

# Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química?

Vicente Talanquer\*

## Abstract

This article describes and discusses some of the distinctive features of the pedagogical content knowledge (PCK) of an expert chemistry teacher and the influence of this type of knowledge on the teacher's thinking, decisions and actions in the classroom. The role of teacher preparatio programs in the development of a teacher's PCK is also analyzed.

## Introducción

Los resultados de la investigación educativa desarrollada en los últimos treinta años han transformado nuestras concepciones más elementales sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las teorías constructivistas del aprendizaje, que enfatizan el rol central de los alumnos en la construcción del conocimiento en el aula, se han convertido en el paradigma dominante (Jenkins, 2000; Gil-Pérez *et al.*, 2002), y su influencia se ha extendido al proceso mismo de formación del profesorado. Los planteamientos constructivistas no sólo han puesto en la mesa del debate el qué deben saber y saber hacer los profesores de ciencia (Brooks, 1999), sino también el cómo crear las condiciones para preparar buenos docentes (Richardson, 1997).

Sin embargo, el debate sobre la estructura y metodología de los programas de formación docente carece de una base de investigación sólida que permita guiar la discusión. Es decir, no hay muchos resultados confiables que nos permitan identificar las variables que determinan la formación de un buen docente. Aunque gran variedad de autores ha identificado características deseables en la formación del profesorado (Gil-Pérez, 1991; Furió, 1994), poco se sabe sobre el impacto que una u otra característica tiene en la eficacia de la actividad docente. Las investigaciones realizadas no son sólo escasas, sino sus conclusiones son muchas veces limitadas o contradictorias (Anderson, 1994; Wilson, 2001; Allen, 2003.) La investigación en este campo no ha permi-

tido por tanto resolver las tensiones esenciales que han caracterizado a la formación de profesores en los últimos cien años: las tensiones generadas por la búsqueda de balance entre conocimiento disciplinario y conocimiento pedagógico, y entre conocimientos teóricos y práctica en el aula.

La distinción tradicional entre conocimiento de la disciplina y conocimiento pedagógico ha sido una de las características distintivas de los programas de formación docente de la última centuria (Galluzzo, 1990; Ball, 2000.) La mayoría de los maestros de ciencia han adquirido los conocimientos básicos de su materia en cursos con contenido meramente disciplinario, y su preparación pedagógica es resultado de su participación en cursos de educación con carácter general. Gran parte del debate en el área de formación docente ha estado marcado por la clara distinción entre estos dos mundos aparentemente desconectados (Shulman, 1986.) Así, por un lado, hay quienes enfatizan la necesidad de fortalecer la formación científica del profesorado a través de cursos que mejoren su comprensión de los conceptos y teorías científicas y de la filosofía e historia de las ciencias. Por otro, hay quienes abogan por una mejor preparación pedagógica que incluya conocimientos sobre métodos adecuados de diseño curricular, enseñanza y evaluación. Por supuesto, hay los que sostienen que lo que se requiere es fortalecer ambas áreas.

Sin embargo, los resultados de la investigación reciente sobre aprendizaje de las ciencias han comenzado a borrar la frontera entre el conocimiento disciplinario y el conocimiento pedagógico que caracteriza al buen docente (Gabel, 1994.) Por ejemplo, hoy día contamos con información específica sobre las ideas previas, teorías intuitivas y dificultades conceptuales de los alumnos en una gran variedad de áreas la ciencia, y tenemos una idea más clara de su influencia sobre el aprendizaje (Wandersee, 1994; Carretero, 1998; Pozo, 1998). Resultados como estos hacen pensar que la habilidad de un docente para crear condiciones que faciliten el aprendizaje no sólo depende de sus conocimientos sobre el tema o sobre variados métodos de enseñanza. Su éxito parece depender de su habilidad para transformar el cono-

\*Department of Chemistry, University of Arizona.

cimiento disciplinario que posee en formas que resulten significativas para sus estudiantes. Esta transformación pedagógica del conocimiento científico requiere que el docente domine la materia, pero con propósitos de enseñarla. Esta “recreación” del contenido demanda, entre otras cosas, que el docente: identifique las ideas, conceptos y preguntas centrales asociados con un tema; reconozca las probables dificultades conceptuales que enfrentarán sus alumnos y su impacto en el aprendizaje; identifique preguntas, problemas o actividades que obliguen al estudiante a reconocer y cuestionar sus ideas previas; seleccione experimentos, problemas o proyectos que permitan que los estudiantes exploren conceptos e ideas centrales en la disciplina; construya explicaciones, analogías o metáforas que faciliten la comprensión de conceptos abstractos; diseñe actividades de evaluación que permitan la aplicación de lo aprendido en la resolución de problemas en contextos realistas y variados.

