

# COMPETENCIA DE MODELIZACIÓN EN TORNO AL CAMBIO QUÍMICO EN ALUMNOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

J.M<sup>a</sup> Oliva, M<sup>a</sup> M. Aragón, A. Navarrete

*Dpto. de Didáctica, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Cádiz.*  
josemaria.oliva@uca.es

**RESUMEN:** Se analiza la competencia de modelización en torno al cambio químico en una muestra de 35 alumnos de Secundaria que seguía una unidad curricular sobre dicha temática utilizando analogías como recurso. Se emplearon métodos cualitativos y cuantitativos de recogida y análisis de datos a partir de portafolios, entrevistas, diario del profesor y audiograbaciones. Los resultados cualitativos permitieron definir un conjunto de doce dimensiones que sirvieron para caracterizar y evaluar distintas facetas de la competencia de modelización. Los resultados cuantitativos mostraron la coherencia interna global y la unidimensionalidad de todas esas dimensiones, aunque articuladas en torno a dos componentes: “Trabajar con modelos” y “Naturaleza de los modelos”. Los alumnos alcanzaron niveles competenciales satisfactorios en ambas componentes, mejores en la segunda de ellas.

**PALABRAS CLAVE:** analogías; cambio químico; competencia de modelización; modelos; modelización.

## OBJETIVOS

La modelización en torno al cambio químico es uno de los núcleos centrales del currículum de ciencias en la educación secundaria (Jensen, 1998; Raviolo, Garritz y Sosa, 2011; Merino e Izquierdo, 2011). De ahí que sea importante comprender cómo los alumnos modelizan en torno a este tópico, y si son capaces o no de desarrollar las habilidades, destrezas y actitudes necesarias para un aprendizaje del modelo de cambio químico y de los procesos de modelización asociados. En esta comunicación se analiza la competencia de modelización relacionada con el cambio químico en una muestra de alumnos de Educación Secundaria Obligatoria, que seguía una unidad curricular sobre dicha temática usando analogías como eje vertebrador de los materiales didácticos diseñados y del trabajo en el aula.

## MARCO TEÓRICO

Los modelos juegan un papel central tanto en la ciencia como en la educación científica (Halloun, 1996; Gilbert et al., 1998; Nersessian, 1999), constituyendo en ambos casos mediadores entre el mundo observable y las teorías. En este marco, modelizar resulta una pieza clave en la educación científica (Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2003; Izquierdo y Adúriz Bravo, 2005) por cuanto puede

---

aglutinar en torno a ella a la mayoría de competencias científicas que se promueven hoy dentro del currículo de ciencias, y por su potencial para desarrollar estrategias de “aprender a aprender”.

La modelización es un proceso complejo cuyo desarrollo exige toda una gama de competencias (Lopes y Costa, 2007). Además de conocimiento sobre el dominio específico, involucra estrategias, destrezas y determinados compromisos epistemológicos (Harrison y Treagust, 2000; Justi y Gilbert, 2002). En este trabajo nos referimos a la competencia de modelización como conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y valores necesarios para llevar a cabo la tarea de modelar en su dimensión más amplia (Justi y Gilbert, 2002); no solo conlleva aprender los modelos de la ciencia escolar, sino también trabajar con ellos, elaborarlos y revisarlos, así como hablar y opinar acerca de los mismos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter aproximativo y cambiante, y también sus limitaciones (Oliva y Aragón, 2009). Ello se traduce en que los alumnos aprendan “modelos”, aprendan a “trabajar” con ellos, y aprendan “acerca” de los modelos aprendidos. Por tanto, la modelización abarcaría una componente representacional y otra metarepresentacional. La primera de ellas entendida como conjunto de habilidades y prácticas que permiten a una persona usar reflexivamente una variedad de representaciones, así como pensar, comunicarse y actuar sobre los fenómenos químicos a partir de procesos y entidades físicas subyacentes (Kozma y Russell, 1997), y la segunda como habilidad para generar, comprender y criticar las representaciones (diSessa, 2004).

