



El conocimiento didáctico del contenido (CDC) en química

Diana Lineth Parga Lozano
Editora



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

El conocimiento didáctico del contenido (CDC) en química

El conocimiento didáctico del contenido (CDC) en química

Editora

Diana Lineth Parga Lozano

Autores

Diana Lineth Parga Lozano

William Manuel Mora Penagos

Leonardo Fabio Martínez Pérez

Leidy Gabriela Ariza Ariza

Blanca Rodríguez

Jonatan López Castillo

Raquel Jurado Arcos

Yolanda Gómez Poveda



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

El conocimiento didáctico del contenido (CDC) en química / Diana Lineth Parga Lozano... [et,al]. – 1ª. ed. -- Bogotá : Universidad Pedagógica Nacional, 2015

220 p. – Incluye cuadros

ISBN Impreso: 978-958-8908-34-2

ISBN Digital: 978-958-8908-35-9

Incluye: Referencias bibliográficas.

1. Química 2. Formación Profesional de Maestros – Química. 3. Química – Metodología. 4. Química – Enseñanza – Aprendizaje. 5. Química - Evolución. 6. Química - Investigaciones. I. Parga Lozano, Diana Lineth. II. Mora Penagos, William Manuel. III. Martínez Pérez, Leonardo Fabio. IV. Ariza A., Leidy Gabriela. V. Rodríguez, Blanca VI. López Castillo, Jonatan. VII. Jurado Arcos, Raquel. VIII. Gómez Poveda, Yolanda.

540. Cd. 21 ed.

© Universidad Pedagógica Nacional

© Diana Lineth Parga Lozano,

William Manuel Mora Penagos,

Leidy Gabriela Ariza Ariza, Raquel Jurado Arcos,

Yolanda Gómez Poveda, Jonatan López Castillo,

Blanca Rodríguez, Leonardo Fabio Martínez Pérez

ISBN Impreso: 978-958-8908-34-2

ISBN Digital: 978-958-8908-35-9

Primera edición, 2015

Adolfo León Atehortúa Cruz

RECTOR

Sandra Patricia Rodríguez Ávila

VICERRECTORA DE GESTIÓN UNIVERSITARIA

María Cristina Martínez Pineda

VICERRECTORA ACADÉMICA

Luis Alberto Higuera Malaver

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO

Helbert Augusto Choachí González

SECRETARIO GENERAL

Nydia Constanza Mendoza Romero

SUBDIRECTORA DE GESTIÓN DE PROYECTOS

PREPARACIÓN EDITORIAL

Grupo Interno de Trabajo Editorial

Universidad Pedagógica Nacional

Alba Lucía Bernal Cerquera

COORDINADORA

Maritza Ramírez Ramos

EDITORA

Martha Janneth Méndez Peña

CORRECTORA DE ESTILO

María Fernanda Jara Rodríguez

María Teresa Jiménez Padilla

PRACTICANTES APOYO EDITORIAL

Mauricio Salamanca

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Mauricio Esteban Suárez Barrera

DISEÑO DE CARÁTULA

Johny Adrián Díaz Espitia

FINALIZACIÓN DE ARTES

Impreso en Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.

Bogotá, D. C., 2015

Fecha de evaluación: 23 de abril de 2015

Fecha de aprobación: 10 de julio de 2015

Hecho el depósito legal que ordena la Ley 44 de 1993 y el decreto reglamentario 460 de 1995.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

Contenido

Prólogo	
La promesa del conocimiento didáctico del contenido.....	9
<i>Vicente Talanquer</i>	
Introducción general.....	17
<i>Diana Lineth Parga Lozano</i>	
Capítulo 1	
Por qué analizar el conocimiento didáctico del contenido en química	23
<i>Diana Lineth Parga Lozano</i>	
Capítulo 2	
Componentes del conocimiento didáctico del contenido en química.....	55
<i>William Manuel Mora Penagos, Diana Lineth Parga Lozano</i>	
Capítulo 3	
Conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza de la combustión.....	81
<i>Leidy Gabriela Ariza Ariza, Diana Lineth Parga Lozano</i>	
Capítulo 4	
Selección de contenidos para enseñar el concepto de <i>estructura</i> en química orgánica	97
<i>Raquel Jurado Arcos, Diana Lineth Parga Lozano</i>	
Capítulo 5	
Caracterización del conocimiento didáctico del concepto de <i>discontinuidad de la materia</i> en profesoras en ejercicio	125
<i>Yolanda Gómez Poveda, Diana Lineth Parga Lozano</i>	

Capítulo 6	
El conocimiento del contexto, aportes al conocimiento didáctico del contenido	155
<i>Jonatan López Castillo, Diana Lineth Parga Lozano</i>	
Capítulo 7	
Reflexiones teóricas sobre el conocimiento didáctico del contenido y sus aportes a la formación del profesorado de ciencias	177
<i>Blanca Rodríguez, Leonardo Fabio Martínez Pérez</i>	
Autores.....	201
Índice temático.....	205
Índice onomástico	213

Prólogo

La promesa del conocimiento didáctico del contenido

Vicente Talanquer
Universidad de Arizona

Hay palabras o términos en distintas disciplinas que tienen el poder de capturar la esencia de un sistema o fenómeno complejo, el cual es difícil de definir con precisión dada la diversidad de elementos e interacciones dinámicas que lo caracterizan; por ejemplo, los conceptos de *resonancia*, en química, y *homeostasis*, en biología. Para mí, el concepto de *conocimiento didáctico del contenido* (CDC) pertenece a la misma categoría; encapsula lo que muchos asumen como ese conocimiento particular de los docentes de una disciplina que los habilita para crear situaciones productivas de aprendizaje en diversos contextos (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004; Shulman, 1986, 1987; Talanquer, 2004). Sin embargo, la caracterización de esta forma de conocimiento es difícil y escurridiza (Abell, 2007, 2008; Kind, 2009). Como los autores de este libro claramente describen y analizan, el CDC de los docentes resulta de la interacción dinámica entre el conocimiento disciplinar, conocimiento histórico-epistemológico y social, conocimiento psicopedagógico y didáctico, y conocimiento del contexto que cada docente integra de manera idiosincrática.

A pesar de las dificultades encontradas en el estudio del CDC de los profesores, el concepto ha dado lugar a líneas de investigación muy productivas, particularmente en los terrenos de enseñanza de las matemáticas (Ball, Thames y Phelps, 2008) y de las ciencias naturales (Gess-Newsome y

Lederman, 1999; Garritz, Daza y Lorenzo, 2014), áreas en las que ha tenido gran influencia en el diseño e implementación de programas de formación inicial y de desarrollo profesional (Loughran, Berry y Mulhall, 2012; Talanquer, 2014a). En gran medida, la simple sugerencia de la existencia del CDC ha servido como detonador y promotor de múltiples trabajos teóricos y prácticos centrados en la investigación y el desarrollo del pensamiento y la práctica docentes en diferentes disciplinas.

El CDC de un docente es difícil de caracterizar, ya que se trata de conocimiento tácito que este no puede articular con facilidad, pero que se manifiesta de manera más clara en la práctica educativa. Este CDC influye en las decisiones de los profesores en la planeación de una lección, como la secuenciación de contenidos, las actividades que se seleccionan, las preguntas que se formulan, las explicaciones que se construyen y las evaluaciones que se diseñan para determinar los niveles de aprendizaje alcanzados por los alumnos. En esa medida, el CDC es una forma de conocimiento altamente específica que varía de un tema a otro y se manifiesta de diferentes maneras, dependiendo del contexto en el que los docentes trabajan.

Un porcentaje importante de publicaciones sobre CDC se ha centrado en la descripción, análisis y discusión del CDC de profesores de química. Estas investigaciones han hecho explícito el pensamiento docente en diversas áreas incluidas, comúnmente, en los temarios de cursos introductorios de química, por ejemplo: cantidad de sustancia, ácidos y bases, y equilibrio químico (Drechsler y Van Driel, 2008; Padilla, Ponce de León, Rembado y Garritz, 2008; Rollnick et al., 2008). En su mayoría, se trata de trabajos descriptivos que caracterizan diferentes formas en las que los docentes conceptualizan la enseñanza de estos temas. Dicho conocimiento es, sin duda, necesario para identificar fortalezas y debilidades en la preparación de los docentes. Sin embargo, los resultados deben ser complementados con propuestas de formación y desarrollo profesional que ayuden, activa y productivamente a los profesores a fortalecer su CDC.

En este libro se presentan ideas y estrategias novedosas para capturar y promover el desarrollo del CDC de los profesores, con énfasis en docentes de química. Los autores se enfocan en la creación de tramas conceptuales y unidades didácticas como herramientas para la construcción y fortalecimiento del CDC de temas centrales en el currículo. Las tramas conceptuales pueden concebirse como secuencias de enseñanza que se elaboran a partir del análisis e integración de diferentes tipos de conocimientos, incluyendo conocimiento disciplinar sobre el tema de interés, conocimiento histórico-epistemológico sobre el desarrollo de ideas centrales en esa área, conocimiento sobre dificultades de los estudiantes en la comprensión de tales ideas, y conocimientos sobre estrategias de enseñanza específicas que promuevan aprendizajes significativos.

El concepto de *trama conceptual* comparte similitudes con el de *progresión de aprendizaje* que ha servido como guía en la elaboración de nuevos estándares para la enseñanza de la ciencia en Estados Unidos (NRC, 2011, 2013), así como en el diseño de estrategias de formación y profesionalización de la planta docente en ese país (Furtak, 2012; Furtak, Thompson, Braaten y Windschitl, 2012). Una progresión de aprendizaje es una hipótesis sobre cómo secuenciar mejor el trabajo de los estudiantes y ayudarlos a construir conceptos, ideas y habilidades de forma significativa (Corcoran, Mosher y Rogat, 2009; Duschl, Maeng y Sezen, 2011). En el caso de las tramas conceptuales, estas hipótesis se construyen a partir de conocimientos disciplinarios, históricos, filosóficos, pedagógicos y didácticos sobre el tema y se validan mediante su puesta en práctica en las aulas, donde se recopilan datos que permiten evaluarlas y modificarlas (Alonso y Gotwalls, 2012).