Más allá de saber su ciencia y contar con sólidas bases en pedagogía, el buen docente parece poseer un tipo de conocimiento que le permite transformar pedagógicamente el contenido en actividades de aprendizaje significativas para el estudiante. Este tipo de conocimiento ha recibido el nombre de “conocimiento pedagógico del contenido” (CPC) en la literatura educativa anglosajona (Shulman, 1986; 1987.) Su caracterización, sin embargo, no ha resultado fácil y no es del todo claro cómo enseñarlo (Gess-Newsome, 1999.) Hay quienes consideran que el CPC no es un tipo especial de conocimiento, sino el resultado de la aplicación de conocimiento didáctico y pedagógico de carácter general a la enseñanza de una disciplina en particular. Para otros, el CPC puede ser caracterizado como una forma independiente de conocimiento, pero su desarrollo ocurre principalmente a través de la experiencia y la práctica en el aula. En otro extremo hay quienes sostienen que el desarrollo del CPC debía ser el eje central en el diseño curricular de los futuros programas de formación docente, organizados alrededor de cursos integradores que promuevan el análisis, la discusión y la reflexión del contenido científico desde las perspectivas didáctica y pedagógica (Cochran, 1993.)

Independientemente de la posición que uno tome con respecto a la naturaleza del CPC, la sugerencia de que los buenos docentes en una cierta área poseen un tipo de conocimiento que los distingue es digna de reflexión. Si este tipo de conocimiento tiene una clara influencia en la eficacia del docente en el

aula, resulta interesante tratar de identificar de qué manera el CPC determina la forma de pensar del docente, las decisiones que toma, y las acciones que emprende en el salón de clases. ¿Qué significa tener CPC en química, por ejemplo? ¿Cómo se manifiesta en el pensar y actuar del docente? ¿Cómo podemos reconocer el nivel de CPC de un maestro de química? ¿Cómo podemos ayudar a docentes en formación a desarrollarlo? Éstas son las preguntas que guían el análisis y la discusión en el presente artículo. Más que presentar respuestas definitivas, el objetivo central es motivar la reflexión sobre la naturaleza del conocimiento que caracteriza al buen docente de química.

### **Conocimiento pedagógico de la química**

Asumamos por un momento que el CPC de un buen docente de química es conocimiento que lo distingue de los docentes de otras disciplinas y de otros profesionales de la química. ¿Qué conocimiento y habilidades lo caracterizan en contraste, por ejemplo, con un maestro de historia o un investigador en química? La respuesta es una amalgama entre conocimiento disciplinario, didáctica y pedagogía. Es el resultado de “pensar en química” con el propósito de motivar, sorprender, despertar la curiosidad, generar interés y dar sentido; es la consecuencia de la reflexión constante sobre la naturaleza de los temas, ejemplos, explicaciones, analogías, metáforas, representaciones, actividades, experiencias, preguntas, problemas, que son apropiadas para diversos tipos de estudiantes y pueden favorecer aprendizajes más significativos. Desde esta perspectiva, el CPC determina, entre otras cosas, qué ideas y conceptos de química el docente considera importante enseñar, o qué tipos de preguntas, problemas o experiencias elige para introducir un tema, identificar las ideas previas de sus estudiantes, o ayudarlos a construir nuevos conceptos.

