

Contextualización, indagación y modelización

Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química

Aureli Caamaño

La enseñanza de la química debería conseguir integrar contextualización, indagación y modelización como procesos imprescindibles en el aprendizaje de la competencia científica. En el presente artículo se abordan estos tres enfoques básicos de la enseñanza de las ciencias y de la química, en particular, y se explora cómo podrían integrarse para conseguir una enseñanza de la química más significativa y relevante, y un aprendizaje más efectivo de la competencia científica.

▣ **PALABRAS CLAVE:** química en contexto, indagación, modelización, educación química, competencia científica.



La enseñanza contextualizada de la ciencia

Por contextualizar la ciencia entendemos relacionarla con la vida cotidiana de los estudiantes y hacer ver su interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social. La manera de utilizar el contexto —las aplicaciones de la ciencia y las interacciones entre la ciencia, la sociedad y el medioambiente— permite diferenciar dos enfoques CTS (ciencia-tecnología-sociedad) de la enseñanza de las ciencias: mientras que en uno se parte de los conceptos para interpretar y explicar el contexto; en otro, se parte del contexto para introducir y desarrollar los conceptos y modelos. Este último, que es el que propiamente se denomina «enfoque basado en el con-

texto», está siendo ampliamente utilizado en los nuevos enfoques de la enseñanza de la ciencia (Nentwig y Waddington, 2005) y empezando a ser introducido con diferentes énfasis en las reformas curriculares en muchos países (Caamaño, 2005, 2007, 2011a; Martín-Díaz, Gutiérrez Julián y Gómez Crespo, 2011).

La manera de utilizar el contexto permite diferenciar dos enfoques ciencia-tecnología-sociedad: en uno se parte de los conceptos para interpretar y explicar el contexto; en otro, se parte del contexto para introducir y desarrollar los conceptos y modelos

Desde el punto de vista teórico, la enseñanza contextualizada se fundamenta en la visión del aprendizaje situado. Mientras que las teorías cognitivas consideran el conocimiento como una entidad abstracta que se halla en la mente de los individuos, los enfoques «situados» enfatizan la situación y el contexto en el cual el aprendizaje tiene lugar. La tesis principal del aprendizaje situado es que, para que la transferencia de conocimiento tenga lugar, este debe ser adquirido en un proceso autodependiente y activo a través de un contexto auténtico.

El aprendizaje basado en la resolución de problemas integra los enfoques cognitivista y situacionista; además, da importancia simultánea al proceso de instrucción del profesor

y al de construcción del conocimiento del estudiante. El aprendizaje se contempla como un proceso autodirigido y constructivo, pero facilitado y mejorado mediante una ayuda instruccional apropiada.

Los modelos científicos y el proceso de modelización escolar

La ciencia es una actividad encaminada a producir modelos que ayudan a explicar los fenómenos que queremos comprender. De acuerdo con Justi (2011a), la investigación científica se caracteriza por el desarrollo, evaluación y revisión de modelos, explicaciones y teorías a través de criterios y estrategias propios de la ciencia. Considerando las etapas involucradas en este proceso, parece obvio que aprender a pensar científicamente sería aprender a desarrollar, evaluar y revisar modelos, explicaciones y teorías.

De hecho, la actividad científica supone dos conjuntos de procesos igualmente importantes. En primer lugar, se encuentran los procesos asociados con la generación de hipótesis, que se engloban en la expresión «contexto de descubrimiento». Estos procesos abordan las características del desarrollo del conocimiento científico y tienen que ver con el origen y la evolución de las ideas (teorías y modelos). El segundo conjunto se relaciona con la

comprobación de las hipótesis y pertenece al «contexto de la justificación», que se refiere a cómo se reúnen pruebas y cómo se establece su validez y fiabilidad (Duschl, 1997).

Las teorías científicas son conjuntos de ideas sobre el mundo basadas en pruebas; son internamente consistentes y usualmente están de acuerdo con otras teorías aceptadas. Los modelos son representaciones de un objeto, un proceso o un fenómeno, con la finalidad de explicar su estructura o funcionamiento y predecir futuros estados. Ocupan una posición intermedia entre los fenómenos y las teorías; son un mediador entre la realidad que se modeliza y las teorías sobre esa realidad. No debe olvidarse que son representaciones parciales de la realidad, lo que implica que no son la realidad ni copias de la realidad (Justi, 2011a).

El desarrollo del conocimiento científico relativo a cualquier fenómeno se relaciona normalmente con la producción de una serie de modelos con

Los modelos son representaciones de un objeto, un proceso o un fenómeno, con la finalidad de explicar su estructura o funcionamiento y predecir futuros estados

diferentes alcances y poder de predicción. Los modelos científicos escolares (también llamados *modelos curriculares*) son la versión escolar de los modelos

científicos incluidos en el currículo. Las personas y los estudiantes aprenden sobre el mundo construyendo modelos mentales sobre aspectos de este de su interés.