Aunque el uso de progresiones de aprendizaje en el desarrollo de estándares y currículos de enseñanza de las ciencias es reciente, algunos autores han sugerido que tales progresiones pueden ser herramientas para desarrollar el pensamiento docente, particularmente el CDC (Furtak, 2012; Furtak et al., 2012; Schneider y Plasman, 2011). En ese sentido, los trabajos

que se presentan en este libro constituyen un aporte fundamental a nuestra comprensión del impacto que actividades de análisis y reflexión integradoras –creación de tramas conceptuales y unidades didácticas– pueden tener sobre la formación y el desarrollo profesional de los docentes de una disciplina.

El trabajo analítico, reflexivo e integrador que se requiere para construir una trama conceptual o una progresión de aprendizaje es muy diferente de aquel que la mayoría de los docentes realiza en la planeación de sus clases. Muchos profesores de ciencias invierten la mayor parte de su tiempo de planeación en la identificación del contenido a abordar, en la selección de problemas a resolver y en la preparación de actividades por implementar (Schneider y Plasman, 2011; Talanquer, 2014a). En pocas ocasiones sus decisiones se ven influenciadas por resultados de investigaciones educativas sobre las dificultades de los estudiantes para aprender un tema dado, o por consideraciones sobre la naturaleza de la disciplina o el desarrollo del saber científico.

Varios de los capítulos incluidos en este texto revelan limitaciones importantes en el CDC de los docentes de química que participaron en los estudios en los que el libro se sustenta; por ejemplo, docentes de química en los niveles medio, medio superior y superior en distintas partes del mundo. Los participantes en las investigaciones descritas aquí privilegiaron el conocimiento disciplinar en la planeación, implementación y evaluación de sus unidades didácticas. Sin embargo, los autores ofrecen un marco teórico o conceptual sobre el cual trabajar para ayudar a estos y otros docentes a fortalecer su CDC; andamiaje que se sustenta en la idea de que el pensamiento docente se debe enriquecer mediante el análisis y la reflexión individual y colectiva sobre: cómo la práctica y el conocimiento químico se desarrollan, la naturaleza de las preguntas que el pensamiento y la actividad química nos ayudan a responder, las dificultades conceptuales asociadas con aprender a ver el mundo a través de los ojos de la química,

y el contexto específico en el que estudiantes y docentes se encuentran embebidos.

La integración de estas diversas facetas del CDC es necesaria para formar a los docentes en el diseño de situaciones de aprendizaje que involucren a los estudiantes de manera más activa y auténtica, tanto en la construcción de ideas como en su aplicación en la resolución de preguntas y problemas relevantes. Esta integración también es fundamental para que el docente pueda responder a las formas de pensar expresadas por los alumnos en el aula. Un profesor que ha reflexionado sobre la naturaleza del conocimiento a enseñar, la historia de su desarrollo y las dificultades que su aprendizaje conlleva siempre estará en una mejor posición, tanto para reconocer elementos productivos en la forma de pensar de sus estudiantes como para utilizar estas ideas en la construcción de conceptos científicos (Furtak, 2012).

En años recientes me he vuelto crítico de trabajos sobre CDC que se enfocan en la caracterización de los diferentes componentes de esta forma de conocimiento, en lugar de analizar cómo los docentes integran tales componentes de manera práctica cuando se enfrentan con una tarea o problema educativo (Talanquer, 2014b). El CDC puede ser caracterizado como una propiedad emergente del pensamiento docente y como tal debe ser estudiado y caracterizado en la praxis (Gess-Newsome, 1999). Las estrategias de desarrollo y análisis del CDC descritas y discutidas en este libro son sensibles a esta problemática, en la medida que las investigaciones y el trabajo de formación se dan en contextos de creación e implementación de tramas y unidades didácticas.

Otro aspecto problemático de las investigaciones existentes sobre el CDC de los docentes es que, por lo general, se centran en la descripción o desarrollo del conocimiento docente en referencia al currículo tradicional, sin crear oportunidades para que los profesores cuestionen la autenticidad de lo que enseña o su relevancia para los estudiantes. Las estrategias de

análisis y desarrollo de CDC, introducidas en este texto, abren la puerta para una reflexión más crítica del contenido a enseñar y de las habilidades a desarrollar en la medida que involucran a los docentes en el análisis histórico, epistemológico, social, pedagógico, didáctico y contextual de la temática a tratar.

De manera análoga a como la química se enseña en miles de salones de clase en todo el mundo, en los que la disciplina se presenta como una colección de temas desconectados sin mucha relevancia para los alumnos que los estudian, la formación y desarrollo profesional de los docentes de química también se caracteriza por su segmentación y descontextualización. En estas circunstancias, no es de sorprender que el CDC de los profesores, el cual demanda de la integración significativa de diversas formas de conocimiento, sea bastante limitado. Infortunadamente, el número de propuestas innovadoras para el fortalecimiento y desarrollo del pensamiento docente, sustentadas sólidamente y evaluadas en la práctica, es reducido. Sin embargo, esta obra representa ese tipo de contribución y, por tanto, debe ser de gran valía en esfuerzos dirigidos a fortalecer la formación docente y a transformar la enseñanza disciplinaria.

Referencias

- Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. En: S.K Abell y N. Lederman (eds.). *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1105-1249). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Abell, S.K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education* 30(10), 1405-1416.
- Alonzo, A. y Gotwals, A.W. (eds.). (2012). *Learning progressions in science*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Ball, D.L.; Thames, M.H. y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59, 389-407.

- Corcoran, T.; Mosher, F.A. y Rogat, A. (2009). *Learning progressions in science: An evidence-based approach to reform*. Consortium for Policy Research in Education Report #RR-63. Filadelfia, PA: Consortium for Policy Research in Education.
- Drechsler, M. y Van Driel, J. (2008). Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid-base chemistry. *Research in Science Education*, 38, 611-631.
- Duschl, R.; Maeng, S. y Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education* 47(2), 123-182.
- Furtak, E.M. (2012). Linking a Learning Progression for Natural Selection to Teachers' Enactment of Formative Assessment. *Journal of Research in Science Teaching* 49(9) 1181-1210.
- Furtak, E.M.; Thompson, J.; Braaten, M. y Windschitl, M. (2012). Learning progressions to support ambitious teaching practices. En: A.C. Alonzo y A.W. Gotwals (eds.). *Learning progressions in science* (pp. 405-434). The Netherlands: Sense Publishing.
- Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química* 15(2), 98-102.
- Garritz, A.; Daza R., S.F. y Lorenzo, M.G. (eds.) (2014). *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N.G. (eds.) (1999). *Explaining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. En: J. Gess-Newsome y N.G. Lederman (eds.). *Explaining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 3-17). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education* 45(2), 169-204.
- Loughran, J.J.; Berry, A. y Mulhall, P. (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. 2a. ed. Rotterdam: Sense Publishers.

- National Research Council (NRC) (2011). *A framework for K-12 science Education: Practices, crosscutting concepts, and core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (NRC) (2013). *The next generation science standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Padilla, K.; Ponce de León, A.M.; Rembado F.M. y Garritz A. (2008). Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: the case of 'amount of substance'. *International Journal of Science Education* 30(10), 1389-1404.
- Rollnick, M.; Bennett, J.; Rhemtula, M.; Dharsey, N. y Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education* 30(10), 1365-1387.
- Schneider, M.R. y Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: A review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research* 81(4), 530-565.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15(2), 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review* 57(1), 1-22.
- Talanquer, V. (2004). Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química* 15(1), 52-58.
- Talanquer, V. (2014a). Conocimiento didáctico del contenido y progresiones de aprendizaje. En: A. Garritz, S.F. Daza y M.G. Lorenzo (eds.). *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana*. (pp. 206-225). Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.
- Talanquer, V. (2014b). Razonamiento pedagógico específico sobre el contenido (RPEC). *Educación Química* 25(3), 391-397.

Introducción general

Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

El presente libro es el resultado de las investigaciones realizadas sobre el conocimiento didáctico del contenido (CDC) en química llevadas a cabo por el grupo Alternancias de la Universidad Pedagógica Nacional desde el 2007 hasta el 2014. Es una compilación que aporta a la línea de investigación sobre el CDC. Para lograr este escrito se partió del primer proyecto que se consolidó en el Departamento de Química con respecto a esta línea y que fue la base para los demás trabajos de maestría y doctorado, así como publicaciones en revistas y participación en congresos nacionales e internacionales que emergieron de este.

¿Por qué este libro? Porque consideramos necesario seguir pensando y proponiendo mejores formas de enseñar la química, y el profesor como profesional que es –de lo que enseña e investiga– necesita reflexionar y actuar sobre lo que piensa –sus creencias y saberes– y sobre lo que hace, y estos son aspectos fundamentales que el CDC nos plantea, es decir, el CDC trata sobre la enseñabilidad de un contenido, y como lo caracteriza Garritz (2013), es personal y propio del profesor cuando enseña algo en particular. Si bien el concepto de CDC ha tenido una influencia central en la investigación del saber y pensar de los docentes de ciencias en los últimos veinticinco años (Talanquer, 2014), no ha sido lo suficientemente abordado en la formación de profesores y por los profesores mismos, es

decir, está en la esfera de la investigación y muy poco en la esfera de la escuela, quizás porque es un concepto difícil de caracterizar, pero sobre todo de interiorizar por el profesorado mismo, y tal vez esto se da porque no lo conocen. Como lo plantean Parga y Mora (2014), el CDC sigue estando en los espacios de discusión investigativa, entre otras razones, por la gran diversidad de los planteamientos que este marco propone y que lejos de generar unanimidad parece producir tensiones y en algunos casos falta de claridad; esto impide que sean fecundos muchos de los resultados de investigación, por lo tanto en la escuela no trasciende. Le apostamos al CDC de la química porque puede ser un marco general para el diseño curricular, la elaboración de materiales de enseñanza y la formación inicial y permanente del profesorado de química. Su reflexión continua, como lo afirman Rozenszajn y Yarden (2014), es uno de los efectos más destacados generados por el desarrollo de CDC en profesores de ciencias en ejercicio, puesto que hace sus propias prácticas y creencias más pensadas, reflexivas. Quien enseña química y su didáctica, con seguridad lo hace porque le gusta, le apasiona, le emociona (Izquierdo-Aymerich, 2012; Mellado y Blanco, 2012), pero esto no basta, los demás componentes del CDC nos muestran que se requiere, además de lo afectivo, lo cognitivo y las formas de actuar.

