

# ABORDANDO EL CAMBIO QUÍMICO DESDE UNA PERSPECTIVA DE MODELIZACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN: AVANCE DE RESULTADOS

Maria del Mar Aragón-Méndez, José María Oliva-Martínez  
*Universidad de Cádiz*

Ángel Blanco-López  
*Universidad de Málaga*

**RESUMEN:** Se analizan los progresos en el aprendizaje en una muestra de 23 estudiantes de 3er curso de educación secundaria obligatoria, a lo largo de una unidad didáctica sobre química enfocada desde estrategias de modelización y contextualizada en el problema de la contaminación atmosférica. Como indicadores de aprendizaje se emplearon el desempeño del alumnado al pasar de representaciones simbólicas a moleculares y viceversa a la hora de modelizar la composición de la materia, y la comprensión que tenían sobre la naturaleza de los modelos. Los resultados obtenidos mostraron cambios positivos, que resultaron en ambos casos estadísticamente significativos, en ambos indicadores.

**PALABRAS CLAVE:** Cambio químico, Contaminación, Competencia de modelización, Contextualización, Modelización.

**OBJETIVOS:** Esta comunicación tiene un doble propósito. Primero, mostrar las características y desarrollo de una unidad didáctica sobre el cambio químico en 3er curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), diseñada con una doble orientación: de un lado un enfoque de modelización y, de otro, planteamientos de enseñanza en contexto empleando la contaminación atmosférica como problema de fondo. Segundo, evaluar los progresos en el aprendizaje alcanzados por los estudiantes, analizando los cambios observados en determinados aspectos de su competencia de modelización.

## MARCO TEÓRICO

En la enseñanza de las ciencias se presta cada vez más atención a la importancia de involucrar a los estudiantes en auténticas prácticas científicas (National Research Council, 2012), entre ellas la de modelización. Así, se han ido configurando enfoques de enseñanza basados en la modelización (Justi y Gilbert, 2002, Oliva y Aragón, 2009), que pretenden ayudar a los alumnos en la construcción de modelos acordes con la ciencia escolar y fomarlos, a la vez, en procesos y valores relacionados con las prácticas científicas. Además, la investigación didáctica ha puesto de manifiesto la necesidad de vin-

cular los contenidos con situaciones y problemas de la vida diaria, de tal forma que los contextos en los que se construyen y se aplican los conocimientos científicos son igualmente relevantes (Gilbert, 2006, Marchán-Carvajal y Sanmartí, 2015). En el caso de los modelos y de la modelización, habría que plantear su aprendizaje en el contexto de problemas y situaciones relevantes en diferentes ámbitos de la vida (personal, social o global) (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2013) en el que los estudiantes puedan apreciar la necesidad de modelos explicativos para una mejor comprensión de dichos problemas y para posicionarse responsablemente ante los mismos. Con la finalidad de avanzar en esta línea, se muestra una unidad didáctica sobre el cambio químico desde ambas perspectivas y se presentan algunos de sus primeros resultados. La investigación se sitúa en un proyecto más amplio que pretende ahondar en el desarrollo de competencias científicas mediante enfoques de contextualización y modelización (Blanco y Oliva, 2016).

## METODOLOGÍA

### Cuestiones investigadas

El estudio investiga la evolución en los estudiantes de dos aspectos significativos de la competencia de modelización. El primer indicador es de carácter epistémico, relacionado con la metamodelización, el segundo se refiere al uso de múltiples modelos. Más concretamente, las cuestiones de investigación fueron las siguientes:

- ¿Cómo evoluciona en los alumnos la capacidad de representar, mediante múltiples modelos, moléculas, sustancias y cambios químicos?
- ¿En qué medida mejora su comprensión de la naturaleza de los modelos tras estar inmersos en un proceso de modelización del cambio químico?