Consideremos, por ejemplo, la tarea docente de determinar qué temas, ideas y conceptos enseñar en un curso típico de química general. Para el maestro novato, este trabajo resulta relativamente sencillo. Basta con seguir el programa oficial de estudios o seleccionar un libro de texto y seguir la secuencia indicada en el índice. Para el maestro experimentado, la misma tarea se convierte en un verdadero reto intelectual pues entiende que sus decisiones determinarán el éxito del curso. Como consecuencia, su análisis del libro de texto será completamente distinto. Por ejemplo podrá preguntarse: si el trabajo científico consiste en gran medida en buscar la respuesta a

preguntas fundamentales sobre el comportamiento de la naturaleza, ¿cuáles son las preguntas esenciales a las que da respuesta este libro? ¿De qué manera estas preguntas deben guiar el trabajo en el aula? Identificar las preguntas esenciales o las ideas centrales contenidas en libros tradicionalmente plagados de información química no es una tarea trivial. Transformarlas de manera que tengan significado para los estudiantes puede ser aún más difícil. La tarea demanda que el docente reflexione sobre las metas, propósitos y filosofía del quehacer de la química en el contexto del nivel de desarrollo intelectual, conocimiento previo, intereses y motivaciones de sus estudiantes.

Existe una diferencia fundamental entre un curso organizado según la secuencia: Propiedades de la Materia, Estructura Atómica, Reacciones Químicas y Estequiometría, en el que las preguntas que guían el trabajo docente son del tipo: ¿Cuáles son las reglas básicas de nomenclatura? ¿Cómo se balancea una ecuación química? ¿Cómo se construye una configuración electrónica? O ¿Qué tipos de enlaces químicos existen? a un curso en que quizá se aborden los mismos temas pero el interés se centre en la búsqueda de respuestas a preguntas como: ¿Cómo se determina la identidad de una sustancia desconocida? ¿Cuál es la relación entre estructura molecular y reactividad química? ¿De qué manera la estructura molecular de una sustancia determina sus propiedades, o sus usos y efectos? ¿Cómo se crean nuevas sustancias? La capacidad para identificar preguntas o ideas centrales en la disciplina, que sean relevantes y resulten de interés para los estudiantes, es una característica distintiva del buen docente de química. Es un ejemplo típico de CPC, pues se trata de una habilidad que va más allá de su preparación profesional en el área o de sus conocimientos de didáctica y pedagogía.

El docente con un alto grado de CPC analiza el contenido a enseñar desde una perspectiva completamente distinta a la del maestro novato o un investigador experto en la disciplina. Sus intereses y motivaciones lo llevan a reflexionar constantemente sobre la naturaleza y estructura del conocimiento químico (Jensen, 1998), y a tratar de identificar grandes ideas y conceptos integradores. Puede reconocer, por ejemplo, el importante rol que los sistemas de clasificación juegan en la organización del conocimiento químico y en la predicción de propiedades de la materia (Schummer, 1998.) Este conocimiento lo llevará a diseñar experiencias que desarrollen la habilidad de los estudiantes para clasificar e

identificar diferentes categorías de sustancias. Este docente reconoce los diferentes niveles de análisis y representación de conceptos e ideas en química, y se preocupa por crear condiciones que faciliten la identificación y comprensión de las descripciones macroscópicas de los sistemas y procesos químicos, los modelos microscópicos desarrollados para estudiarlos, y la simbología utilizada para representarlos (Johnstone, 1993).

Enseñar química también demanda que el docente reflexione sobre la naturaleza de las ideas, modelos y procesos que caracterizan el quehacer en la disciplina en el contexto de lo que sabemos sobre aprendizaje de la química (Gilbert, 2003). Su CPC en esta área determinará la selección de preguntas, problemas y actividades utilizados para introducir y desarrollar un tema, explorar las ideas de sus alumnos o cuestionar sus explicaciones. Varios autores han enfatizado la necesidad de que los docentes se familiaricen con los resultados de las investigaciones sobre ideas previas y preconcepciones de los alumnos en la materia que enseñan (Carretero, 1998; Pozo, 1998). Sin embargo, el buen docente requiere más que mero reconocimiento o familiaridad con preconcepciones específicas sobre un concepto o idea dados. De poco sirve saber que una gran proporción de los estudiantes piensa que un átomo de cobre tiene el mismo color y la misma densidad que un alambre de ese metal (Nakhleh, 1992; Garnett, 1995), si no podemos reconocer el patrón de razonamiento que se esconde detrás de sus ideas. Para el docente novato esta preconcepción es un problema aislado y sin clara relación con otras preconcepciones tales como la idea de que los átomos de un líquido se expanden durante la ebullición o los electrones en un átomo se desplazan en órbitas como en un pequeño sistema solar. Su conocimiento lo guiará a atacar cada problema de manera puntual una vez que se presente. Un docente con más CPC reconocerá que estas dificultades conceptuales son inherentes a la manera de pensar de los alumnos y a la naturaleza de la disciplina, y podrá enfrentarlas de manera más global y hasta predecir dificultades similares por anticipado.