Así, el libro presenta investigaciones y acciones realizadas por profesores frente a su CDC: unas que permiten comprender la naturaleza del CDC, las formas en las que lo hemos caracterizado y recomendaciones que el profesorado puede considerar para comprender su propio CDC. De acuerdo con esto, el libro se ha estructurado en siete capítulos, que se describen a continuación.

El capítulo 1 describe cómo, desde un proyecto de investigación, el grupo Alternaciencias plantea un marco conceptual frente al conocimiento didáctico del contenido, CDC. Para ello, sustenta los principios conceptuales basados en tramas histórico-epistemológicas, tramas didácticas, unidades didácticas y referentes internacionales y nacionales que permitieron comprender los fundamentos generales del CDC.

El capítulo 2 presenta una revisión de las características del cdc que hace el grupo Alternancias, y cómo va evolucionando hacia unas características centradas en los principios del pensamiento complejo y sistémico. Luego pone en consideración algunas experiencias sobre aspectos que han caracterizado el cdc de profesores de química en formación inicial y en ejercicio, quienes siguen priorizando el qué enseñar sobre los demás aspectos.

En el capítulo 3 se describe una investigación hecha en el marco de la Maestría en Docencia de la Química, la cual evidenció la integración de los contenidos que forman parte del CDC en el diseño de una unidad didáctica para la enseñanza de la combustión. Se partió de la construcción e interpretación de tramas histórico-epistemológicas y didácticas para la enseñanza de la química; el profesorado reconoció las tramas como un mecanismo de integración de los componentes del CDC al enseñar la combustión. En la investigación se realizó una revisión documental histórico-epistemológica del concepto de combustión desde la teoría del flogisto hasta la teoría del oxígeno de Lavoisier, el ámbito experimental y teórico a favor de la construcción del conocimiento científico y de esta manera se reflexionó sobre el aporte de este concepto en la química. Asimismo se revisó la estructuración curricular para el aprendizaje y la enseñanza de la química a través de elaboraciones intencionadas, fundamentadas en teorías, actitudes y metodologías mediante el conocimiento psicopedagógico y didáctico, y en reuniones con los profesores se reflexionó sobre el contexto escolar. Esto sirvió de referencia para orientar la enseñanza y aportar al ejercicio y la formación de profesores de química. Con base en estos elementos se generó el espacio de intersección interdisciplinar del CDC que contempla el currículo como un sistema dinámico, conformado por el conocimiento histórico-epistemológico (CHE), que consiste en comprender qué y cómo ha cambiado el conocimiento; el conocimiento disciplinar del contenido (CDC); que consiste en comprender la materia; el conocimiento del contexto escolar (CCE), que se ocupa de aprender a organizar el medio;

y los conocimientos psicopedagógicos (CPP), relacionados con aprender a pensar en la materia desde la perspectiva del estudiantado.

En el capítulo 4 se presentan los aspectos que tienen en cuenta los profesores en ejercicio cuando seleccionan y diseñan los contenidos que van a enseñar en química orgánica. Se muestran los antecedentes internacionales y nacionales en torno a los proyectos y trabajos realizados desde las teorías dual y unitaria, y cómo estas aportan a la explicación y construcción de la teoría estructural. El capítulo describe cómo se indagó en los profesores en ejercicio la enseñanza del concepto de *estructura*, esencial en la enseñanza de la química orgánica, y en qué medida los profesores conocían la teoría dual y la teoría unitaria para dicho proceso.

El capítulo 5 describe la manera como se caracterizó el conocimiento didáctico del contenido curricular de dos profesoras de ciencias en un colegio distrital, frente al concepto de *discontinuidad de la materia*, y establece la trama didáctica para la enseñanza de dicho concepto mediante la elaboración de la trama histórico-epistemológica de los modelos atómicos precuántico y cuántico.

El capítulo 6 presenta la caracterización del conocimiento del contexto escolar, identificando su desarrollo histórico y el grado de articulación con los procesos de diseño curricular y las propuestas de enseñanza basadas en el contexto. Se reflexiona sobre las nociones y conceptos de contexto y sus implicaciones en el ejercicio del diseño curricular y en la práctica profesional del docente en química. Este capítulo es fundamental, dado que dentro de los componentes del CDC, el conocimiento del contexto escolar puede tener variadas interpretaciones que se deben precisar para caracterizar mejor el CDC.

En el capítulo 7 se hace una reflexión teórica sobre el CDC y sus aportes a la formación de profesores. En primer lugar, se resalta la importancia de este tipo de conocimiento para la práctica del profesor y para el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias en la escuela. Asimismo, se ofrece

una conceptualización sobre el desarrollo profesional del profesor, teniendo en cuenta su proceso de formación, así como las condiciones laborales y las características del contexto escolar, lo cual se considera que influye en el ejercicio profesional del docente. Así, se presenta una conceptualización del CDC desde la perspectiva integradora hasta la compleja, que implica una articulación de aspectos disciplinares, metadisciplinares y contextuales. Por último, se resalta el CDC como un elemento central de la formación del profesorado en términos de su práctica y ejercicio profesional.

Referencias

- Garritz, A. (2013). PCK for dummies. *Educación Química*, 24(2), 462-465.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2012). La química emocional. En V. Mellado, L. Blanco, A. Borrachero y J. Cárdenas. *Las emociones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas*. Vol. 2. España: Indugrafic Artes gráficas.
- Mellado, V. y Blanco, L. (2012). *Las emociones en la enseñanza aprendizaje de las ciencias y las matemáticas*. Vol. 2. España: Indugrafic Artes gráficas.
- Parga, D. L. y Mora, W. M. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: Conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación Química*, 25(3), 332-342.
- Rozenszajn, R. y Yarden, A. (2014). Expansion of Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) during a Long Term Professional Development Program. *Research in Science Education*, 44, 189-213. DOI 10.1007/s11165-013-9378-6.
- Talanquer, V. (2014). Razonamiento pedagógico específico sobre el contenido (RPEC). *Educación Química*, 25(3), 391-397.

Capítulo 1

Por qué analizar el conocimiento didáctico del contenido en química

Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

Introducción

Este capítulo describe cómo a partir del 2007 el grupo Alternancias comienza a trabajar en la línea del conocimiento didáctico del contenido. Para ello propuso su primer proyecto en este campo, el cual pretendía describir cómo desarrollar el conocimiento didáctico del contenido curricular de la química, cuáles eran los referentes que lo definían, cómo integrar esos conocimientos y cómo hacer una transformación que permitiera generar procesos evolutivos y de complejización del conocimiento de los estudiantes (aprendices de química), indagó de qué manera el CDC le permitía al profesorado diseñar tramas conceptuales históricas-epistemológico y didácticas, que a su vez, lo llevaran a elaborar, aplicar y evaluar unidades didácticas.

Luego de la contextualización de esta primera investigación, se describe la necesidad de plantear tramas y unidades didácticas para comprender cómo ha evolucionado la química y cómo desde allí el profesorado puede hacer un diseño curricular como un aspecto esencial para hacer enseñables los contenidos de la química. Estos aspectos son fundamentales para relacionarlos luego con los componentes del CDC y ver cómo en dicho diseño el profesor va plasmando aspectos de su CDC. El capítulo también

describe los fundamentos iniciales desde los cuales Shulman explica el conocimiento pedagógico del contenido (CPC) y sus componentes, y presenta a otros autores que se han centrado en caracterizar el CDC en química, tales como Garritz y Trinidad Velasco. Finalmente se explican las dificultades que el profesorado de química debe superar para lograr configurar mejor su conocimiento didáctico del contenido, dentro de las cuales se destaca la necesidad de una formación que le permita consolidar e integrar aspectos de la historia, la epistemología, del contexto escolar, comprender qué es la didáctica de la química, entre otros.

El contexto de la investigación

En el año 2007, en el marco de una convocatoria de investigación del Centro de investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional (CIUP), el grupo Alternancias presentó el proyecto denominado “Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: una estrategia sustentada en el diseño de tramas conceptuales” (DQU.025.07), propuesto desde la línea de investigación Conocimiento Didáctico del Contenido Curricular en Química. Este tuvo como objetivo general diseñar unidades didácticas de la química sustentadas en tramas conceptuales histórico-epistemológicas, lo que se logró al ir consolidando un marco conceptual que permitió integrar diferentes tipos de conocimiento que convergen en la integración del CDC de la química.

El trabajo se concibió desde un enfoque metodológico *constructivista cualitativo* porque permitió orientar y describir fenómenos sociales relacionados con procesos educativos y hubo un interés por el estudio de los significados y las acciones humanas desde la perspectiva de los mismos agentes sociales. Se aplicaron criterios *etnometodológicos*, dentro de los cuales hubo dos grandes fases: una de diseño didáctico y discusión en grupo, y el estudio de caso. La dinámica de la investigación se centró en la participación directa del profesorado en formación inicial y en ejercicio, más que en personas investigadas o sujetos.