### Propuesta didáctica

Se ha diseñado una propuesta, centrada en la competencia de modelización para el cambio químico (Aragón, Oliva y Navarrete, 2014), fundamentalmente en las reacciones de combustión, y contextualizada en la problemática de la contaminación atmosférica; ámbito en el que se persigue un aprendizaje relevante encaminado a la toma de conciencia sobre esta problemática y sus posibles soluciones (García, 2005; Lupión y Prieto, 2014). Con una duración de 12 sesiones, en la propuesta se alternan cuestiones que los alumnos deben resolver en grupo, explicaciones del profesor, pequeñas lecturas, actividades prácticas, desarrollo de simulaciones con modelos analógicos y discusiones desarrolladas en gran grupo. Desde la perspectiva del aprendizaje basado en modelización, se sigue una trama de tareas como la planteada por Justi y Gilbert (2002), estableciéndose cinco fases:

- I. Fase inicial. Se comienza presentado situaciones sobre la contaminación atmosférica que despierten el interés y se formulan preguntas. Para que los estudiantes adquieran experiencias directas sobre fenómenos concretos y reactiven el modelo macroscópico sobre el cambio químico, se realizan actividades prácticas sobre las combustiones. Además, mediante analogías se pretende facilitar la construcción de los primeros modelos mentales sobre el cambio químico a escala submicroscópica.
- II. Fase de representación y elaboración. Se establecen los sistemas de representación, o modelos, de carácter submicroscópico, tanto verbales como icónicos. Posteriormente, se usan los modelos en la interpretación de fenómenos relacionados con la contaminación atmosférica al objeto

de favorecer su desarrollo y (re)construcción.

- III. Fase de comprobación. Tras plantear cómo considerar válidos los modelos anteriormente establecidos, estos se usan en situaciones de indagación y en el contexto de la contaminación atmosférica. El análisis de la coherencia de los resultados tras la aplicación de los modelos llevará a su aceptación o revisión.
- IV. Fase de expresión de los modelos consensuados. Tras la aplicación de los modelos en diferentes situaciones, se establecen los límites de validez de los modelos y se formulan tanto dentro como fuera de su rango de validez.
- V. Fase de interacción. Se trata de la aplicación de los modelos en el ámbito de la contaminación atmosférica para analizar sus implicaciones en nuestros modos de actuación.

Para que los estudiantes sean partícipes de la tarea de modelizar, el propósito perseguido en cada una de estas fases se hace explícito en el aula, reflexionando sobre los procesos que iban teniendo lugar.

## Participantes

La propuesta didáctica se implementó, en el estudio piloto inicial al que corresponde esta investigación, con un grupo de 23 estudiantes de 3er curso de la ESO, 10 chicas y 13 chicos, de un mismo centro público. Los estudiantes estuvieron implicados en el curso anterior en procesos de modelización del cambio químico a escala macroscópica. La profesora que implementó la unidad, uno de los autores de este trabajo, es también investigadora en el proyecto.

## Instrumentos

Para valorar la mejora en la comprensión de los modelos y el manejo que los estudiantes hacían de múltiples modelos, se ha recurrido a dos cuestionarios, cumplimentados antes y después de la implementación de la propuesta.

1. Un cuestionario tipo Likert sobre comprensión acerca de la naturaleza de los modelos. El cuestionario, previamente validado por expertos, estaba formado por 43 ítems (Jiménez et al., en prensa), si bien en este caso empleamos una versión reducida del mismo, de 22 ítems que evaluaban cinco subescalas, cuya composición junto a los correspondientes coeficientes de fiabilidad Alfa de Cronbach ordinal del Pretest y del Postest, se indica a continuación: a) *Modelos como representaciones múltiples* (4 ítems, Alfa<sub>pre</sub>=0,75; Alfa<sub>post</sub>=0,78), b) *Modelos no como réplicas exactas* (4 ítems, Alfa<sub>pre</sub>=0,78; Alfa<sub>post</sub>=0,83), c) *En qué consiste un modelo* (4 ítems, Alfa<sub>pre</sub>=0,78; Alfa<sub>post</sub>=0,78), d) *Uso de modelos* (4 ítems, Alfa<sub>pre</sub>=0,78; Alfa<sub>post</sub>=0,66), e) *Naturaleza cambiante de los modelos* (6 ítems, Alfa<sub>pre</sub>=0,81; Alfa<sub>post</sub>=0,88).
2. Un cuestionario de 12 cuestiones (8 abiertas, 3 semiabiertas y una de opción múltiple), diseñado para analizar capacidades relacionadas con la competencia de modelización del cambio químico. El cuestionario fue validado por cinco profesores de Física y Química, expertos y con amplia experiencia, y ensayado con una muestra de estudiantes. Para evaluar las respuestas se elaboró una rúbrica en la que se describen 4 niveles de progresión para cada elemento competencial. En este estudio solo se analizan las dos cuestiones de carácter abierto que se refieren al empleo de múltiples modelos para representar moléculas y sustancias. En ellas los estudiantes deben usar descripciones verbales y representaciones simbólicas mediante fórmulas químicas y diagramas de partículas.