## **EL ESTUDIO**

### **Preguntas de investigación**

Las cuestiones centrales que dirigieron el estudio fueron las siguientes:

- ¿Qué dimensiones pueden emplearse para caracterizar la competencia de modelización de los alumnos en torno al cambio químico y qué niveles alcanzan en las mismas a través de la unidad curricular cursada?
- ¿En qué medida la competencia de modelización resulta una competencia única, o se trata de un conjunto de competencias diferentes? Si son varias las competencias y no solo una ¿cuáles son estas y cómo se estructuran?

### **Escenario didáctico y muestra**

El escenario escogido para la toma de datos fue el transcurso de una unidad curricular sobre el cambio químico (Aragón, Oliva y Navarrete, 2009), dirigida a dos grupos de estudiantes de 3º de ESO (n=35) de un centro público de Cádiz (España). La estructura de la unidad seguía las bases propuestas por de Justi y Gilbert (2002) para una enseñanza basada en modelos, siendo implementada a lo largo de 16 sesiones de una hora, mediante una secuencia de tareas que alternaba actividades a desarrollar por los alumnos y explicaciones del profesor. En ella las analogías y el uso de modelos mecánicos supusieron una herramienta constante como hilo conductor del tema.

### **Instrumentos**

Se ha recurrido al análisis de las producciones escritas de los alumnos al realizar las tareas propuestas en clase durante la unidad. Los alumnos debían recoger en su portafolio tanto el desarrollo de las tareas individuales como de pequeño grupo. Los datos recopilados fueron completados con informaciones parciales obtenidas a través de entrevistas semiestructuradas, el diario del profesor y audiograbaciones de aula.

## Análisis de datos

Se han combinado estrategias de investigación cualitativa y cuantitativa. Sobre la base de la información cualitativa obtenida se ha realizado un análisis de contenido que nos ha permitido delimitar una serie de dimensiones de análisis, y construir escalas ordinales según rúbricas de cuatro niveles de progresión. Estas pretendían evaluar el nivel competencial mostrado por cada sujeto para las diferentes dimensiones definidas.

## RESULTADOS

Respondiendo a la primera cuestión de investigación, la Tabla 1 muestra el conjunto de dimensiones finales consideradas. Si bien el marco teórico proporcionó un referente de partida para el análisis de los datos del estudio (Justi y Gilbert, 2002), el conjunto que presentamos fue el resultado de sucesivos ajustes y modificaciones parciales sobre el inicialmente concebido.

Tabla 1.  
Dimensiones consideradas en el análisis de los datos obtenidos en tareas de modelización.

Ámbitos	Dimensiones consideradas
Aprender modelos propuestos	M1. Formular y expresar los modelos aprendidos explicitando las relaciones entre ideas o conceptos que los integran.
	M2. Conocer diversos modelos para representar un mismo sistema, diferenciándolos entre sí.
Aprende a aplicar modelos propuestos	M3. Estimar la utilidad de los modelos como instrumentos racionales e imaginativos para comprender el mundo.
	M4. Representar mediante imágenes y simulaciones, tanto procesos, como sistemas.
	M5. Interpretar la realidad, de forma verbal.
	M6. Aplicar los modelos aprendidos a situaciones de indagación o incertidumbre: formular problemas, diseñar experiencias o realizar predicciones.
Aprender a revisar modelos propuestos	M7. Reconocer el carácter aproximativo y limitado de los modelos, más que como copias exactas de la realidad.
	M8. Establecer límites de validez de los modelos
	M9. Admitir el carácter provisional y evolutivo de los modelos con apertura de mente ante nuevos modelos que puedan aparecer.
	M10. Gestionar el uso de los diferentes modelos de los que se dispone en función de las circunstancias.
Aprender a participar en la (re)construcción de modelos nuevos para el alumno	M11. Aportar ideas que, con la ayuda necesaria, sirvan para generar nuevos modelos.
	M12. Idear formas de representación de los sistemas con los que se trabaja a partir de los nuevos modelos.