La investigación tuvo un enfoque *holístico*, porque estudió la realidad (aulas de clase donde se lleva a cabo la práctica pedagógica/didáctica) desde una aproximación global, sin fragmentarla ni seleccionar variables. Fue *inductiva*, porque las categorías e interpretaciones se construyeron a partir de la información obtenida (en la etapa exploratoria) y no de teorías e hipótesis previas; y fue *ideográfica* porque se orientó a interpretar lo singular de los fenómenos sociales.

La investigación se desarrolló en tres etapas:

- ▶ ***Etapas de documentación:*** se hizo la revisión de bibliografía y documentación de revistas especializadas en historia de las ciencias, tales como *Isis y Osiris*; en epistemología de la química, como *Hyle*, y de revistas especializadas en didáctica de las ciencias y de educación en ciencias que fueron trabajadas siguiendo un enfoque histórico-epistemológico. Esta fue una investigación didáctica en la que se interpretaron documentos históricos, epistemológicos y didácticos. Con la documentación se hizo el diseño de tramas conceptuales históricas, se seleccionaron momentos fundamentales de la química alrededor de los conceptos de *combustión*, *cantidad de sustancia y mol* y *teoría estructural*; y a partir de ellas se diseñaron las tramas histórico-epistemológicas con diferentes niveles y estadios.
- ▶ ***Etapas exploratorio-descriptiva:*** se hizo con el fin de perfeccionar el problema y los supuestos de carácter curricular y describir lo que sucede en las diferentes situaciones en relación con la caracterización del CDC y los aspectos que el profesorado tiene en cuenta para el diseño curricular.
- ▶ ***Etapas de estudio de caso:*** se hizo un estudio de caso con el fin de construir los diferentes procesos que ocurren en las aulas de clase y caracterizar la implementación de las unidades didácticas y cómo estas impactan en el desarrollo del profesor.

Dentro de las *técnicas y los instrumentos* se trabajó con análisis documental, fichas de clasificación de documentos, tramas conceptuales, entrevistas semiestructuradas, encuestas con preguntas abiertas y cerradas, observaciones de clase, grabaciones de audio y video, y un estudio de caso. Como en toda investigación educativa, este estudio se planificó, se recogió la información, se analizó, se interpretó y se elaboró el informe. El estudio de caso (Bonache-Pérez, 1999) se inscribe dentro de la lógica que guía las sucesivas etapas de recolección de datos: al igual que otras metodologías, puede servir para propósitos tanto exploratorios como descriptivos y explicativos y, por otro lado, puede contribuir positivamente a construir, mejorar o desarrollar perspectivas teóricas rigurosas en torno a las organizaciones.

Para la fase documental el universo fue la documentación existente en el campo de la didáctica de las ciencias; se aplicaron la historia y la epistemología y se consultaron las revistas especializadas en historia de la química de mayor prestigio. Para las demás fases, el universo correspondió a los colegios innovadores donde se hace la práctica pedagógica del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

La *muestra* fue *intencional*, determinada por la saturación de la información que aportó el estudio y no por criterios externos. Esto significa que ya no emergió nada nuevo (Flick, 2004), que se pudo obtener a partir del trabajo con profesores voluntarios de la práctica pedagógica/didáctica y los intereses surgidos en el momento mismo de la investigación. En este sentido se trabajó con 37 profesores en formación inicial, continua y en ejercicio.

Cómo se consolida el cdc

Como se describió en el apartado anterior, surge del proyecto “Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: una estrategia sustentada en el diseño de tramas conceptuales”. Este proyecto fue fundamental pues permitió comprender que para enseñar o para hacer enseñables

los contenidos de la química requeríamos de la integración de unos conocimientos.

En este proyecto se establecieron momentos históricos representativos en los que se dieron cambios paradigmáticos de la química y que posibilitaron establecer niveles de cambio teórico y de paradigmas en la química. Con ello se logró el diseño de tramas conceptuales histórico-epistemológicas (THE) y didácticas (TD) en los campos conceptuales de la química y de las teorías seleccionadas (teorías del flogisto/oxígeno, teoría equivalentista/atomista, y teorías dual/estructural). Se identificaron los aspectos que tiene en cuenta el profesorado cuando selecciona y diseña los contenidos de enseñanza en química frente a estas teorías. Luego de las THE se plantearon una TD y un diseño curricular de unidades didácticas para ser implementadas en las aulas de clase. Se logró aplicar y hacer seguimiento a la implementación de esos diseños de unidades didácticas basadas en tramas conceptuales histórico-epistemológicas y didácticas, en un colegio piloto en el cual se hace la práctica pedagógica.

Las tramas conceptuales

Las tramas conceptuales son productos de la investigación que pueden ayudar a “razonar” las decisiones curriculares (Astolfi, 2001). En cuanto al diseño de las *tramas conceptuales*, son aportaciones que resultan del análisis didáctico de las disciplinas científicas y que son útiles para determinar el conocimiento escolar que se enseñará. Organizan los conocimientos que se van a trabajar para luego articularlos en unidades didácticas; a partir de las tramas conceptuales se ponen de manifiesto las relaciones entre los contenidos, algo que no logran las listas de las programaciones clásicas. Favorece que los modelos iniciales de los estudiantes evolucionen, desde sus representaciones simples y/o alternativas, a otras más complejas y/o cercanas a los modelos científicos actuales. Permite plantear el aprendizaje como proceso de aproximaciones sucesivas, a partir de definir posibles

hipótesis de evolución o progresión (currículo en espiral), tanto a lo largo de una unidad didáctica como de un curso y de toda la escolaridad (Mosquera, Mora y García Martínez, 2003).

Las tramas conceptuales ofrecen una visión de conjunto sobre la evolución de un determinado concepto, y ponen de manifiesto las relaciones que mantienen con otros conceptos. Para Astolfi (2001), la elaboración de tramas conceptuales está asociada a la existencia de enunciados diferenciados y evolutivos para una misma noción, es decir, a niveles de formulación. No obstante, hay que insistir en que la finalidad de la elaboración de estas tramas conceptuales es clarificar un determinado campo conceptual, combinando la lógica histórica con la lógica de la enseñanza; es decir, la facilitación del aprendizaje. Esto significa que el análisis que proviene de la propia disciplina científica ha de ponerse en relación con el que se deriva de las concepciones de los alumnos (Mosquera et al., 2003). Las tramas didácticas representadas en tablas tienen dos dimensiones: una dimensión horizontal, que se corresponde con el conjunto de contenidos relacionados que constituyen ese campo conceptual concreto (que lo llamamos amplitud de la trama); y por otro lado, una dimensión vertical que establece las relaciones entre las distintas nociones consideradas, que definen unos niveles de jerarquía (Mora y Parga, 2014).

Según Mosquera et al. (2003), las tramas conceptuales:

- ▶ Se fundamentan en una perspectiva epistemológica sistémica y compleja.
- ▶ Constituyen una forma de presentar el conocimiento conceptual que tiene en cuenta: la amplitud y diversidad conceptual (número y tipo de conceptos implicados en el campo conceptual), *la organización conceptual* (relaciones jerárquicas y horizontales entre los conceptos) y los niveles de formulación de cada concepto (posibles definiciones cada vez más complejas y profundas).

No son determinantes ni del qué ni del cómo enseñar, sino más bien un referente para ambos y para analizar las concepciones de los alumnos. Sus características generales son:

- ▶ Un conjunto de enunciados progresivos de un mismo concepto en forma de frases y no de simples términos.
- ▶ Una organización de los mismos que responde a la lógica de una progresión epistemológica más que una estricta cronología.
- ▶ Una red de relaciones, tanto verticales como horizontales, entre los conceptos constituyentes de un campo conceptual dado.

Las funciones de una trama conceptual pueden explicarse así (Astolfi, 2001):

- ▶ Es una herramienta previa a la enseñanza, ya que pensar en los conceptos como una estructura (en lugar de yuxtaponerlos en el mismo plano) aclara la materia por enseñar.
- ▶ Lleva a la selección de un número limitado de conceptos integradores.
- ▶ Ayuda a explicitar el segundo plano de las ideas de un concepto, cuyos elementos no aparecen como tales al experto, al haber sido sintetizados como una sola unidad semántica.
- ▶ Sitúa cada aprendizaje concreto en relación con todo su campo conceptual.
- ▶ Puede hacer ver a los estudiantes que un saber se construye estableciendo “puentes” entre sus conocimientos.

Dado que dentro de la línea de investigación Didáctica de los Contenidos Curriculares en Química nos preguntamos por el *qué y cómo enseñar*, esto hace que sean *objeto de trabajo investigador la práctica docente* y en particular los *contenidos de enseñanza* presentes en los programas, en las

unidades didácticas, en los libros de texto y en los materiales de apoyo, y cómo estos funcionan en las prácticas en las aulas de clase; se vuelven objetos de investigación en esta línea:

- ▶ El estudio de los *modelos y las concepciones didácticas del profesorado* y sus implicaciones en su desarrollo profesional a nivel inicial y permanente en torno al diseño curricular.
- ▶ La determinación de las *características que deben tener los contenidos de enseñanza y cómo se deben organizar en torno al conocimiento escolar* para que permitan favorecer una evolución significativa de las concepciones del estudiantado.
- ▶ El cómo diseñar los currículos de los espacios académicos o “asignaturas” en torno a *tramas conceptuales evolutivas* cada vez más complejas, para lo cual es fundamental el soporte de la historia y epistemología de las ciencias y en particular de la química, que permitan desde el contexto de la didáctica entender *el currículo como hipótesis progresivas de intervención-innovación e investigación escolar*.