El proceso de aprendizaje en el aula debería consistir en la elaboración de una sucesión de modelos mentales de los estudiantes que progresivamente se irían aproximando al modelo científico escolar deseado en cada nivel educativo. El proceso de modelización escolar ha adquirido recientemente una gran importancia como objetivo fundamental de la enseñanza de las ciencias (Cañal, 2004; Izquierdo y Aliberas, 2004).

De acuerdo con Gutiérrez (2004), las etapas para ayudar a los estudiantes a modelizar un fenómeno/proceso serían las siguientes:

1. Seleccionar el fenómeno que se desea modelizar.
2. Decidir el modelo que se quiere construir (modelo escolar).
3. Tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes y seleccionar –si procede– las analogías/similitudes que faciliten el acercamiento del modelo mental de los estudiantes al modelo escolar.
4. Pedir al alumnado que exprese cómo se imagina su modelo mental (elementos, propiedades y reglas de funcionamiento).
5. Ayudar al estudiante a que realice una simulación mental del modelo y lo compare con el fenómeno que está modelizando.
6. Si existe correspondencia, pasar a la fase de contraste experimental, generalización y predicción.
7. Si no existe correspondencia, ayudarle a revisar y rediseñar su modelo mental, ya sea en lo que hace referencia a las entidades constituyentes, a sus propiedades o a las reglas de funcionamiento.

8. Si la modelización es válida, pasar a investigar los límites del modelo.

Rosária Justi (2011b) propone que la modelización escolar tenga lugar a través de las siguientes etapas:

1. La elaboración de un modelo mental del estudiante a partir de sus ideas previas, la información externa obtenida a partir de evidencias experimentales y por otros medios, y la utilización de un razonamiento analógico en el proceso de relacionar informaciones.
2. La representación del modelo mental mediante dibujos, esquemas, ecuaciones, maquetas, etc.
3. La puesta a prueba (empírica o mental) del modelo.
4. La evaluación del alcance y de las limitaciones del modelo elaborado.

Una de las funciones principales de los modelos es poder explicar fenómenos y predecir su comportamiento frente a nuevas condiciones

Una de las funciones principales de los modelos es poder explicar fenómenos y predecir su comportamiento frente a nuevas condiciones. Cuando solicitamos a un estudiante que explique o interprete un fenómeno o un hecho, generalmente le estamos pidiendo que lo haga a partir de un modelo. Sin embargo, esto no es siempre obvio para los estudiantes. Muchos de ellos no son capaces de identificar el tipo de respuesta que se les pide y dan explicaciones superficiales basadas en el sentido común,

teleológicas (finalistas) o basadas en reglas heurísticas de poco valor conceptual, que, aun siendo ciertas, no exponen la verdadera causa del hecho o de la relación entre variables que se quiere manifestar (Caamaño y Guitart, 2011). Para mejorar esta situación, sería necesario detallar más claramente el tipo de explicación que pedimos a nuestros alumnos y potenciar aquellas basadas en modelos, frente a las que se basan en reglas.

La enseñanza por investigación

Pedro Cañal (2007) afirmaba que la investigación escolar es hoy una opción didáctica sólidamente fundamentada, con valiosos precedentes históricos, pero muy distante de concepciones anteriores como las propuestas de aprendizaje por descubrimiento.

Se trata de un enfoque en el que caben múltiples posibilidades: desde prestar mayor atención al entorno vivencial y a las preguntas de los escolares sobre él, hasta la introducción de actividades de tratamiento de problemas abiertos, como los trabajos prácticos investigativos o el desarrollo de secuencias didácticas plenamente investigadoras. Una serie de trabajos han abordado en los últimos años la conveniencia de la enseñanza de las ciencias por investigación y la forma de extender su implementación (Garritz e Irazoque, 2004; Mas, 2011; Martins, Vieira y Tenreiro-Vieira, 2011; Caamaño, en prensa).

La indagación experimental forma parte del proceso de elaboración de modelos en el marco escolar, en las

fases de elaboración y puesta a prueba de los modelos mentales, como acabamos de ver en el apartado anterior.

Este tipo de actividades investigativas han sido caracterizadas como investigaciones para resolver problemas teóricos (Caamaño, 2004). Sin embargo, existe otro tipo de investigaciones cuyo objetivo es la resolución de problemas prácticos, más ligados a contextos de la vida cotidiana, que no pretenden la generación de conocimiento teórico, pero que son muy útiles para la comprensión procedimental de la ciencia, es decir, para aprender los procesos que caracterizan la investigación.

