

El conocimiento pedagógico del contenido

Andoni Garritz y Rufino Trinidad-Velasco

La propuesta de Shulman

En el verano de 1983, Lee S. Shulman (1999) dictó una conferencia en la Universidad de Texas, en Austin, la cual tituló ambigüamente “El paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza”. En ella especuló sobre dicho paradigma perdido y propuso al final de su presentación que ese paradigma era el de la materia de estudio y su interacción con la pedagogía llevada a cabo por los profesores. Esta propuesta sorprendió a todo mundo ya que hasta entonces los estudios sobre la enseñanza se habían enfocado en las formas de comportamiento del profesor más que en las de su pensamiento. Shulman mismo, en sus enfoques más cognitivos de estudio de la enseñanza, había tratado a los profesores de una manera muy genérica como pensadores. Por otro lado, el enfoque de la psicología cognitiva del aprendizaje se había dado estrictamente desde la perspectiva de los aprendices y la investigación sobre la enseñanza había tendido a ignorar los puntos con relación a los profesores.

Para abordar esto Shulman planteó algunas preguntas como las siguientes: ¿Cómo el estudiante universitario exitoso que se convierte en profesor novato transforma su pericia en la materia en una forma que los estudiantes de bachillerato puedan comprender?, ¿Cuáles son las fuentes de las analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones y reformulaciones que el profesor usa en el aula?, ¿Cómo los profesores toman una parte de un texto y transforman su entendimiento en instrucción que sus estudiantes puedan comprender?

Tres años más tarde, Shulman (1986) publica las primeras ideas que resultan de los estudios sobre la interacción entre el contenido temático de la materia y la pedagogía. En este trabajo se burla de la frase de un siglo atrás de George Bernard Shaw: “El que puede, hace. El que no puede, enseña” y la reescribe al final de su artículo como “Aquellos que pueden, hacen. Aquellos que entienden, enseñan”.

El plantea que para ubicar el conocimiento que se desarrolla en las mentes de los profesores, habría que distinguir tres tipos de conocimiento:

- (a) conocimiento del contenido temático de la materia,
- (b) conocimiento pedagógico del contenido (CPC), “el tema de la materia *para la enseñanza*”, y
- (c) conocimiento curricular.

El *conocimiento del contenido temático* se refiere a la canti-

dad y organización de conocimiento del tema *per se* en la mente del profesor. Para pensar apropiadamente acerca del conocimiento del contenido se requiere ir más allá del conocimiento de los hechos o conceptos de un dominio, se requiere entender las estructuras del tema. Según Schwab (1978), dichas estructuras incluyen las sustantivas y las sintácticas. Las primeras son la variedad de formas en las cuales los conceptos y principios básicos de la disciplina son organizados para incorporar sus hechos. La estructura sintáctica de una disciplina es el conjunto de formas en las cuales son establecidas la verdad o falsedad, la validez o invalidez de alguna afirmación sobre un fenómeno dado.

El último, el *conocimiento curricular*, dice Shulman que “está representado por el abanico completo de programas diseñados para la enseñanza de temas particulares que se encuentra disponible en relación con estos programas, al igual que el conjunto de características que sirven tanto como indicaciones como contraindicaciones para el uso de currículos particulares o materiales de programas en circunstancias particulares”.

El CPC

De estos tres tipos de conocimiento, el segundo (CPC) es el que ha recibido más atención, tanto en el campo de la investigación, como en el de la práctica. Sobre el CPC, Shulman nos dice “es el conocimiento que va más allá del tema de la materia *per se* y que llega a la dimensión del conocimiento del tema de la materia *para la enseñanza*” (Shulman, 1987, p. 9). Hay que diferenciar el CPC del Conocimiento Pedagógico General para la enseñanza, el cual es el conocimiento de principios genéricos de organización y dirección en el salón de clases; el conocimiento de las teorías y métodos de enseñanza.

En el tipo CPC, se incluye, para los tópicos más regularmente enseñados en el área temática del profesor, “las formas más útiles de representación de estas ideas; las analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones más poderosas; en pocas palabras, las formas de representación y formulación del tema que lo hace comprensible a otros” (Shulman, 1987, p. 9), es decir, todo el esfuerzo que hace el profesor para hacer comprensible su tema en particular.