Inicialmente, para comprender los componentes del CDC, nos suscribimos en el *marco constructivista del conocimiento*, que, desde lo *epistemológico*, plantea que el conocimiento está determinado tanto por las propiedades de la realidad como por las del sujeto, en consecuencia este conocimiento adquiere un carácter contextual, procesual, relativo y evolutivo. Desde lo *histórico* son fundamentales los planteamientos de Stenger, Brock, Colmes y Bensaunde Vincent. Desde lo *psicológico* se refiere a cómo conocemos y cómo cambia lo aprendido por las personas como agentes activos de su propio aprendizaje, el cual depende de la organización cognitiva de lo aprendido, y desde el constructivismo y los planteamientos de Vigotski por su visión social del aprendizaje. Desde lo *educativo*, sostiene que la construcción del conocimiento es un proceso crítico, social y compartido, donde el contexto cultural condiciona las experiencias y los significados que se elaboran producto de la intervención intencionada del

profesorado para la progresiva reestructuración y complejización del conocimiento y el meta-aprendizaje de los estudiantes. Desde lo *pedagógico* los sustentos fueron la teoría crítica de Carr y Kemmis, House y Giroux. Desde las *investigaciones didácticas* se tuvieron en cuenta los planteamientos de profesores de la Universidad de Sevilla (Porlán, Rivero y García-Díaz), y de Francia los planteamientos de Astolfi, entre otros.

Por lo anterior, para ir consolidando la comprensión del CDC, asumimos una perspectiva compleja, crítica y constructiva de la formación del profesorado en la cual el mejoramiento docente se entiende como un desarrollo profesional en relación con la investigación sobre currículo y particularmente de los contenidos de enseñanza. Se entienden los contenidos en el marco de un conocimiento epistemológicamente diferenciado, propio del saber escolar, el cual es evolutivo y organizado según una creciente complejización y vinculado a los problemas relevantes para el estudiantado en el contexto del diseño curricular.

¿Qué es una trama de conocimiento didáctico del contenido?

A partir de lo anterior, se asumió la idea de tramas de conocimiento didáctico de contenido (TCD), que son tramas que resultan del análisis didáctico de la disciplina (química), las metadisciplinas (como la historia, la sociología de la química), de los aspectos psicopedagógicos y del contexto, los cuales resultan útiles para determinar el conocimiento escolar que se va a enseñar. Estas tramas son un instrumento para organizar los conocimientos que se van a trabajar y luego se articulan en *unidades didácticas* (como forma de organización y operacionalización del currículo). Ponen de manifiesto las interrelaciones entre los contenidos, cosa que no logran las listas de las programaciones clásicas.

Su utilidad radica en que favorecen que los modelos iniciales de los estudiantes evolucionen, desde sus representaciones simples, a otras más complejas cercanas a los modelos científicos. Permite plantear el apren-

dizaje como un proceso de aproximaciones sucesivas, a partir de definir posibles hipótesis de progresión/regresión (currículo en espiral), tanto a lo largo de una unidad didáctica como de un curso y de toda la escolaridad. Estas tramas son facilitadores para organizar el microcurrículo, macro y mesocurrículo y, como lo plantean Mora y Parga (2005), son aportes importantes puesto que no se han reportado experiencias concretas relacionadas con diseños curriculares (con fundamentos histórico-epistemológicos en el sentido de una trama) de conceptos propios de la química asociados con la formación del profesorado.

En investigaciones anteriores se ha mostrado que formar docentes desvinculados de sus prácticas reales y del objeto de su profesión, que es el *diseño curricular*, por lo general culmina en resultados desalentadores, por lo que el “diseño curricular/formación docente están articulados en todo momento en el mejoramiento del desempeño profesional docente”. Como lo plantea Mora (1999) y sustentados en las investigaciones de García Díaz (1998), el diseño curricular se puede operacionalizar en torno a los conceptos de “trama conceptual evolutiva” para el diseño de secuencias de estrategias didácticas, conceptos que en su momento se abordaron en dos procesos articulados como tramas histórico-epistemológicas y tramas didácticas de contenido (Carvajal et al., 2002; Torres, 2004). Las primeras permiten ver la evolución de un sistema de conceptos y teorías en disputa, especificando el tipo de cambios ocurridos en la ciencia y ofreciendo descripciones de momentos históricos particularmente ilustrativos de concepciones y obstáculos epistemológicos que inciden en la enseñanza escolar. Las segundas, fundamentadas en las tramas anteriores, permiten establecer contenidos más deseables para la enseñanza a nivel conceptual, procedimental y actitudinal.

Estas tramas pueden considerarse hipótesis de progresión (García Díaz, 1997; Porlán y Rivero, 1998), hipótesis de progresión/regresión (Mora, 2011), hipótesis de transición (Rodríguez-Marín, Fernández-Arroyo y García Díaz, 2014) relativas a los mecanismos y al contexto aproximado

de la enseñanza-aprendizaje que permitan plantear estados sucesivos de posibles estadios de evolución, que van de la simplicidad a la complejidad, en los distintos marcos teóricos propios de la química.

Perspectivas de tramas conceptuales como las planteadas por Martín del Pozo (1994) son de gran utilidad a la hora de emprender este estudio propio de la química. Esta autora aplica tres niveles de trama conceptual cada vez más complejos: el nivel macroscópico, el nivel asociado a la teoría atómico-molecular, y el nivel asociado a la teoría cuántica. Estos tres niveles de complejidad concuerdan con lo propuesto por Jensen (1988) con las tres revoluciones de la química: composición molar, composición molecular/estructura, y composición eléctrica/estructura; en otras palabras: los tres niveles serían molar, molecular y eléctrico.

Las tramas de conocimiento didáctico del contenido permiten diseñar unidades didácticas para la intervención en el aula de clase, es decir posibilitan el diseño de estrategias de innovación e investigación didáctica de los contenidos de enseñanza. Por lo tanto, las unidades didácticas como unidades de enseñanza y programación microcurricular permiten organizar programas escolares, integrando diversos contenidos no solo en un periodo corto sino que también forman estructuras para largos periodos escolares por cuanto estas se fundamentan en las tramas de conocimiento didáctico que también podrían facilitar el diseño mesocurricular.

Qué es una unidad didáctica

Para Campanario y Moya (1999) una unidad didáctica es un diseño microcurricular que implica un análisis didáctico, una selección de objetivos y una selección de estrategias y formas de evaluar, que favorece la construcción de nuevos conocimientos escolares frente a una temática determinada.

De la misma forma, para Torres (1994) una unidad didáctica es un proyecto curricular concreto o una propuesta de trabajo que abarca un cuestionamiento frente al qué se quiere enseñar. Además, requiere un diagnóstico para determinar los intereses de los estudiantes, el contexto sociocultural y los recursos de la institución. Para este autor el diseño de la unidad implica la definición de metas, la selección de un tema un plan de investigación y trabajo en equipo.

De acuerdo con Sanmartí (2000) y Campanario y Moya (1999) la unidad didáctica se construye teniendo en cuenta cuatro momentos: el primero corresponde a las actividades de iniciación, el segundo a las de desarrollo, el tercero consiste en las actividades de aplicación y el cuarto comprende la evaluación. Hay que decir que esto no puede abordarse de una forma esquemática, sino que son aspectos a tener en cuenta.

Además de lo anterior, a la hora de organizar una unidad didáctica para enseñar ciertos contenidos propios del saber químico deben considerarse, esencialmente, los siguientes aspectos:

- ▶ Elementos curriculares en los que se inscribe la propuesta.
- ▶ Características de la propuesta curricular: qué, cómo y cuándo enseñar y evaluar.
- ▶ Manejo conceptual de la disciplina.

De acuerdo con Mosquera et al. (2003) las unidades didácticas son unidades de programación, de diseño y desarrollo de la enseñanza, y son por tanto una forma de organizar los programas escolares dotados de capacidad para integrar contenidos diversos y de estructurar periodos relativamente largos de la actividad escolar. Su diseño se asume como proyecto curricular en profundidad, planteado como hipótesis, que orienta y facilita el desarrollo práctico, y obedece a una necesidad sentida de un colectivo de profesionales de la educación y la enseñanza de las disciplinas en una

institución escolar. En su diseño se consideran seis preguntas básicas (véase la figura 1.1).



Figura 1.1. Elementos del currículo por considerar en el diseño de una unidad didáctica.

Fuente. Mosquera, Mora y García Martínez (2003).

Hoy, al asumir una nueva perspectiva del abordaje de la trama como una trama de conocimiento didáctico de contenido (T-CDC) el profesorado puede definir la unidad didáctica para la enseñanza desde esta trama que resulta de la integración de los niveles de transición de los conocimientos y creencias del profesorado sobre la disciplina que enseña (o el saber académico de referencia), sus conocimientos y creencias metadisciplinares del saber de referencia (conocimientos histórico-epistemológicos y sociales de la química, entre otros), sus conocimientos y creencias psicopedagógicas (pensar la enseñanza y su organización desde la perspectiva del estudiantado) y sus conocimientos y creencias acerca del contexto escolar (aprender a organizar el medio). En este sentido, el concepto de unidad didáctica o diseño microcurricular, si bien es una hipótesis de trabajo del profesorado, contiene una serie de componentes que lo hacen complejo por cuanto es definido por múltiples variables.

Cómo se consolida la idea del CDC

Partimos del principio que los contenidos de enseñanza no son los mismos contenidos elaborados por quienes producen el conocimiento científico, sino que requieren una transformación para ser enseñados; y para ello se necesita un conocimiento específico, llamado por Shulman *conocimiento pedagógico del contenido* (CPC).

En el verano de 1983, Lee S. Shulman (1999) dio una conferencia en la Universidad de Texas, en Austin, la cual llamó “El paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza”. Allí planteó que este paradigma era el de la materia de estudio y su interacción con la pedagogía llevada a cabo por los profesores.