Una pieza fundamental del CPC del docente de química se desarrolla al reconocer que una enorme proporción de las preconcepciones de los estudiantes resulta de la aplicación de razonamientos basados en el sentido común (Driver, 1985; Pozo, 1998; Viennot, 2001). En el caso de la química, disciplina en la que el estudiante se enfrenta con conceptos y

modelos abstractos y lenguaje y formas de representación simbólica especiales, esta forma de pensar se manifiesta en estrategias de razonamiento particulares (Talanquer, 2002). Por ejemplo, el estudiante de química tiene la tendencia a trasladar las propiedades del mundo macroscópico a los modelos microscópicos (los átomos se expanden de la misma manera que un sólido se expande al calentarlo), y a dar realidad concreta a estos modelos (los enlaces químicos son pequeños tubos conectores que pueden romperse). También es común que el alumno posea una visión estática del mundo microscópico (toda transformación química cesa al alcanzar el equilibrio), considere que todo proceso tiene una causa cuyo efecto es directamente proporcional a ella (la temperatura de un gas siempre se incrementa al calentarlo), reduzca el número de variables a considerar en un fenómeno (la polaridad de una molécula sólo depende de su estructura molecular), y generalice todo principio aprendido sin prestar atención a las condiciones en que se aplica (la masa siempre se conserva; la entropía siempre aumenta). Si la famosa máxima ausubeliana es cierta: “El factor más importante en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Identifique esto y actúe en consecuencia” (Ausubel, 1968), la capacidad de reconocer e incluso predecir tales preconcepciones con base en el análisis de la naturaleza del contenido y la forma de razonar de los alumnos debe considerarse una pieza clave del CPC del docente de química.

El conocimiento pedagógico del contenido (CPC) se manifiesta de múltiples maneras durante la planeación de una clase. Es una guía, muchas veces inconsciente, que el docente utiliza para identificar y seleccionar experiencias específicas para analizar un concepto o desarrollar una habilidad. Consideremos el problema típico de cómo enseñar a los alumnos a balancear una ecuación química. El docente novato en principio prestará poca atención al tipo de problemas que emplea para ilustrar un método de balanceo determinado. El maestro experimentado, por su parte, seleccionará cuidadosamente la secuencia de ejemplos a discutir; su reflexión lo llevará a discriminar entre distintos casos: problemas que involucran combinación de elementos químicos que existen en forma atómica o en forma molecular, problemas en los hay intercambio de iones poliatómicos, problemas que involucran balance de masa y carga, etcétera. Reconocerá la dificultad que los estudiantes tienen para entender por qué el número de átomos pero no de moléculas se conserva durante

un proceso químico, y seleccionará ejemplos que pongan en conflicto las ideas de sus estudiantes. Adicionalmente, podrá introducir analogías que permitan comprender el proceso de balanceo con base en experiencias concretas que resulten más comunes o cercanas para los estudiantes.