El CPC también incluye un entendimiento de lo que hace fácil o difícil el aprendizaje de tópicos específicos: “las

concepciones y preconcepciones que los estudiantes de diferentes edades y antecedentes traen al aprendizaje de los tópicos y lecciones más frecuentemente enseñados”. Si estas preconcepciones son errores conceptuales, como lo son frecuentemente, los profesores necesitan el conocimiento de las estrategias más probables de ser fructíferas en la reorganización del entendimiento de los aprendices, ya que es improbable que los cerebros de estos aprendices se comporten como pizarras blancas.

Shulman extiende en 1987 la noción del conocimiento básico con que el profesor debe contar, incluyendo al menos los siguientes siete tipos de conocimiento:

- Conocimiento del contenido temático de la materia o asignatura (CA).
- 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.

Actualmente el CPC está incluido en los Estándares de Desarrollo Profesional de los Profesores de Ciencias de los Estados Unidos (National Research Council, pp. 62-68, 1996; Enfield, 1999) y se ha tomado en ese país como una guía para la reforma educativa en los programas de formación de los profesores de ciencias (ver, por ejemplo, Talanquer, 2003).

En la didáctica de las ciencias, el CPC ha sido usado como un término para describir cómo los profesores novatos aprenden poco a poco a *interpretar* y *transformar* su contenido temático del área en unidades de significados comprensibles para un grupo diverso de estudiantes (Van Driel, Verloop y de Vos, 1998). Estos autores insisten en que el CPC fue introducido por Shulman argumentando que la investigación de la enseñanza y la educación de profesores habían ignorado preguntas de investigación relativas al contenido de las lecciones enseñadas. De manera similar, Veal y Makinster (1999) definen el CPC como la habilidad para *traducir* el contenido temático a un grupo diverso de estudiantes usando estrategias y métodos de instrucción y evaluación múltiples, tomando en cuenta las limitaciones contextuales, culturales y sociales en el ambiente de aprendizaje.

Cochran, DeRuiter y King (1993), en un sentido más amplio, definen el CPC como el entendimiento integrado de las cuatro componentes que posee un profesor: pedagogía, conocimiento temático de la materia, características de los estudiantes y el contexto ambiental del aprendizaje. Ideal-

Lee S. Shulman

Es actualmente el presidente de la “Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching”. Empezó su carrera como profesor de Psicología Educativa y Educación Médica en la Universidad Estatal de Michigan de 1963 a 1982, mudándose posteriormente a la Facultad de Educación de la Universidad de Stanford. Fue el último presidente de la Asociación Americana de Investigación Educativa (AERA, por sus siglas en inglés) y lo fue también de la Academia Nacional de Educación (NAE). Entre 1985 y 1990 él y otros colegas condujeron los estudios técnicos que fundamentaron la creación de la “National Board of Professional Teaching Standards”.



Lee S. Shulman.

La investigación y los escritos de Shulman han tenido que ver con el estudio de la enseñanza y la formación de profesores, el crecimiento del conocimiento entre aquellos que aprenden a enseñar, la evaluación de la enseñanza, la educación médica, la psicología de la instrucción en ciencias, matemática y medicina, la lógica de la investigación educativa y la calidad de la enseñanza en la educación superior.

Nos toca hoy retomar algunos de los trabajos de Shulman, en los que reconsidera el conocimiento del profesor, con especial atención al papel que juega el entendimiento y transformación del contenido en el proceso pedagógico. Nos referimos al Conocimiento Pedagógico del Contenido (“Pedagogical Content Knowledge”), que tantas referencias tiene hoy en la literatura del proceso de formación y evaluación de la docencia.

mente, el CPC se genera como una síntesis del desarrollo simultáneo de estas cuatro componentes.

Por su parte, Grossman (1990) identifica cuatro fuentes a partir de las cuales el CPC se genera y desarrolla: la observación de las clases, tanto en la etapa de estudiante como en la de profesor-estudiante; la formación disciplinaria; los cursos específicos durante la formación como profesor y la experiencia de enseñanza en el salón de clases.