Shulman plantea este paradigma o programa como una línea o campo de investigación en educación (la del CPC) y se pregunta: ¿Cómo el estudiante universitario exitoso que se convierte en profesor novato transforma su pericia en la materia en una forma que los estudiantes puedan comprender? ¿Cómo los profesores toman una parte de un texto y transforman su entendimiento en instrucción para que los estudiantes la entiendan? (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004). A partir de 1986 publica las siguientes ideas sobre la relación entre el contenido temático de la materia y la pedagogía. Plantea que para ubicar el conocimiento que se desarrolla en las mentes de los profesores, habría que distinguir tres tipos de conocimiento: (a) el conocimiento del contenido temático de la materia, (b) el conocimiento pedagógico del contenido (CPC), “el tema de la materia *para la enseñanza*” y (c) el conocimiento curricular.

Gess y Lederman (1999) consideran tres tipos de contenido y su impacto en la práctica en el aula: el conocimiento de la materia, el conocimiento pedagógico y el conocimiento curricular (*subject matter knowledge*, *pedagogical knowledge* y *curricular knowledge*, respectivamente). Después, Shulman se refirió al modelo llamado conocimiento pedagógico del

contenido (en inglés, *PCK*). De estos, el conocimiento del contenido de la materia (*subject matter for teacher*) es uno de los de mayor interés en la investigación y su práctica.

Shulman et al. (1986) listan el CPC como uno de los *siete conocimientos básicos* de la enseñanza y de igual importancia que los otros tipos de conocimiento: conocimiento pedagógico general, el conocimiento del contenido temático de la materia o de la asignatura (CA), el conocimiento curricular, conocimiento de los aprendices y sus características, conocimiento del contexto educativo y conocimiento de la educación y sus bases filosóficas e históricas.

El conocimiento del contenido temático de la materia se refiere a la cantidad y organización del conocimiento del tema *per se* en la mente del profesor. Pero para pensar de manera apropiada en este conocimiento, es preciso ir más allá del conocimiento de los hechos o conceptos de un dominio y entender las estructuras del tema (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004).

Según Garritz y Trinidad-Velasco (2004), Shulman plantea, con respecto al conocimiento curricular, 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 (p. 98).

Shulman define el CPC como una combinación especial del contenido y la pedagogía a la que cada profesor da forma especial en su comprensión y práctica profesional. Es una comprensión de cómo se organizan y representan los temas particulares y los problemas para diferentes intereses y habilidades de aprendizaje que son objeto de la enseñanza; el CPC es la categoría más adecuada para distinguir el contenido que manejan

los especialistas del que manejan los pedagogos (Shulman, 1986). 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” (p. 9).

Es claro que se debe diferenciar el CPC del conocimiento pedagógico general para la enseñanza, el cual es el conocimiento de los principios generales de organización y dirección en el salón de clases; el conocimiento de las teorías y métodos de enseñanza. El CPC corresponde a las formas de representación y formulación del tema que lo hacen comprensible a otros (Shulman, 1986). En palabras de Garritz y Trinidad-Velasco (2004), corresponde a todo el esfuerzo que hace el profesor para hacer comprensible su tema en particular.

Shulman et al. han reconocido que el CPC tiene un papel integrador y transformador frente a otras formas de conocimiento, como pueden ser el conocimiento pedagógico general, el conocimiento de la materia, el conocimiento del contexto, y es el de mayor impacto en las acciones de los docentes en el aula.

En el manual de investigación en enseñanza de las ciencias han proliferado las investigaciones sobre el CPC (Gess y Lederman, 1999). Este es un concepto aceptado en el léxico de los investigadores en educación y se ha convertido en un organizador de las revisiones de la literatura sobre el conocimiento de los profesores.

Garritz y Trinidad-Velasco (2004) plantean que en la didáctica de las ciencias el término CPC sirve para describir la forma como los profesores 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). Veal (1998) define 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, De Ruiter y King (1993) 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. De manera ideal, el CPC se genera como una síntesis del desarrollo simultáneo de estas cuatro componentes.

Garritz y Trinidad-Velasco (2004) plantean que

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 (p. 99).

Se han propuesto algunas formas clásicas de hacer la transformación de los contenidos de enseñanza. Por ejemplo, Chevallard (1991) habla de *transposición didáctica* y García Díaz (1998) y Porlán y Rivero (1998) plantean la *integración didáctica*. Para el primero (transposición didáctica), el interés es permitir aproximar el conocimiento que tienen los estudiantes al conocimiento científico, con el fin de llegar al conocimiento científico. Para el segundo (integración didáctica), se pretende la integración del conocimiento de los estudiantes, en donde los problemas científicos se abordan desde perspectivas amplias y el conocimiento científico es solo un referente más; no es una meta, es un medio, es el planteamiento del conocimiento escolar deseable.

El concepto que propuso Chevallard (1991), y que es similar al del CPC, fue el de transposición didáctica. Este autor propone que el saber que llega al aula y que está en los libros de texto y propuesto en el currículo (saber que hay que enseñar) no aparece en estos contextos tal y como fue producido por la comunidad científica (saber sabio); por lo tanto, pasa por procesos de adaptaciones, de cambio y de transformaciones para ser

enseñable, es decir, se didactiza, teniendo así la llamada 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 Gess-Newsome y Lederman (1999), *Examining Pedagogical Content Knowledge*, el cual tiene un enfoque sobre la educación en ciencias y representa el primer intento para sintetizar la investigación sobre el CPC, el modelo del cual fue derivado, y trazar sus implicaciones para la investigación y la práctica.

Respecto al *CPC en la enseñanza de la química* se han encontrado pocos estudios, dentro de los cuales están los siguientes (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004):

- ▶ Estudios hechos con profesores de química al abordar el CPC desde los conceptos de densidad, presión del aire, aspectos de termodinámica, equilibrio químico, concepto de mol, cálculos estequiométricos, en fisicoquímica y química orgánica desde los tres niveles de representación usados en la química: el macroscópico, el submicroscópico y el simbólico.
- ▶ En estos estudios se ha encontrado que cuando los profesores de ciencias del nivel medio usan demostraciones, el CPC es un sistema de conocimiento complejo y sus componentes tienen diferentes velocidades de crecimiento en una actividad de “capacitación”. Los profesores de química con experiencia, comparados con los novatos, tienen una mejor adaptación y representación para la enseñanza de conceptos fundamentales en química, son más conocedores de la complejidad de las demostraciones químicas, y pueden promover mejor el aprendizaje de conceptos mediante demostraciones químicas más sencillas. Las estrategias empleadas para la enseñanza del concepto de “mol” tienen marcada influencia por los libros de texto de química, en los cuales no siempre se manejan los conceptos como lo hacen los científicos (no usan, por ejemplo, el término “cantidad de sustancia”). Asimismo, una

mejor comprensión del concepto de “mol” no implica que se usen las estrategias más adecuadas para la resolución de problemas relativos a la proporción entre masa y moles.

- ▶ Los futuros profesores desarrollan diferentes tipos de CPC: general, de dominio específico y de tema específico, los cuales difieren en sus propósitos, usos y aplicaciones; demuestran y desarrollan 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.
- ▶ Los profesores de química que se centran en el CA y el CPC, es decir en los dos tipos de conocimiento que determinan la naturaleza del tópico específico enseñado, pueden en ocasiones reforzar las concepciones alternativas de los estudiantes cuando tienen insuficiente CPC de temas específicos.

Van Driel, De Jong y Veerloop (2002) investigaron el desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido (CPC) en un grupo de doce profesores de química durante el primer semestre de su programa de maestría. El estudio se centró en el CPC con respecto a una edición central en la enseñanza de la ciencia, es decir, la relación entre los fenómenos observables, como reacciones químicas, y características macroscópicas (como punto de ebullición y solubilidad) y a su interpretación en términos de características corpusculares (niveles macroscópicos-microscópicos). En los estudiantes de secundaria, el cambiar estos niveles por lo general es un problema, mientras que los profesores no son conscientes de las dificultades de sus alumnos en este dominio. Los resultados de esta investigación indicaron un crecimiento del conocimiento en situaciones de enseñanza, de relacionar explícitamente los niveles macroscópico y microscópico. El crecimiento de CPC fue influenciado sobre todo por las experiencias de la enseñanza de los profesores, por los talleres que realizaron.

En un artículo reciente, Boesdorfer y Lorsbach (2014) muestran que a partir de un estudio de caso escogen a una profesora reconocida como buena profesora de química en su comunidad; para recolectar la información usan entrevistas, observaciones de clase y el análisis de documentos de clase. Este estudio muestra cómo pueden ser mejoradas las prácticas de los profesores de química teniendo en cuenta los criterios de Magnusson para definir el PCK. El estudio usa tres categorías relacionadas con los conocimientos/creencias acerca de los objetivos y propósitos de enseñanza de las ciencias (evaluaciones de desempeño de los estudiantes para aprender a resolver problemas, a aplicar los conocimientos, a utilizar sus recursos, sin memorizar), los conocimientos/creencias sobre la enseñanza (el trabajo del profesor para planificar y facilitar las actividades, sobre cómo el aprendizaje se construye a partir de los conocimientos y experiencias previas, el aprendizaje como un proceso de colaboración, social; y cómo los estudiantes deben ser responsables de su aprendizaje) y el aprendizaje de la ciencia y las prácticas de enseñanza (uso de actividades de investigación guiada, cómo los estudiantes trabajan en grupos con regularidad, uso de analogías, preguntas para analizar los datos o reconocer patrones de frecuencia, trabajo de evaluación final o tarea sugerida que no se califica). Las creencias de la profesora reflejaron lo que ella realiza en su acción de enseñanza sobre la tabla periódica, sin embargo, sus objetivos de enseñanza no fueron bien desarrollados lo que impidió que los estudiantes lograsen mayores niveles de aprendizaje. Por tanto la forma como la profesora orienta su enseñanza influye en su CPC.

