

CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO EN PROFESORES MEXICANOS SOBRE EL CONCEPTO DE 'REACCIÓN QUÍMICA'

REYES, FLOR; GARRITZ, ANDONI y VARGAS, MARIANA
Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

Palabras clave: Conocimiento pedagógico del contenido; Concepciones alternativas; Reacción química; Formación de profesores.

OBJETIVO

Documentar el **Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC)** de cinco profesores universitarios sobre el tema '**Reacción Química**' (RQ), siguiendo la técnica propuesta por Loughran, Mulhall y Berry.

MARCO TEÓRICO

Shulman (1986) acuñó la frase **Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC)** como un tipo de conocimiento que los profesores de ciencias deben poseer, ya que no sólo tienen que conocer y entender el tema científico, sino también cómo enseñar ese contenido específico de forma efectiva. En un escrito posterior, Vicente Mellado lo denominó **Conocimiento Didáctico del Contenido**, con lo cual generalizó ese uso en España. En el mismo contexto, también se emplea el término de **Transposición didáctica**, acuñado por Chevallard. Nosotros lo llamamos CPC, por respetar el término utilizado por el autor del concepto y porque es empleado así en la metodología de este estudio, documentada por Loughran, Mulhall y Berry (2004).

Dentro del CPC, los profesores deben conocer qué es lo que resulta fácil o difícil de aprender por sus alumnos; es decir, cuáles son sus **Concepciones Alternativas (CA)** comunes; y cómo organizar, secuenciar y presentar el contenido para abastecer los diversos intereses y capacidades de sus alumnos. Es decir, los profesores necesitan desarrollar el conocimiento de las estrategias más probables de ser fructíferas en la reorganización del entendimiento de sus alumnos.

Lo que hacen los profesores expertos es transformar el **Contenido de la Materia (CM)** en formas que sean más accesibles a sus estudiantes, y lo adaptan al contexto del tema específico, desarrollando así el CPC. Lo que se ha vuelto crucial en este tipo de investigación es la importancia de la relación entre lo que los profesores piensan y cómo enseñan.

Resulta suficiente decir, en palabras de Shulman, que el CPC bien desarrollado habilita a los profesores para responder a preguntas tales como: "*¿Qué analogías, metáforas, ejemplos, símiles, demostraciones, simulaciones, manipulaciones, o similares, son las formas más efectivas para comunicar los entendimientos apropiados o las actitudes de este tema a estudiantes con antecedentes particulares?*".

Shulman extiende la noción del conocimiento básico con que el profesor debe contar, incluyendo al menos los siguientes siete tipos de conocimiento:

- Conocimiento del contenido de la materia (CM)
- Conocimiento pedagógico general
- Conocimiento curricular
- Conocimiento pedagógico del contenido (CPC)
- Conocimiento de los aprendices y sus características
- Conocimiento del contexto educativo
- Conocimiento de los fines, propósitos y valores educacionales y sus bases filosóficas e históricas

Varios estudios de programas de formación de profesores han aparecido, en los cuales se demuestra que el CPC es adquirido principalmente por la propia experiencia en la docencia (Gess-Newsome y Lederman, 1999; De Jong, Veal y van Driel, 2002). Existen diversos trabajos recientes, y en un número creciente, en los que se documenta el CPC de los profesores en diversos temas específicos.

El CPC ha dado toda una reformulación a los programas de formación de profesores de ciencias. Hoy ha crecido la atención hacia el CM y CPC en los programas de formación docente (De Jong y van Driel, 2004).

DESARROLLO DEL TEMA

Una parte importante del CPC es que el profesor conozca las CA de los estudiantes, por lo que realizamos una revisión de las principales referencias de CA del concepto 'Reacción Química' (RQ) (ver, por ejemplo Kind, 2004, entre otras). En estas investigaciones se muestra que los alumnos presentan un amplio espectro de CA.

Andersson, por ejemplo, menciona que *“La investigación y la experiencia muestran que muchos pupilos encuentran difícil de entender estos conceptos [RQ y otros]. Estudios recientes han mostrado que no sólo los estudiantes tienen concepciones alternativas de la materia y sus transformaciones, que difieren marcadamente del programa de la escuela, sino que [además] estas concepciones alternativas persisten aún después de que la educación obligatoria ha terminado.”* Al conocer las CA que el alumno tiene con respecto al tema es posible mejorar la enseñanza de la química.