En este contexto, Chevallard (1991) maneja un concepto similar al del CPC, el de transposición didáctica: “Un contenido de saber que ha sido designado como saber enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza. El ‘trabajo’ que transforma de un objeto de saber a enseñar en un objeto de enseñanza, es denominado la *transposición didáctica*”.

A la fecha, existen diversos escritos sobre el CPC y sus aspectos relacionados, dentro de los cuales habría que mencionar el libro editado por Julie Gess-Newsome y Norman G. Lederman (1999), *Examining Pedagogical Content Knowled-*

ge, el cual tiene un enfoque sobre la educación en ciencias y representa el primer intento sistemático para sintetizar la investigación sobre el CPC, el modelo del cual fue derivado, y para trazar sus implicaciones para la investigación y la práctica.

En los cambios que se han suscitado en los últimos años en los programas de educación de profesores de ciencias, De Jong, Korthagen y Wubbels (1998) ubican como una tendencia común importante, el creciente interés en los pensamientos de los profesores de ciencias, especialmente en el conocimiento de la asignatura y en sus concepciones del aprendizaje.

EL CPC de química

Respecto al CPC en la enseñanza de la química se han encontrado relativamente pocos estudios, dentro de los que podemos mencionar los siguientes:

- a) El de Clermont, Krajcik, y Borko (1993), en el cual realizan una exploración de la naturaleza del crecimiento del CPC que ocurre a profesores de ciencias de nivel medio que participan en un taller intensivo de capacitación sobre enseñanza usando demostraciones para dos conceptos básicos en física y química: la densidad y la presión del aire.

Estos autores encuentran que el CPC de los profesores de ciencias puede crecer a través de talleres intensivos orientados a desarrollar habilidades. Sin embargo, aunque hubo un crecimiento en los repertorios representacional y adaptacional de estos profesores, en otros dos aspectos del CPC parece haber ocurrido mucho menos avance; esto es, en el conocimiento asociado con la evaluación crítica y del contenido y con la selección instruccional. Estos hallazgos indican que el CPC es un sistema de conocimiento complejo y sugieren que sus diferentes componentes pueden mostrar diferentes velocidades de crecimiento en una actividad de capacitación.

- b) Estos mismos autores, Clermont, Borko y Krajcik (1994), examinan en otro artículo el CPC de profesores de química, tanto con experiencia como principiantes, que usan como estrategia la enseñanza por demostraciones, ya que ésta se considera un componente importante del repertorio pedagógico de los profesores de ciencias y es un área que no está bien desarrollada.

Los hallazgos sugieren que los profesores con experiencia, comparados con los novatos, poseen un mejor repertorio adaptacional y representacional para la enseñanza de conceptos fundamentales en química. También parecen ser más conocedores de la complejidad de las demostraciones químicas, cómo dicha complejidad pue-

de interferir con el aprendizaje y cómo las demostraciones químicas más simples pueden promover mejor el aprendizaje de conceptos.