## RESULTADOS

En primer lugar, se presenta el desempeño del alumnado en el uso de los modelos aprendidos. Por un lado, en la figura 1(a), se ofrecen las distribuciones de frecuencias iniciales y finales en la tarea de representación de moléculas. Se aprecia en el Pretest que casi la mitad del alumnado se encuentra en el nivel 3, y dos tercios en los niveles 3 o 4. Por tanto, puede decirse que los estudiantes de este grupo partían ya de un cierto conocimiento sobre el significado y los procedimientos de representación a nivel submicroscópico de la materia. En el Postest se aprecia una mejora notable en el conjunto del alumnado, ya que todos los alumnos alcanzan al menos el nivel 3, y de ellos 13 (más del 60%) alcanza el nivel 4, el máximo contemplado. Analizando caso a caso, se observa que 14 de los 21 alumnos experimentaron algún nivel de avance en su desempeño; los 7 que no avanzaron son los que partían de niveles más altos, 4 del máximo posible y los tres restantes del nivel 3. La prueba no paramétrica de Wilcoxon revela que las diferencias observadas entre Pretest y Postest son estadísticamente significativas ( $Z=-3,416$ ,  $p<0,001$ ). Por otro lado, en la figura 1(b) se presentan los datos correspondientes a la tarea de representación de sustancias. En este caso, el desempeño inicial mostrado es inferior al de representación de moléculas, con solo un tercio del alumnado alcanzando al menos el nivel 3. Ello es lógico ya que esta tarea resulta más compleja, al implicar no solo la representación de moléculas, si no también la distribución del conjunto de moléculas que componen una sustancia en función del estado físico en el que se presentan. En el Postest se aprecia una mejora sustancial, de modo que ahora 2/3 del alumnado alcanza el nivel 4, el más alto posible, y el total del participantes, excepto tres, se sitúa entre los niveles 3 y 4. Además, todos los participantes, excepto dos, consiguen algún tipo de progreso. La prueba no paramétrica de Wilcoxon manifiesta que las diferencias observadas entre en Pretest y el Postest eran estadísticamente significativas ( $Z=-3,938$ ,  $p<0,001$ ).

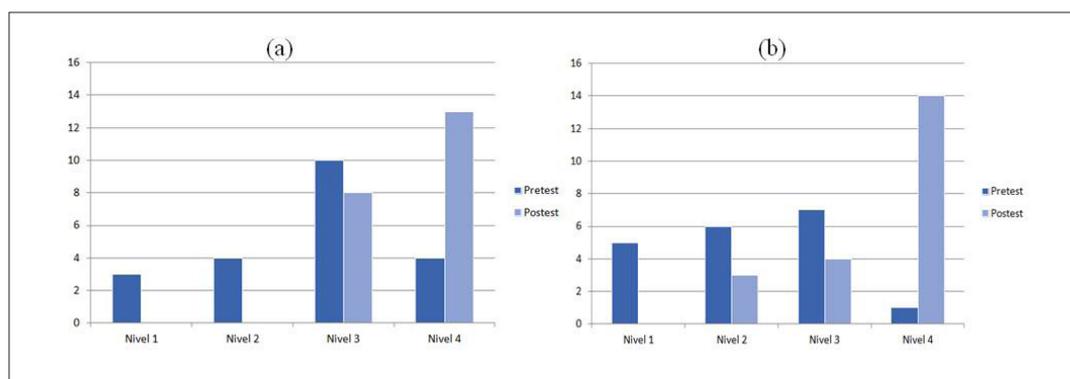


Fig. 1. Frecuencia de cada uno de los niveles de desempeño, en el Pretest y Postest para la representación de moléculas (a) y de sustancias (b)

En segundo lugar, la figura 2 muestra los resultados, Pretest y Postest, del cuestionario sobre la naturaleza de los modelos. Se aprecia inicialmente valores en las subescalas que van de 0,6 a 0,8, con una secuencia de desempeño análoga a la observada en otros estudios (Treagust *et al.*, 2002; Cheng y Lin, 2015) con alumnos de edades parecidas. La subescala “Naturaleza cambiante de los modelos” obtuvo el promedio de aceptación más alto, mientras que la subescala “Los modelos no como réplicas exactas” obtuvo el más bajo.