Con la finalidad de conocer no solo qué capacidades movilizan los alumnos, sino también en qué medida se desarrollan cada una de ellas, se definió una rúbrica que contemplaba distintos niveles de progresión en el desempeño de las tareas planteadas (I: “Nulo”, II: “Insuficiente”, III: “Básico”, IV: “Avanzado”). Dicho análisis arrojó resultados bastante aceptables para todas las dimensiones, si bien con variaciones de unos casos a otros. Así, el porcentaje de alumnos que alcanzaba al menos el nivel Básico oscilaba desde el 65% en M1, hasta el 86% en M7. Mientras tanto, los porcentajes que alcanzaban el nivel Avanzado oscilaban entre el 11% en M11 y el 66% en M3. En conjunto, las dimensiones

con mayor desempeño fueron M3, M4, M7, M9 y M10, que aluden, respectivamente, a la utilidad otorgada a los modelos, la capacidad de representación mediante imágenes y simulaciones, el reconocimiento del carácter limitado y aproximado de los modelos, la percepción del carácter provisional y cambiante de los modelos, y la habilidad para gestionar distintos modelos en función de la situación y el contexto. Mientras tanto, las dimensiones con resultados más pobres fueron M1, M8, M11 y M12, que evalúan la capacidad para expresar verbalmente los modelos estudiados, la destreza para detectar los límites de validez de los modelos aprendidos, la pericia para aportar ideas que contribuyan a generar modelos en el aula, y la destreza para proponer formas de representación para los nuevos modelos construidos.

El segundo problema objeto de investigación se corresponde con el análisis de la coherencia interna y unidimensionalidad de la competencia de modelización. Como paso previo se realizó un análisis de correlación mediante el coeficiente Tau-b de Kendall. Dicho análisis mostró correlaciones estadísticamente significativas en cuatro de cada cinco casos. Un análisis de componentes principales para datos categóricos ordinales mediante el método de escalamiento óptimo para un solo factor, arrojó una solución que explicaba el 73% de la varianza total, lo que indica un alto grado de comunalidad entre todas las dimensiones.

Al objeto de dilucidar la posible existencia de subestructos internos a la competencia de modelización se llevó a cabo un análisis de escalamiento multidimensional ALSCAL, combinado con un análisis de cluster (Figura 1).

Se aprecia la presencia de dos clusters, uno de ellos integrado por las dimensiones M1, M2, M4, M5, M6, M8, M11 y M12, que están vinculadas con habilidades y destrezas relacionadas con el saber hacer o trabajar en torno a los modelos, y el otro por las dimensiones M3, M7, M9 y M10, cuyo denominador común está en la valoración de aspectos relacionados con la naturaleza de los modelos. Tales resultados nos llevaron a definir dos subescalas: TRAMO (Trabajar con Modelos) y NAMO (Naturaleza de los Modelos), respectivamente. Un análisis de fiabilidad mediante el coeficiente Alfa de Cronbach para cada subescala arrojó valores bastante altos, concretamente 0,96 para el primer caso y 0,83 para el segundo.

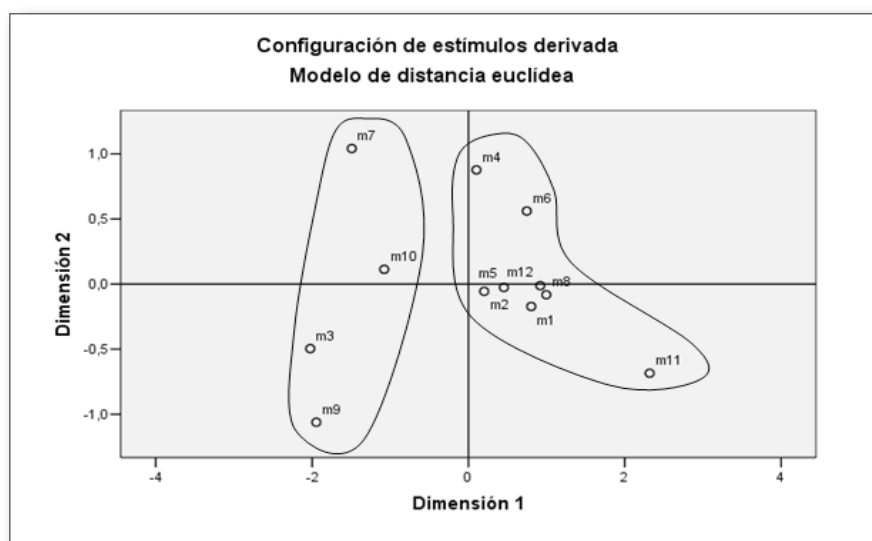


Fig. 1.