La metodología aplicada para documentar el CPC de los profesores fue la **Representación del Contenido (ReCo)** y los **Repertorios de experiencia Profesional y Pedagógica (Re-PyP)** informados por Loughran, Mulhall y Berry (2004). La ReCo establece y discute el entendimiento de los profesores de ciencias sobre aspectos particulares del CPC (empezando por declarar las ideas centrales alrededor del tema específico; el porqué resulta importante que los alumnos las adquieran; el conocimiento de las CA de los alumnos; los puntos conocidos de confusión en ellos; la secuenciación efectiva; las estrategias didácticas empleadas para presentar las ideas y las formas perspicaces de evaluar la comprensión de las mismas). Por su parte, los Re-PyP son ensayos narrativos desarrollados a partir de descripciones detalladas dadas por el profesor, ya sea durante su clase, en entrevistas, o en ambas. Un Re-PyP refleja, por lo tanto, la riqueza y el razonamiento del maestro, es decir, el pensamiento y acciones que debe llevar a cabo al enseñar un tema específico del contenido científico.

Nuestra muestra fue de cinco profesores de nivel universitario. Cada uno de ellos fue entrevistado, con base en un cuestionario (Recuadro 1) para que desarrollaran sus ideas centrales acerca de la enseñanza del concepto RQ.

Con la ReCo más extensa y específica de uno de los profesores, auxiliados por la observación de su clase y de una entrevista, escribimos un Re-PyP sobre la porción experimental de su clase. Elaboramos un segundo Re-PyP sobre las razones que da un segundo profesor para no hablar de 'cambios físicos' y 'cambios químicos' durante su enseñanza.

RECUADRO 1
Base de las entrevistas para obtener la ReCo de los profesores

¿Cuáles son las ideas científicas que se encuentran en el centro de este tema?

PARA CADA UNA DE ESTAS IDEAS RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?
2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea?
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea? (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)
4. ¿Cuáles son las dificultades/ limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?
7. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea).
8. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?

RESULTADOS

Como un ejemplo de las 5 ReCo`s obtenidas presentamos las siete ideas centrales del CPC de uno de los profesores:

- a. Cada sustancia posee una fórmula única, que la caracteriza y que muestra los tipos de átomos que la componen y su análisis elemental.
- b. Ocurre una RQ cuando unas sustancias iniciales se transforman en otras nuevas sustancias que tienen diferentes propiedades físicas y químicas.
- c. En toda RQ la masa total presente antes y después del cambio es la misma.
- d. Si se piensa en una RQ como un reacomodo de átomos a nivel molecular, es fácil entender la ley de conservación de la materia.
- e. Una RQ se representa por medio de una ecuación química.
- f. Una ecuación química proporciona información cuantitativa cuando está balanceada [...], lo cual es consistente con la ley de conservación de la masa.
- g. Existen diversos tipos de RQs [...], lo que nos sugiere la posibilidad de clasificarlas.

En este caso, hemos encontrado tres ideas centrales (a, b y g) en común con el estudio de profesores australianos (Mulhall, Berry y Loughran, 2003). Resulta notable que en ese trabajo no aparezcan ideas centrales como las referidas a los aspectos submicroscópicos, como la 'd', o a los aspectos simbólicos involucrados, como las 'e' y 'f'.

Es importante reconocer que los profesores entrevistados tienen un conocimiento amplio de las CA informadas como las más comunes. Las respuestas al cuestionario (Recuadro 1) han recogido una buena cantidad de CA de los alumnos. A continuación presentamos las 4 ideas más relevantes del CPC desarrolladas por el mismo profesor, en donde agrupamos algunas de las CA y las relacionamos con algunos autores que las informan en sus artículos:

Idea central	Problemas que presentan los alumnos	CA informadas y su fuente en la literatura	Estrategia pedagógica
Sustancia	La palabra 'sustancia' tiene una concepción cotidiana [...], lo cual dificulta su aprendizaje. Hay que poner énfasis en la concepción química de este término.	Algunos alumnos consideran que los conceptos de 'sustancia' y 'elemento' denotan la misma cuestión. (Kind, 2004, p. 60)	Al enseñar el concepto de 'sustancia' resulta conveniente pasar de lo macroscópico a lo microscópico.
Identificación de la reacción y conservación de la materia	El proceso de aparición y desaparición de sustancias no es comprendido cabalmente por el alumno, pues interfiere con su concepción acerca de la conservación de la materia	La aparición de sustancias durante una RQ no es del todo visible en muchos casos, como cuando no hay cambio de color (Kind, 2004, Pp. 55, 56)	Resulta conveniente explicar que no siempre resulta evidente la aparición de nuevas sustancias, así como llevar a cabo reacciones reales en una balanza
Formulas y ecuaciones químicas	El alumno no identifica las proporciones atómicas en la escritura de fórmulas. La estereoquímica requiere el uso de símbolos para dejar en claro a qué RQ se hace referencia	Para algunos alumnos no es claro lo que significan las fórmulas, por lo que hay que empezar por este tema.	Llevar a cabo reacciones reales que se escriben con el lenguaje simbólico para aprender la idea
RQ como ruptura y formación de enlaces	El alumno debe acostumbrarse a cambiar la representación de los fenómenos de lo macroscópico, a lo submicroscópico y a lo simbólico. Debe asimilar las ideas acerca de la naturaleza corpuscular de la materia, ya que de otra forma no habrá manera de que entienda el tema	El balanceo de la ecuación no tiene que ver con la conservación de la materia	El punto clave que se requiere aprender es que los átomos sí mantienen su identidad en una RQ, pero las moléculas no

CONCLUSIONES

Las ideas de Shulman han traído una revolución en el proceso de formación y evaluación de profesores. Van Driel, de Jong y Verloop (2002, p.587) han insistido en que “*el problema es reconceptualizar la educación de los profesores de ciencias de forma que se integren cursos de la materia y de pedagogía con las experiencias en el campo de la docencia.*”

Como resultado importante de la captura del CPC de los cinco profesores tenemos los siguientes seis puntos:

- Un problema que presenta la enseñanza de este tema, es que en ocasiones, para muchos alumnos, la aparición de sustancias no es visible; así mismo, se les dificulta comprender que aparezcan nuevas sustancias y que se conserve la materia.

- Solamente llegan a aceptar lo anterior cuando abordan la reacción química a nivel microscópico y verifican que lo que se conserva es el número de átomos de cada elemento.
- El alumno debe llevar a cabo reacciones reales, inclusive en la balanza, y debe intentar escribirlas con lenguaje simbólico, aunque falle al principio.
- Se recomienda que el estudiante observe y analice varias RQ hasta que saque sus propias conclusiones acerca de lo que una RQ representa. Resulta importante que el profesor presente algunos ejemplos como demostraciones de cátedra.
- En cuanto a las concepciones alternativas de los alumnos, el CPC de los profesores entrevistados contiene gran cantidad de información, particularmente en cuanto a los conceptos centrales 'sustancia' y RQ.
- Al profesor le conviene al empezar el tema hablar de lo vano que resulta diferenciar los cambios químicos de los físicos.

Concluimos lo importante que resulta documentar el CPC de profesores destacados de ciencias en un número creciente de temas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE JONG, O., VEAL, W. R. y VAN DRIEL, J. H. (2002). Exploring Chemistry Teachers' Knowledge Base, en J. K. Gilbert et al (eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Pp.369–390. The Netherlands: Kluwer.
- DE JONG, O. y VAN DRIEL, J. H. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics, *Journal of Science and Mathematics Education 2*, 477-491.
- GESS-NEWSOME, J. y LEDERMAN, N.G. (Eds.) (1999). *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- KIND, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Aula XXI Santillana-Facultad de Química, UNAM.
- LOUGHRAN, J., MULHALL, P. y BERRY, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 41(4), Pp.370–391.
- MULHALL, P., BERRY, A. y LOUGHRAN, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge, *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Vol. 4,(2), Art. 2 en: http://www.ied.edu.hk/apfslt/v4_issue2/mulhall/index.htm#contents
- SHULMAN, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, Vol. 15, Pp.4–14.
- VAN DRIEL, J. H., DE JONG, O. y VERLOOP, N. (2002). The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge, *Science Education*, Vol. 86(4), Pp.572-590.