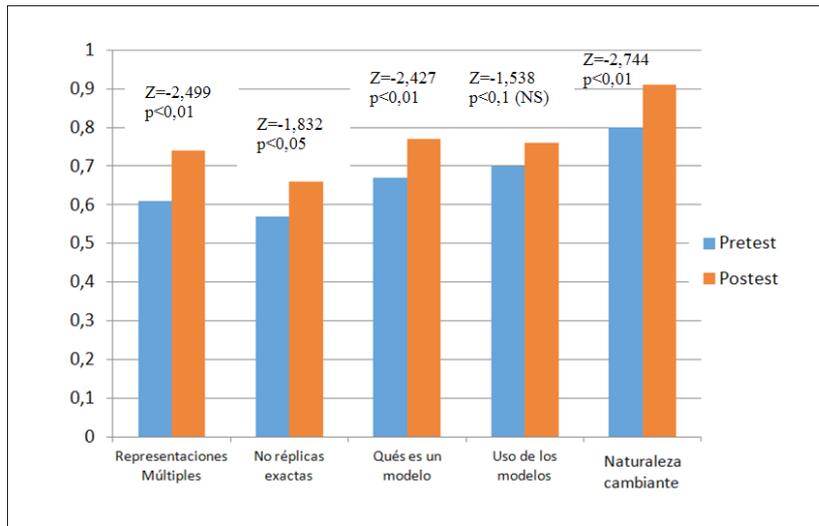


Fig 2. Niveles de comprensión de la naturaleza de los modelos en el Pretest y en el Postest

En el Postest, se observa un progreso en todas y cada una de las subescalas, manteniendo una secuencia comparativa de desempeño similar a la del Pretest. Las diferencias apreciadas fueron estadísticamente significativas en todos los casos, a excepción hecha de la subescala “Uso de modelos”, en la que no se alcanzó el umbral de significación, aunque lo rondaba ( $p=0,067$ ).

## CONCLUSIONES

Los avances de resultados son esperanzadores y avalan la utilidad de la propuesta para el desarrollo de la competencia de modelización. No obstante, será preciso incluir mejoras en la unidad didáctica y analizar otras vertientes de la modelización y de los aprendizajes concretos sobre la problemática de la contaminación atmosférica y sus implicaciones en las actuaciones del alumnado.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación de Excelencia “Desarrollo y evaluación de competencias científicas mediante enfoques de enseñanza en contexto y de modelización. Estudios de caso” (EDU2013-41952-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÓN, M.M.; OLIVA, J.M. y NAVARRETE, A. (2014). Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 337-356.
- BLANCO, A. y OLIVA, J.M. (2016). Contextualización y modelización: Dos enfoques para mejorar la educación científica de la ciudadanía. *Boletín de la AIA-CTS*, 4, 23-27.
- CHENG, M.F., y LIN, J.L. (2015). Investigating the relationship between students’ views of scientific models and their development of models. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2453-2475.

- GARCÍA-CARMONA, A. (2005). Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de secundaria. *Revista Electrónica de enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 1-17.
- GILBERT, J. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.
- JIMÉNEZ, N.; ARAGÓN, M.M; BLANCO, A. y OLIVA, J.M. (en prensa). Comprensión acerca de la naturaleza de los modelos por parte de profesorado de ciencias de secundaria en formación inicial. *Campo Abierto*.
- JUSTI, R. y 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.
- LUPIÓN, T. y PRIETO, T. (2014). La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 159-177.
- 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, 267-274.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2012). A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas. Washington DC: National Academy Press.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (2013). *PISA 2015 Draft Science Framework*. Paris: Autor. Disponible en: <[http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft PISA 2015 Science Framework .pdf](http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft_PISA_2015_Science_Framework.pdf)>.
- OLIVA, J.M<sup>a</sup> y ARAGÓN, M.M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195-208.
- TREAGUST, D.F., CHITTLEBOROUGH, G., y MAMIALA, T.L. (2002). Students’ understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.