- c) Veal (1998) realiza un estudio sobre la evolución del CPC de futuros profesores de química de secundaria sobre aspectos de termodinámica, y encuentra básicamente lo siguiente:
- i) Los futuros profesores desarrollan diferentes tipos de CPC: general, de dominio específico y de tópico específico, los cuales difieren en sus propósitos, usos y aplicaciones (Veal, 1999); la velocidad y el grado de desarrollo de cada uno de estos tipos de CPC se encuentra en función de su formación y experiencia anterior.
 - ii) El desarrollo del CPC de tópico específico ocurrió antes del de dominio específico.
 - iii) Las futuras profesoras demostraron y desarrollaron un entendimiento fundamental de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que servirá como base para el desarrollo de un CPC de dominio específico mayor.
- d) Van Driel, Verloop y de Vos (1998) realizan un estudio empírico enfocado al CPC de un tópico específico, el equilibrio químico; allí incluyen, además, una revisión de la literatura sobre el CPC de los profesores con respecto a la enseñanza en general y en el dominio de la educación en ciencias. Encuentran que las estrategias de enseñanza identificadas en el estudio no son útiles en un sentido universal, sino se refieren exclusivamente al tópico involucrado; aún más, como los profesores enseñan tópicos específicos, estas estrategias adicionan un elemento único y valioso al conocimiento básico educacional.
- e) Dawkins y Butler (2001) analizan el CPC de siete estudiantes del profesorado de ciencias del segundo año universitario respecto al concepto de mol. Encuentran que las estrategias empleadas por ellos para la enseñanza tienen marcada influencia de los libros de texto de química, en los cuales no siempre se manejan los conceptos como los manejan los científicos (no usan, por ejemplo, el término “cantidad de sustancia”). Asimismo, hallan que un entendimiento claro del concepto no necesariamente implica que se usen las estrategias más adecuadas para la resolución de problemas relativos a la proporción entre masa y moles.
- f) Recientemente, De Jong, Veal y Van Driel (2002) realizan una recopilación de los estudios llevados a cabo con un enfoque sobre el conocimiento básico de los profesores de química, centrándose sobre el CA y el CPC, esto es, los dos tipos de conocimiento que están determinados por la naturaleza del tópico específico enseñado.

Estos autores resumen la variedad de aspectos del CPC de los profesores de química de la siguiente manera:

- i) Los profesores de química con insuficiente CPC de tópicos específicos pueden, en ocasiones, realizar demostraciones de tópicos específicos que pueden reforzar las concepciones alternativas de los estudiantes.
 - ii) Un excelente CA, el conocimiento de cómo aprenden los estudiantes y el conocimiento de representaciones alternativas, son requisitos para la selección y uso de explicaciones analógicas apropiadas y efectivas.
 - iii) La selección, por parte de los profesores de química, de una estrategia para la enseñanza de cálculos estequiométricos con frecuencia no es muy adecuada desde la perspectiva del aprendizaje del estudiante.
- g) En su último trabajo, Van Driel, de Jong y Verloop (2002) analizan el crecimiento del CPC relativo a la relación macro-micro en la enseñanza de la química, de 12 profesores en formación durante el primer semestre de su año formativo como posgraduados. Evalúan su conocimiento de la materia, su experiencia docente con respecto a tópicos específicos, el conocimiento de las concepciones y las dificultades de aprendizaje estudiantiles, y su participación en talleres de trabajo específicos.
- h) Un trabajo reciente sobre este tema en el bachillerato es el de Treagust y Mamiala (2003), en el que analizan, con ejemplos, los cinco tipos de explicaciones que emplean los profesores durante sus clases introductorias de fisicoquímica y de química orgánica, acerca de los tres niveles de representación usados en la química: el macroscópico, el submicroscópico y el simbólico:
- i) Analógicas (un fenómeno o experiencia familiar se emplea para explicar algo poco familiar).
 - ii) Antropomórficas (a un fenómeno se le dan características humanas para hacerlo más familiar)
 - iii) Relacionales (una explicación que es relevante dada las experiencias personales de los aprendices)
 - iv) Basadas en problemas (una explicación demostrada a través de la resolución de algún problema).
 - v) Basadas en modelos (utilizar un modelo científico para explicar un fenómeno).
- i) Nuestro amigo Vicente Talanquer (2003) ha trabajado vigorosamente con sus colaboradores en la Universidad de Arizona para poner al punto los cursos de formación de profesores para la educación en ciencias. Han incorporado un curso de tres créditos con el nombre de “Métodos de Enseñanza del contenido” que versa pre-

cisamente sobre el CPC específico del área de concentración del futuro profesor (biología, química, física o ciencias de la tierra). El mismo Talanquer (2004) ya colaboró con un trabajo sobre CPC en el número anterior de esta revista.

Una conclusión general de todos estos artículos es que para contribuir a su comprensión cabal es necesario realizar estudios sobre el CPC en tópicos específicos, tales como el de la estructura de la materia, el de equilibrio químico, el de reacción química, etcétera.