Basta analizar con cuidado algunas de las decisiones que un docente de química toma cada día para reconocer la naturaleza y complejidad del CPC que su trabajo demanda (Ball, 2000). Tomemos el caso de un maestro que se prepara para introducir el tema de “propiedades de los gases” utilizando el siguiente problema: *Estima el volumen total de aire que exhalas en un día*. Al planear la clase, el buen docente se cuestionará: ¿Es éste un buen ejercicio para iniciar el tema? ¿Qué conocimientos previos y qué tipo de habilidades deben poseer los alumnos para enfrentar el problema? ¿Qué dificultades tendrán para resolverlo? ¿Qué aprenderán sobre gases al resolverlo? El maestro deberá pensar en diferentes métodos de resolución del problema e identificar materiales sencillos que los estudiantes pueden usar para hacer la estimación. Será también conveniente que reflexione sobre las partes del proceso de resolución que pueden causar más problemas a los estudiantes, y piense en la mejor manera de guiar sus ideas y decisiones. Quizá después de analizar el ejercicio, el docente se dé cuenta de que es muy complicado o muy sencillo para sus alumnos, o que necesita pensar en formas de resaltar el interés en este tipo de cálculos. ¿Cómo puede modificar el problema para simplificarlo o incrementar el nivel de dificultad? ¿En qué situaciones realistas se realizan estimaciones como ésta?

Este tipo de análisis y preparación de un simple ejercicio revela a qué nivel el trabajo del docente requiere pensar y razonar sobre química con el propósito de enseñarla. Y esto tan sólo representa una pequeña fracción del quehacer docente. En el salón de clases, el maestro formulará y responderá preguntas, guiará y evaluará el trabajo de sus estudiantes, generará explicaciones, con base en su conocimiento pedagógico de la química. En general, ya sea a través del análisis y la discusión de una analogía para entender la diferencia entre los conceptos de energía, calor y temperatura, el diseño de una actividad que obligue a los estudiantes a pensar en la diferencia entre ácido débil/diluido o fuerte/concentrado, o la presentación de una demostración de cátedra que contradiga nociones intuitivas sobre el equilibrio químico, el buen docente de química apli-

ca constantemente una elaborada amalgama de conocimiento disciplinario, didáctica y pedagogía. Para muchos maestros este tipo de conocimiento es el resultado de años de experiencia, trabajo en solitario, reflexión y estudio autodidactas. Desgraciadamente, una gran proporción de maestros jamás llega a desarrollarlo. Los programas de formación y actualización docente tienden a concentrar su atención en la presentación y análisis de modelos y estrategias genéricas de planeación, manejo de grupo, enseñanza y evaluación, y dedican poco tiempo a la reflexión del contenido desde las perspectivas pedagógica y didáctica. En gran medida se asume que la fusión entre contenido y pedagogía se dará naturalmente en el aula. La amalgama, sin embargo, se concreta en casos contados.

### Nuevos espacios de reflexión

De la misma manera que el conocimiento de muchos estudiantes de química al terminar un curso está caracterizado por un conjunto de ideas y conceptos desconectados, el CPC de una gran cantidad de los docentes tiene poca coherencia y carece de una base sólida en que apoyarse (Feiman-Nemser, 1990). Con los años de práctica, muchos maestros acumulan una gran variedad de ejemplos, anécdotas, analogías, ejercicios y experimentos interesantes y atractivos para los alumnos, pero los utilizan sin una justificación clara y guiados por la intuición. Pocos son los que tienen la capacidad de integrar sus conocimientos de química, historia y filosofía de la disciplina y de las relaciones química-tecnología-sociedad, con sus conocimientos de didáctica, pedagogía y psicología del aprendizaje, en una estructura cognitiva coherente que guíe sus pensamientos, decisiones y acciones en el aula. Esta integración no se da de manera natural y requiere de un nivel de reflexión que los docentes no están preparados o no tienen el tiempo para desarrollar.

¿Cómo ayudar al maestro de química a desarrollar o fortalecer su conocimiento pedagógico del contenido? ¿Cuál es el rol que los cursos de formación y actualización docente deben jugar en esta área? La respuesta a estas preguntas no es fácil dadas las condiciones y las demandas sociales actuales en educación. En los últimos 20 años el trabajo en investigación educativa y formación docente ha dado lugar a una lista creciente de características deseables del profesorado. El perfil del docente ideal describe a un profesional crítico, reflexivo y capacitado en diversas y complejas áreas del conocimiento,

más allá del contenido de la materia a enseñar (Gil-Pérez, 1991; Furió, 1994). Sin embargo, el tiempo y los recursos que las sociedades modernas pueden o están dispuestas a invertir en el proceso de formación docente hacen de tal perfil un ente imaginario. Desgraciadamente, somos herederos de una ideología social caracterizada por exageradas expectativas, exigencias y demandas sobre el profesorado, pero en la que el trabajo docente se valora poco y, de forma contradictoria, se asume que enseñar es una tarea fácil que requiere de mínima preparación y recursos.