En Colombia, Tamayo y Orrego (2005), profesores de la Universidad Autónoma de Manizales, hacen una reflexión en la cual se considera la alta complejidad conceptual que tiene el acercamiento a la educación en ciencias; en esa complejidad está la necesidad de incluir y reconocer el CPC, cuya función es identificar el conocimiento necesario para la enseñanza y su relación con la naturaleza de las ciencias.

Una nueva conceptualización sobre el CPC la ofrece Hashweh (2005) en siete grandes grupos:

- ▶ El CPC representa el conocimiento personal y privado.
- ▶ El CPC es una colección de unidades básicas llamadas construcciones pedagógicas del profesorado.
- ▶ Las construcciones pedagógicas del profesorado son el resultado de planear y de fases interactivas y posactivas producto de la enseñanza.
- ▶ Las construcciones pedagógicas son el resultado de un proceso inventivo influenciado por la interacción del conocimiento y creencias de diferentes categorías.
- ▶ Las construcciones pedagógicas constituyen una generalización basada en eventos y en la historia de la memoria.
- ▶ Las construcciones pedagógicas son un tema específico.
- ▶ Las construcciones pedagógicas son (o deberían ser) etiquetadas de maneras diferentes, que las conectan con otras categorías y subcategorías de conocimiento y creencias del profesorado.

El aporte principal de estos autores es haber reconocido por primera vez, en el campo de la educación en ciencias, la importancia de los procesos de adaptación y modificación que sufren los *contenidos* cuando son objeto de *enseñanza* por parte del profesorado y haber abierto una línea de investigación en la cual el CPC se configura como el campo de identificación de los conocimientos necesarios para la *enseñanza de las diferentes temáticas de las ciencias*.

Aunque Shulman y sus colaboradores, al igual que Gess y Lederman proponen que esas transformaciones necesarias para la enseñanza provienen de la integración del conocimiento disciplinar, del conocimiento pedagógico y del conocimiento contextual, consideramos que al referirse

en concreto al campo de la enseñanza de las ciencias y en particular al campo de la química, se requiere integrar el conocimiento sobre la naturaleza de las ciencias, aspecto que solo es posible a partir de los aportes de la epistemología, la historia, la psicología y la sociología de las ciencias, en el sentido de las aportaciones hechas por García Díaz (1998); Martínez (2005); Mora y Parga (2005, 2007, 2008); Mosquera et al. (2003), Porlán y Rivero (1998); Tamayo y Orrego (2005). En palabras de Sánchez Blanco y Valcárcel (2000), el profesor debería conocer en profundidad la disciplina, es decir, sus objetivos, problemas, leyes y teorías, su historia, la práctica de su metodología científica, su epistemología y las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad asociadas a su construcción. Por ello, se debe introducir en la formación inicial y permanente del profesor aspectos que profundicen en el conocimiento de la materia que se va a enseñar, como la reflexión epistemológica.

También nos unimos a la idea de que el CPC es un dominio único del conocimiento profesional del profesor; es producto de un campo de integración del saber pedagógico y didáctico del profesorado, en relación con el saber de las ciencias; su intención es lograr una comprensión para el desempeño profesional del profesorado de la educación en ciencias en la cual se investigan estas relaciones con fines de *enseñabilidad de los contenidos* y es lo que corresponde al contexto disciplinar de la *didáctica de las ciencias*, para el caso de los investigadores europeos y de la *educación en ciencias* para los investigadores americanos. Fensham, citado por Izquierdo (2005), se refirió a la diferencia entre la tradición de la Europa continental de “didáctica de las ciencias, DC” en la que se da gran importancia a los aspectos pedagógicos del contenido científico, y la anglosajona, “Science Education” que se centra en las estrategias docentes y el profesorado se forma para un currículo del cual no es directamente responsable (Izquierdo Aymerich, 2005).

El CPC armoniza con la necesidad de plantearse una epistemología escolar particular y un conocimiento epistemológico profesional del

profesorado en el cual la enseñabilidad de los contenidos tendría por objetivo no el paso del conocimiento cotidiano al científico, ni la transposición didáctica, sino una tercera posibilidad más centrada en la transición de un pensamiento simple a uno complejo; es decir, donde la ciencia no es un fin sino un medio, y en el cual el CPC incluye el conocimiento socioambiental, científico, cotidiano y metadisciplinar, en el sentido de lo planteado por Martínez (2005) y fundamentado en los trabajos de Porlán y Rivero (1998) y García Díaz (1998). Esta complejización del CPC unida al conocimiento escolar comprendería también niveles de formulación de progresión cada vez más complejos para los cuales la historia, la epistemología, la psicología y la sociología de las ciencias se hacen fundamentales y se genera un *conocimiento pedagógico profesionalizado del contenido*.

Esta línea de investigación del CDC ha ayudado a entender que así como es importante conocer lo que los estudiantes ya saben para poder aprender en forma adecuada, también es necesario saber lo que los profesores saben acerca de la enseñanza, por lo que es preciso investigar el pensamiento del profesor y así esclarecer cuáles son los contenidos que él privilegia en su enseñanza, las fuentes y los criterios de selección y de organización del contenido y el papel que le da al saber científico, pedagógico, didáctico, histórico, epistemológico, entre otros, a la hora de diseñar sus estrategias de enseñanza. Esta línea de investigación también se ve muy fructífera y potente a la hora de establecer programas de formación inicial y permanente del profesorado de ciencias y se constituye en un referente esencial a la hora de evaluar el desempeño profesional del profesorado y el diseño curricular.

Dificultades por superar en el profesorado de química

Partiendo de la preocupación expuesta, se propuso una metodología de investigación cualitativa dividida en tres etapas de trabajo: etapa de documentación, etapa exploratoria y descriptiva, y etapa de estudio de caso.

En la *etapa de documentación* se hizo una revisión de bibliografía y documentación de revistas especializadas en historia de las ciencias, tales como *Isis* y *Osiris*; en epistemología de la química, como *Hyle*, y de revistas especializadas en didáctica de las ciencias y de educación en ciencias que trabajan con el enfoque histórico-epistemológico aplicado a la investigación didáctica. Lo anterior permitió identificar los aspectos que tiene en cuenta el profesorado cuando selecciona y diseña los contenidos de enseñanza en química, y el diseño de tramas conceptuales (THE y TD) para hacer con ellas diseños curriculares presentados como unidades didácticas que luego se implementarían en las aulas de clase. Para el diseño de las tramas conceptuales se seleccionaron diferentes momentos históricos de la química a partir de las revisiones hechas y se diseñaron las tramas con diferentes niveles y estadios. Por ejemplo, se seleccionaron las teorías del flogisto/oxígeno (Ariza, 2009), la teorías equivalentista/atomista (García, 2009) y las teorías dual/estructural (Mora y Parga, 2008).

En la *etapa exploratoria y descriptiva* se auscultó entre los profesores en formación inicial (estudiantes que realizan la práctica pedagógica) y profesores titulares, lo que sucede en diferentes situaciones cuando se realiza la práctica pedagógica, al trabajar con ellos las unidades didácticas diseñadas a partir de las tramas. En este proceso participaron estudiantes de pregrado (o profesores en formación inicial, PFI) que hacen su trabajo de grado, estudiantes de maestría que hacen sus tesis y profesores titulares o en ejercicio de los colegios donde se realiza la práctica.

Por último, en la *etapa de estudio de caso* se analizó un proceso de aula con el fin de describir los aspectos que ocurren allí al implementar unidades didácticas diseñadas desde las tramas conceptuales y cómo estas impactan en el desarrollo del profesor.

Los siguientes son algunos de los hallazgos después de recorrer las tres etapas:

- ▶ Al triangular los documentos, el registro de grabaciones, la aplicación de encuestas y entrevistas: en las categorías CDC (conocimientos que lo conforman) y diseño curricular, el profesorado privilegia el conocimiento disciplinar sin considerar lo planteado en el marco teórico. Esto quiere decir que se dejan de lado los aportes de la historia de la química, la epistemología de la química, la sociología, la psicopedagogía y el contexto de enseñanza; no hay una integración de estos conocimientos, por lo que no les fue fácil diseñar las THE, TD y las unidades didácticas. El CDC de los PFI está en una etapa de configuración y estructuración; el referente teórico-práctico que caracteriza el CDC en los profesores en ejercicio es la priorización del conocimiento disciplinar de la química, no valorando los demás componentes.
- ▶ En cuanto al diseño curricular (selección de contenidos, diseño e implementación) las dos categorías de profesores tienen en cuenta dos o tres aspectos de la planeación de las clases: centrado en la información; se dejan en forma secundaria o no aparecen la justificación, las estrategias, los recursos, la organización, la evaluación (de lo diseñado, porque en la evaluación del aprendizaje priman los contenidos conceptuales, CC, sobre los actitudinales y procedimentales). El profesorado no cuenta con un documento de planeación y diseño curricular propio y articulado, a la manera de una unidad didáctica; estos son compilados de actividades (talleres, guías de laboratorio y ejercicios de lápiz y papel) y de CC. En la codificación abierta de los registros de grabaciones y entrevistas se mantienen estas tendencias y surgen subcategorías como: conocimiento disciplinar, conocimiento del contexto, contenidos e información, estrategias: actividades y evaluación de contenidos.
- ▶ Antes de trabajar con los tipos de tramas, no se evidenció integración didáctica personal del CDC, bien porque el profesorado no sabe cómo integrar las esferas del conocimiento, o porque los programas de formación (inicial y permanente) no insisten en ello, la subvaloran y no

hay un aporte conceptual al respecto. A partir de la caracterización hecha y del trabajo realizado con las tramas, es posible afirmar que una exploración práctica de las THE permite identificar en el profesorado, entre otros, el conocimiento relacionado con sus mecanismos de producción, los obstáculos epistemológicos, las formas de vida de las comunidades, la evolución entre teorías, y que son intermediarias del diseño curricular.