Hacen falta más estudios sobre el conocimiento básico con que cuentan los profesores de química de nuestros países y es muy importante conocer este aspecto para mejorar el proceso educativo de la química. Con lo que hemos escrito sobre el CPC basta para dar una idea de la revolución que han traído las ideas de Shulman al proceso de formación y evaluación del profesorado, así como de la necesidad de realizar estudios sobre el CPC en temas específicos, a lo cual está dedicado el segundo autor de esta editorial, durante el desarrollo de su doctorado. ■

Referencias

- Chevallard, Y., *La transposición didáctica*, Argentina, AIQUE, 196 pp., 1991.
- Clermont, C. P., Krajcik, J. S., Borko, The influence of an intensive in-service workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstrators, *J. Res. Sci. Teach.* **30**(1), 21-44, 1993.
- Clermont, C. P., Borko, H., Krajcik, J. S., Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators, *J. Res. Sci. Teach.*, **31**(4), 419-441, 1994.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., King, R. A., Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation, *Journal of Teacher Education*, **44**, 263-272, 1993.
- Dawkins, K., Butler, S., Analyzing preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge regarding mole concept, *Proceedings of the annual meeting of the Association for Teacher Education in Europe*, Stockholm, 8 pp., 2001. Versión electrónica consultada el 20 de febrero, 2004, en la URL: <http://www.soe.ecu.edu/csmt/research.htm>
- De Jong, O., Korthagen, F. y Wubbels, T., Research on Science Teacher Education in Europe: Teacher Thinking and Conceptual Change, en: Fraser, B. J. y Tobin, K. G. (eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, Great Britain, pp. 745-758, 1998.
- De Jong, O., Veal, W. R., Van Driel, J. H., Exploring Chemistry Teachers' Knowledge Base, en: J. K. Gilbert y otros (eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 369-390, 2002.
- Enfield, M., Content and Pedagogy: Intersection in the NSTA Standards for Science Teacher Education. Consultada por última vez el 20 de febrero de 2004 en la URL <http://www.msu.edu/~duggan-ha/PCK.htm>, 1999.
- Gess-Newsome, J., Lederman, N. G., *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, XII + 306 pp., 1999.

- Grossman, P. L., *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*, New York, Teacher College Press, 1990.
- National Research Council, *National Science Education Standards*, Washington, DC, National Academic Press, IX + 252 pp., 1996.
- Schwab, J. J., *Science, curriculum and liberal education*, Chicago, University of Chicago Press, 1978.
- Shulman, L. S., "Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching", *Educational Researcher*, **15**(2), 4-14, 1986.
- Shulman, L. S., Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, *Harvard Educational Review*, **57**(1), 1-22, 1987.
- Shulman, L. S. Foreward en Gess-Newsome, J., Lederman, N. G. (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. IX-XII, 1999.
- Talanquer, V., Novodvorsky, I., Slater, T. F., Tomanek, D., A Stronger Role for Science Departments in the Preparation of Future Chemistry Teachers, *J. Chem. Educ.*, **80**(10), 1168-1171, 2003.
- Talanquer, V., Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química?, *Educ. Quím.* **15**(1), 52-57, 2004.
- Treagust, D. F., Mamiala, T. L. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations, *Int. J. Sci. Educ.*, **25**(11), 1353-1368, 2003.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., de Vos, W., Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge, *J. Res. Sci. Teach.*, **35**(6), 673-695, 1998.
- Van Driel, J. H., de Jong, O., Verloop, N., The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge, *Science Education*, **86**(4), 572-590, 2002.
- Veal, W. R., The Evolution of Pedagogical Content Knowledge in Prospective Secondary Chemistry Teachers, *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching*, San Diego, CA., pp. 1-47, 1998. Versión electrónica consultada el 20 de febrero, 2004, en la siguiente URL: <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/98conference/veal2.pdf>
- Veal, W. R., MaKinster, J. G., "Pedagogical Content Knowledge Taxonomies", *Electronic Journal of Science Education*, **3**(4), 1-18, 1999. Versión electrónica consultada el 20 de febrero, 2004, en la siguiente URL: <http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev3n4.html>
-