No cabe duda que un buen programa de formación docente debe proporcionar una preparación disciplinaria y pedagógica sólida. Debe también crear las condiciones para cuestionar las creencias y el pensamiento docente espontáneo de los futuros maestros (Furió, 1995), y ofrecer múltiples oportunidades de práctica en el aula y reflexión crítica sobre el trabajo desarrollado. Pero en la medida en que estos elementos se presenten como bloques desconectados, las oportunidades para desarrollar el conocimiento pedagógico de la disciplina, o cualquier otra forma de conocimiento integrado, ocurrirán de manera ocasional y serán limitadas. Los programas de formación y actualización docente necesitan abrir espacios en los que las piezas claves del contenido a enseñar sean sujeto del análisis y discusión didáctica y pedagógica. Sin menospreciar la importancia de cursos de profundización en una cierta área o sobre nuevas propuestas metodológicas, la gran mayoría de los actuales y futuros docentes de química se beneficiarían si se les diesen más oportunidades para integrar su conocimiento y repensar y recrear la materia que enseñan.

Estos nuevos espacios de análisis y discusión podrían integrarse con docentes en formación y maestros experimentados dispuestos a hacer "visible" su forma de pensar en química con propósitos de enseñarla. Los participantes podrían analizar libros de texto en busca de preguntas esenciales, grandes ideas o conceptos integradores. Podrían presentar y discutir diversas representaciones de un concepto químico y analizar sus alcances y limitaciones. Los futuros docentes necesitan desarrollar habilidades que les permitan reconocer, evaluar y construir diferentes representaciones de una misma idea o concepto con el fin de crear oportunidades de aprendizaje para todos los estudiantes (McDiarmid, 1990). Necesitan también aprender a deconstruir lo que saben sobre un tema, idea o concepto y así

identificar sus elementos fundamentales (Ball, 1990). Para entender por qué un estudiante de secundaria confunde los conceptos de mol y masa molar, o calor y temperatura, no sólo hay que tener una idea clara de lo que distingue a estos conceptos, sino reconocer y apreciar la sutileza de estas diferencias.

En este tipo de cursos, los docentes expertos por su parte podrían utilizar videos de sus propias clases para fomentar el análisis crítico de sus decisiones sobre presentación del contenido o diseño de experiencias en el aula y en el laboratorio. También podrían traer ejemplos reales de ejercicios, problemas, trabajos o exámenes resueltos por sus estudiantes y fomentar el análisis tanto de la estructura y contenido de los materiales como de las respuestas de los alumnos. Parte del trabajo podría entonces consistir en identificar dificultades o errores conceptuales, contrastar diferentes respuestas o métodos de resolución de problemas, o diseñar estrategias para corregir las deficiencias educativas detectadas. Este tipo de reflexión no sólo ayudaría a los maestros en formación a desarrollar su CPC, sino también la capacidad crítica y las habilidades analíticas que les permitirían concebir al aula como un espacio de exploración e investigación continua.

La sociedad valora poco el trabajo docente porque en gran parte desconoce la complejidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los mismos docentes con múltiples años de experiencia tienen que hacer un esfuerzo para reconocer el tipo de conocimiento y habilidades que los hacen únicos y los distinguen de otros profesionales en su área. En la medida que podamos mejorar la caracterización del conocimiento del buen docente en cada disciplina, estaremos en una mejor posición para definir y defender su indispensable rol social. Contaremos también con la información que se requiere para diseñar e implementar programas de formación y actualización docente más efectivos. Desde este punto de vista, la investigación sobre identificación, desarrollo y aplicación del conocimiento pedagógico del contenido de los docentes se delinea como un campo promisorio e intelectualmente muy atractivo. ▣