---

Para finalizar comparamos los promedios obtenidos para las dos subescalas construidas. Éstos se mueven en torno al nivel III de la escala de progresión, que puede considerarse satisfactorio y bastante aceptable desde el punto de vista de la valoración global realizada, siendo ligeramente superior para la escala NAMO ( $Z=-3,098$  prueba de Wilcoxon,  $p<0,01$ ).

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran, en primer lugar, que los alumnos alcanzaron niveles competenciales satisfactorios en las dimensiones analizadas. Si bien no era el objeto de este estudio valorar la contribución del diseño de enseñanza planteado en el aprendizaje y desarrollo de la competencia de modelización, resulta tentador pensar que el contexto de enseñanza-aprendizaje planteado, concretamente desde un enfoque basado en modelos con uso recurrente de analogías, pudo constituir un escenario estimulante y alentador para el desarrollo de la competencia de modelización.

Además, los datos obtenidos indican de un lado, que la competencia de modelización resulta un constructo coherente con validez interna, lo que hace viable una evaluación de conjunto y su consideración como factor de interés a desarrollar desde la didáctica de las ciencias. Pero también, de otro lado, sugiere una estructura compleja en la que tanto aspectos procedimentales –trabajar con modelos- como epistemológicos –naturaleza de los modelos- cobran también sentido reclamando su propia identidad.

Estos datos apuntan hacia la oportunidad de los diseños de enseñanza centrados en modelos, no solo para el aprendizaje de aspectos teóricos sobre los contenidos estudiados, sino también para el desarrollo de habilidades, destrezas y compromisos epistemológico de interés para las ciencias.

Son muchos los interrogantes que se abren a partir de estos resultados, tanto en relación a los mecanismos que originaron este efecto positivo, como a la incidencia de estas dos componentes en la propia evolución de los modelos explicativos de los alumnos sobre el cambio químico. A estos aspectos dedicaremos nuestra atención en futuros estudios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragón, M<sup>a</sup>M; Oliva, J.M<sup>a</sup> y Navarrete, A. (2009) Analogías y modelización en la enseñanza del cambio químico. *Investigación en la escuela*, 71, 93-114.
- 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.
- Halloun, I. (1996) Schematic modelling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041.
- Harrison, A.G. y Treagust, D.F. (2000) A tipology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Izquierdo, M. y Adúriz Bravo, A. (2005) Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de química. Actas del VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra.
- Jensen, W.B. (1998) Logic, history and the chemistry textbook. *Journal of Chemical Education*, 75, 817-828.
- 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.
- Kozma, R.B. y Rusell, J. (1997) Multimedia and understanding: expert and novices responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 117-129.

- 
- Lopes, J.B. y Costa, N. (2007) The evaluation of modelling Competences: difficulties and potentials for the learning of the sciences. *International Journal of Science Education*, 29(7), 811–851.
- Merino Rubilar, C.; Izquierdo Aymerich, M. (2011) Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación química*, 22(3), 212-223.
- Nersessian, N. J. (1999) Model-based reasoning in conceptual change. En L. Magnani, N.J. Nersessian y P Thagard. *Model-base reasoning in scientific discovery*. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York.
- Oliva, J.M. 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.
- Raviolo, A., Garritz, A. y Sosa, P. (2011) Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 240-254. En línea en: <http://hdl.handle.net/10498/14388>
- diSessa, A. A. (2004) Metarepresentation: native competence and targets for instruction. *Cognition Instruct*, 22, 293-331.
- Treagust, D.F.; Chittleborough, G. y Mamiala, T. (2003) The role of submicroscopic and symbolic representations in Chemical explanations. *International Journal Of Science Education*, 25(11), 1353-1368.