La comprensión procedimental de la ciencia es uno de los objetivos de su enseñanza y la realización de actividades investigativas en el aula es una de las formas de adquirir esta comprensión con una perspectiva holística. Por tanto, el enfoque de indagativo en la enseñanza de las ciencias se justifica tanto por constituir un método de comprensión de la naturaleza de la ciencia como por constituir un elemento básico de la construcción del conocimiento escolar en los procesos de modelización.

Atendiendo a la diferenciación establecida entre investigaciones para resolver problemas teóricos (actividad propia de los procesos de modeliza-

ción) e investigaciones para resolver problemas prácticos (actividad propia de los procesos de comprensión procedimental de la ciencia que no pretenden generar conocimiento teórico), una enseñanza de las ciencias basada en la contextualización, la

modelización y la indagación precisa que las investigaciones planteadas partan de problemas reales, de carácter teórico o aplicado, cuya resolución im-

plique procesos de modelización (Caamaño, 2011b).

Conclusión

En este artículo hemos argumentado la necesidad de integración de tres enfoques en la enseñanza de las ciencias, que se han desarrollado, en parte, de forma separada hasta el momento y que se basan en diferentes aspectos: la contextualización, la modelización y la indagación. Sería necesario continuar investigando y explorando formas de mayor integración de estos tres enfoques para conseguir alcanzar una enseñanza de la química más significativa, auténtica y relevante. ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAAMAÑO, A. (2004): «Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos?». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 39, pp. 8-19.

— (2005): «Contextualizar la ciencia. Una necesidad en el nuevo currículo de ciencias». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 46, pp. 5-8.

— (2007): «Modelizar y contextualizar el currículum de química: un proceso en constante desarrollo», en IZQUIERDO, M.; CAAMAÑO, A.; QUINTANILLA, M. (eds.): *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Barcelona. Universidad Autónoma de Barcelona.

— (2011a): «La química en el bachillerato: por una química en contexto», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Física y química. Complementos de formación disciplinar*. Barcelona. Graó.

— (en prensa): «La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos», en PEDRINACI, E. (coord.): *11 Cuestiones clave sobre la adquisición de la competencia científica*. Barcelona. Graó.

— (2011b). «Enseñar química a través de la contextualización, la modelización y la indagación». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 69, pp. 21-34.

CAAMAÑO, A.; GUITART, J. (2011): «Reflexions en torn d'algunes explicacions químiques dels estudiants a les proves d'accés a la universitat». *Educació Química EduQ*, núm. 8, pp. 52-57.

CAÑAL, P. (coord.) (2004): «De las concepciones a los modelos en la enseñanza de las ciencias». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 42.

— (2007): «La investigación escolar hoy». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 52, pp. 9-19.

DUSCHL, R.A. (1997): *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Madrid. Narcea.

GUTIÉRREZ, R. (2004): «La modelización y los procesos de enseñanza/aprendizaje». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 42, pp. 8-18.

GARRITZ, A.; IRAZOQUE, G. (2004): «El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en química». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 39, pp. 40-51.

IZQUIERDO, M.; ALIBERAS, J. (2004): «L'aprenentatge dels models científics», en: *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Barcelona. Universidad Autónoma de Barcelona, pp. 127-138.

JUSTI, R. (2011a): «Las concepciones de "modelo" de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. Una relación compleja y central en la enseñanza de las ciencias», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Didáctica de la física y química*. Barcelona. Graó.

JUSTI, R. (2011b): «Contribucions de la investigació didàctica a l'ensenyament de la química basat en la modelització». *Educació Química EduQ*, núm. 8, pp. 11-22.

MAS, V. (2011): «La enseñanza de la química en secundaria basada en una pedagogía de investigación». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 69, pp. 42-51.

MARTÍN-DÍAZ, M.J.; GUTIÉRREZ JULIÁN, M.S.; GÓMEZ CRESPO, M.A. (2011): «Las ciencias en la ESO desde la perspectiva de la alfabetización científica», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Física y química. Complementos de formación disciplinar*. Barcelona. Graó.

MARTINS, I.P.; VIEIRA, R.M.; TENREIRO-VIEIRA, C. (2011): «A química nos primeiros anos de escolaridade em Portugal. A

dissolução em líquidos e o trabalho investigativo». *Educació Química EduQ*, núm. 8, pp. 35-43.

NENTWIG, P.; WADDINGTON, D. (eds.) (2005): *Making it relevant. Context based learning of science*. Múnich. Waxmann.

HEMOS HABLADO DE:

- Química.
- Competencia conocimiento del medio natural.
- Metodología de investigación.

AUTOR

Aureli Caamaño Ros

Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias. Barcelona
aurelicaamano@gmail.com

Este artículo fue solicitado por AULA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA en mayo de 2011 y aceptado en julio de 2011 para su publicación.