### Referencias bibliográficas

- Allen, M. *Eight Questions on Teacher Preparation: What Does the Research Say?* Education Comission of the Sates, 2003. (<http://www.ecs.org/>).
- Anderson, R. D. and Mitchener, C. P. Research on science teacher education. In D. L. Gabel (ed.), *Handbook of research in science teaching and learning* (p. 3-44). Macmillan and the National Science Teacher Association, New York, 1994.
- Ausubel, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rhinehart and Winston, New York, 1968.
- Ball, D. L. Bridging Practices: Intertwining Content and Pedagogy in Teaching and Learning to Teach. *Journal of Teacher Education*, **51** (3), 241-247, 2000.
- Brooks, J. G and Brooks, M. G. *In Search for Understanding: The Case for Constructivist Classrooms*. ASCD, Alexandria, 1999.
- Carretero, M. *Construir y Enseñar: Las Ciencias Experimentales*. 3ª edición. AIQUE, Buenos Aires, 1998.
- Cochran, K. F. Pedagogical Content Knowing: An Integrative Model for Teacher Preparation. *Journal of Teacher Education*, **44** (4), 263-271, 1992.
- Driver, R., E. Guesne, and A. Tiberghien (eds.) *Children's Ideas in Science*. Open University Press, Buckingham, 1985.
- Feiman-Nemser, S., and Parker, M. B. Making subject matter part of the conversation in learning to teach. *Journal of Teacher Education*, **41**, 32-43, 1990.
- Furió, C. J. Tendencias Actuales en la Formación del Profesorado de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **12** [2], 188-199, 1994.
- Furió, C. J. El pensamiento espontáneo docente sobre la ciencia y su enseñanza. *Educación Química*, **6** (2), 112-116, 1995.
- Gabel, D. L. (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. NSTA, New York, 1994.
- Galluzzo, G. R., and Craig, J. R. (1990). Evaluation of preservice teacher education programs. In W. R. Houston (ed.), *Handbook of Research on Teacher Education*. (p. 599-616) New York: Macmillan.
- Garnett, P. J., Garnett, P.J. and Hackling, M. W. Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, **25**, 69-95, 1995.
- Gess-Newsome, J. and Lederman, N. G. *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, 1999.
- Gil-Pérez, D. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, **9** [1], 69-77, 1991.
- Gil-Pérez, D. *et al.*, Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*, **11**, 557-571, 2002.
- Gilbert, J. K. (ed.) *Chemical Education: Towards Re-*

- search-Based Practice. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2003.
- Jenkins, E. E. Constructivism in School Science Education: Powerful Model or the Most Dangerous Intellectual Tendency? *Science & Education*, **9**, 599-610, 2000.
- Jensen, W. B. Logic, History and the Chemistry Textbook. Part I, Does Chemistry Have a Logical Structure? *J. Chem. Educ.*, **75** (6), 679-687, 1998.
- Johnstone, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *J. Chem. Educ.*, **70**, 701-705, 1993.
- McDiarmid, G. W., Ball, D. L., and Anderson, C. W. Why Staying One Chapter Ahead Doesn't Really Work: Subject-Specific Pedagogy. In M. C. Reynolds (ed.), *Knowledge Base for the Beginning Teacher*. Pergamon Press, Oxford, 1990.
- Nakhleh, M. B. Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, **69** (3), 191-196, 1992.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. *Aprender y Enseñar Ciencia*. Morata, Madrid, 1998.
- Richardson, V. (ed.). *Constructivist teacher education: Building a world of new understandings*. Washington DC, Falmer Press, 1997.
- 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.
- Schummer, J. The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach, *HYLE*, **4**, 129-162, 1998.
- Talanquer, V. Minimizing misconceptions: Tools for identifying patterns of reasoning. *The Science Teacher*, **69** (8), 46, 2002.
- Viennot, L. *Reasoning in Physics: The Part of Common Sense*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, 2001.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., and Novak, J. D. Research on Alternative Conceptions in Science. In D. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, p. 177-210. Macmillan, New York, 1994.
- Wilson, S.; Floden, R.; Ferrini-Mundy, J. *Teacher Preparation Research: Current Knowledge, Gaps, Recommendations*. Center for the Study of Teaching and Policy (CTP). Michigan State University, Michigan, 2001. (<http://depts.washington.edu/ctpmail/Study14.html>)