Los modelos enseñados permiten a los alumnos interpretar y realizar predicciones sobre los fenómenos estudiados (Solsona, Izquierdo y Gutiérrez, 2000). Al mismo tiempo, el desarrollo de la capacidad de modelar permite progresar en el uso de estrategias y destrezas relacionadas con el proceso de investigación (Justi y Gilbert, 2002). Por otra parte, los modelos y la actividad de modelización conforman una determinada manera de concebir la ciencia y determinan una manera de pensar y actuar sobre la realidad.

Pese a la importancia de la modelización, rara vez se enseña a construir modelos. En este sentido, las analogías pueden jugar un papel fundamental, dado su potencial para favorecer el aprendizaje de conceptos y para desarrollar estrategias, habilidades y visiones epistemológicas útiles para modelizar (Oliva y Aragón, en prensa). Cabe por tanto esperar que el trabajo con analogías ayude al alumno a desarrollar una parte importante de las competencias que requiere la tarea de modelización.

La propuesta didáctica diseñada se estructuró en forma de una trama de actividades que seguía el esquema propuesto por Justi y Gilbert (2002) para la tarea de modelización. Dicha trama incluía las siguientes fases o etapas:

- 1) La elaboración de un modelo mental inicial sobre el cambio químico.
- 2) El establecimiento de sistemas de representación a distintas escalas.
- 3) La comprobación de los modelos desarrollados.
- 4) La demarcación de los límites de validez de los mismos, caso de que éstos se considerasen adecuados.

En cada una de estas fases las analogías jugaron un papel central, como recursos precursores y canalizadores de los procesos de modelización planteados. Concretamente, se pretendía con ellas que los alumnos aprendiesen diferentes modelos explicativos acerca del cambio químico, pusieran en juego estrategias y destrezas necesarias para aplicarlos, desarrollasen las dotes imaginativas que requiere la tarea de (re)construir modelos, y comprendieran la naturaleza de los modelos y su importancia en el conocimiento personal sobre la ciencia y en el conocimiento científico.

## **Desarrollo del tema**

La muestra objeto de este estudio estuvo formada por un grupo-clase de 15 alumnos de 3º de Educación Secundaria Obligatoria (9º grado) de un centro público de Cádiz, que trabajaron en torno a la propuesta didáctica en un ambiente natural de aula. Previamente, en el curso anterior, los alumnos solo habían abordado contenidos básicos de química relacionados con el uso del modelo cinético-molecular, y la diferenciación a nivel macroscópico entre fenómenos físicos y fenómenos químicos.

El grupo clase desarrolló la propuesta didáctica con una profesora que adoptó el rol de observadora participante, además de investigadora y primera autora de este trabajo. Se trataba con ello de que la investigación tuviese un máximo de implicación en la práctica real del aula. Las clases tuvieron lugar en el laboratorio de química, en el que los alumnos se distribuyeron en grupos de cuatro.

La unidad se desarrolló en dieciséis sesiones de una hora de duración, en el período comprendido entre el 8 de noviembre de 2006 y el 4 de diciembre de 2006.

El estudio desarrollado ha sido de tipo cualitativo y longitudinal. Al objeto de realizar un seguimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado, se ha recurrido a una amplia variedad de técnicas e instrumentos de recogida de información. Entre ellas, y a efectos del presente trabajo, recurriremos a los datos procedentes de dos de ellos: a) el portafolio del alumno, y b) el diario del profesor investigador.

## Conclusiones

Los modelos explicativos mostrados por cada alumno a lo largo de la unidad fueron categorizados según un sistema categorial que contemplaba distintos momentos de la secuencia didáctica (al comienzo, en su desarrollo, un mes después), distintos modos y escalas de representación (proposicional macroscópico, proposicional submicroscópico, icónico modal e icónico amodal) y, dentro de cada uno, distintos niveles de aproximación al punto de vista de la ciencia escolar (mediante una escala ordinal de cinco niveles). Los resultados obtenidos a raíz del seguimiento de los alumnos a lo largo de la propuesta didáctica parecían indicar:

- Una evolución positiva de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico, en distintas escalas (tanto submicroscópico, como macroscópico o simbólico).
- Una evolución favorable en el uso de una cierta multiplicidad de modelos, aun con diferente éxito en cada caso en función del modo de representación implicado.
- Que el modelo submicroscópico resulta el más complejo y, además, su dominio recapitula de alguna forma el dominio de los otros tres. Una de las dificultades detectadas reside en la apropiación del discurso científico, por lo que parece conveniente incidir en algunos aspectos de carácter lingüístico.
- Dificultades en el establecimiento de las relaciones adecuadas entre el modelo macroscópico y el modelo submicroscópico.
- Que el empleo correcto de los modelos simbólicos, no implica el uso adecuado del submicroscópico. Esto puede ser debido a que el empleo de los símbolos químicos no implica la atribución del significado que se asigna en los modelos aceptados, algo que también ocurrió históricamente entre los químicos del siglo XIX.

En cualquier caso, los resultados obtenidos son alentadores y parecen mostrar unas buenas perspectivas ante la posibilidad de continuar investigando en esta línea.

## Referencias bibliográficas

Gilbert, J.K., Boulter, C.; Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.

Justi, R.; 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.

Oliva, J.M<sup>a</sup>.; Aragón, M<sup>a</sup>.M. (en prensa). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico *Enseñanza de las Ciencias*.

Solsona, N. Izquierdo, M. Gutiérrez, R., (2000). El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 15-23.

Treagust, D.F.; Chittleborough, G.D.; Mamiala, T.L (2004). Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, 34, 1-20.

## CITACIÓN

ARAGÓN, M.; OLIVA, J. y NAVARRETE, A. (2009). Aportaciones de la enseñanza con analogías al desarrollo de los modelos explicativos de los alumnos acerca del cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 127-132  
<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-127-132.pdf>