- ▶ Desde el punto de visto histórico, reconocen la presencia de las preguntas que en su momento fueron orientadoras para los científicos de la época y que han sido fundamentales para la evolución teórica. Esto es importante para el profesorado en el momento del diseño curricular, porque identifican preguntas que los científicos en su época plantearon y que podrían ser similares a las de sus estudiantes; esto les da mejores elementos para un modelo de enseñanza-aprendizaje desde la resolución de problemas.
- ▶ A pesar de las diferencias en los años de experiencia profesional, los profesores participantes no muestran una consolidación del CDC; en ambos casos, los componentes del CDC enfatizan en el conocimiento de la química centrada en conceptos descontextualizados, ignoran la importancia de lo histórico-epistemológico para el diseño curricular y para la enseñanza de los conceptos asociados a la combustión, la cantidad de sustancia y mol y teoría estructural; desconocen las teorías propias de la química, en particular las que han sido revolucionarias, tales como flogisto/oxígeno, equivalentismo/atomismo y dual/estructural; sus concepciones limitan la enseñanza de los conceptos analizados, quizás porque también en los libros de texto que usan y en su formación inicial y permanente hay ausencia de estos modelos teóricos de la química.

Consideraciones finales

Los inicios del abordaje del CDC en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional en Colombia se dieron por medio de la configuración de la línea de investigación *Didáctica de los contenidos curriculares en química*, desde la cual fue planteado el proyecto “Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: una estrategia sustentada en el diseño de tramas conceptuales”. Esta línea está emparentada con la línea internacional denominada *Conocimiento pedagógico de contenido* (CPC), inicialmente descrita por Shulman, quien consideraba que existía un paradigma poco estudiado acerca de la enseñanza y que tenía que ver con la materia de estudio y su interacción con la pedagogía del profesor. Precisamente, Shulman define el CPC como una combinación especial del contenido y la pedagogía, a la que cada profesor da forma especial en su comprensión y práctica profesional; es una comprensión de cómo se organizan y representan los temas particulares y los problemas para diferentes intereses y habilidades de aprendizaje.

Este proyecto permitió analizar que los profesores de química en formación inicial, continua y en ejercicio que participaron en la investigación reconocen la importancia de la didáctica de la química, pero tienen dificultades para integrar los componentes propios del CDC; no les es fácil aplicar los conceptos en el contexto del estudiantado y desde situaciones cotidianas. Para ellos la didáctica es una metodología o una estrategia, no la ven como una disciplina emergente, por tanto esta les aporta en las clases para planearlas y para hacer sus propios diseños (unidades didácticas). Respecto al conocimiento histórico, los profesores reconocen preguntas controversiales de la historia de la química, las que fueron esenciales para la evolución teórica pero no identifican los cambios cruciales de las teorías ni saben cómo les ayudan dichas teorías en caracterizar los modelos mentales de los estudiantes.

No se evidenciaron diferencias significativas en el CDC de los profesores participantes en cuanto a años de experiencia profesional. En ambos grupos de profesores, los componentes del CDC enfatizan en el conocimiento de la química centrado en conceptos descontextualizados, como definiciones y ejercicios de lápiz y papel, no como teorías propias de la química, lo que muestra una desconocimiento de los aspectos histórico-epistemológicos, contextuales y psicopedagógicos, que podrían ser integrados dentro del conocimiento disciplinar.

El trabajo con las tramas permitió evidenciar integración didáctica personal del CDC, lo cual puede ser un mecanismo o estrategia para que el profesorado integre las esferas del conocimiento, ya que tuvieron la intencionalidad didáctica de generar procesos de integración y complejización de las concepciones. Por lo tanto, los programas de formación (inicial y permanente) pueden insistir en ello, valorando este tipo de estrategias que le facilitan al profesor identificar los saberes que requiere para hacer más enseñables los contenidos de la química.

Referencias

- Astolfi, J. P. (2001). *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada Editora. Serie Fundamentos 17, Colección Investigación y Enseñanza.
- Bonache-Pérez, J. (1999). *El estudio de casos como estrategia de construcción teórica* (pp. 123-140). Universidad Carlos III de Madrid.
- Boesdorfer, S. y Lorsbach, A. (2014). PCK in Action: Examining one Chemistry Teacher's Practice through the Lens of her Orientation Toward Science Teaching. *International Journal of Science Education*, 36(13), 2111-2132. doi:10.1080/09500693.2014.909959
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Carvajal, A. L.; Hilarion, V. D.; Largo, S. G. y Mora, W. M. (2002). *Estudio didáctico del desarrollo histórico epistemológico del concepto de cambio químico*

- en la química orgánica del siglo XIX*. (Trabajo de grado de Licenciatura en Química). Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Chevallard, I. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires, Argentina: Aique.
- Cochran, K. F.; De Ruiter, J. A. y King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44, 263-272.
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- García Díaz, E. (1997). La formulación de hipótesis de progresión para la construcción del conocimiento escolar: una propuesta de secuenciación en la enseñanza de la ecología. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, 27-40.
- García Díaz, E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada Editora.
- Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*. 15(2), 98-102.
- Gess-Newsome, J.; Lederman, N. G. (1999). *Examining pedagogical content knowledge. The construct and its implications for science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2005). Nuevos contenidos para una nueva época. Aportaciones de la didáctica de las ciencias al diseño de las nuevas ciencias para la ciudadanía. En *Anais do XVI SNEF 2005*. Río de Janeiro: Sociedade Brasileira de Física. Recuperado de www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/Nuevoscontenidosmerce.pdf
- Jensen, W. B. (1988). III One chemical revolution or three? *Journal of Chemical Education*, 75(6), 961-969.
- Martín del Pozo, R. (1994). Tentative de définition d'un savoir professionnel sur le changement chimique pour la formation des enseignants. *Aster*, 18, 217-240.

- Martínez, R. C. (2005). De los contenidos al conocimiento escolar en las clases de ciencias. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 149-162.
- Mora, W. (1999). Elementos para la renovación curricular de los proyectos de formación inicial del profesorado de química: una propuesta desde la pedagogía y la didáctica como disciplinas fundantes. *Educación y Pedagogía*, 11(25), 120-145.
- Mora, W. M. (2011). *La inclusión de la dimensión ambiental en la educación superior: un estudio de caso en la facultad de medio ambiente de la Universidad Distrital en Bogotá*. (Tesis doctoral, Universidad de Sevilla. España). Recuperado de <http://fondosdigitales.us.es/tesis/autores/1689/>
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2005). De las investigaciones en preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia, hacia el diseño curricular en química. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 164-175.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2007). Tramas histórico-epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 21, 100-118.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto/aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 54-75.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2014). Aportes del cDC desde el pensamiento complejo. En A. Garritz, S. Daza y M. Lorenzo (eds.), *Conocimiento didáctico del contenido: una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.
- Mosquera, C.; Mora, W. M. y García Martínez, A. (2003). *Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*. Bogotá: Colciencias-Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Serie Fundamentos 8. Sevilla: Díada Editora.

- Rodríguez-Marín, F.; Fernández-Arroyo, J. y García Díaz, J. E. (2014). Las hipótesis de transición como herramienta didáctica para la educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 303-318.
- Sánchez Blanco, G. y Valcárcel, M. V. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un programa de formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 423-437.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. J. Perales y P. Cañal (eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239-266). Alcoy: Ed. Marfil.
- Shulman, L. S. (1986). "Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1999). Prólogo. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (eds.), *Examining pedagogical content knowledge. The construct and its implications for science education* (pp. ix-xii). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Tamayo, A. O. y Orrego, C. M. (2005). Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Educación y pedagogía*, 17(43), 13-25.
- Torres, L. y Mora, W. (2004). *De las tramas históricas a las tramas didácticas: una propuesta para el diseño de unidades didácticas en química orgánica*. (Trabajo de grado, Licenciatura en Química). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D. C., Colombia.
- Van Driel, J. H.; Verloop, N. y De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Van Driel, J.; Jong, O. y Veerloop, N. (2002). The Development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86, 572-590.
- Veal, W. R. (1998). *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* (pp. 1-47). San Diego, CA.

Capítulo 2

Componentes del conocimiento didáctico del contenido en química

William Manuel Mora Penagos
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

Introducción

Si bien este capítulo hace una revisión de las características que en sus comienzos asume el grupo Alternaciencias sobre el CDC, muestra cómo va evolucionando hacia unas características centradas en principios del pensamiento complejo y sistémico. Luego, presenta algunas experiencias sobre aspectos que han caracterizado el CDC de profesores de química en formación inicial y en ejercicio, quienes siguen privilegiando el qué enseñar sobre los demás componentes de este conocimiento. Consideramos que dicha caracterización es importante, antes que presentar ejemplos concretos, puesto que en la literatura se han reportado como casos concretos del CDC en química trabajos como los que el profesor Garritz organizó en el monográfico de la revista *Educación Química* o en el libro denominado *El CDC: una perspectivas iberoamericana* (Garritz, Daza y Lorenzo, 2014). Entre estos trabajos queremos resaltar los siguientes: *El CDC de la química verde en profesores universitarios* (Leal, Corio, Goes y Fernández, 2014), *El CDC para el caso de la “cantidad de sustancia”* (Padilla, Ponce-de-León, Rembado y Garritz, 2014), el CDC al enseñar los compuestos aromáticos (Farré y Lorenzo, 214), el desarrollo del CDC en profesores novatos respecto a la oxidación-reducción (Freire y Fernández, 2014), los conceptos

y experiencias unificadoras en relación con el CDC en química (Mora y Parga, 2014); la química ambiental y la química verde en el conjunto del conocimiento químico (Porto, Corio, Maximiano y Fernández, 2014), el CDC en la enseñanza de la electroquímica (Rollnick, y Mavhunga, 2014), el CDC de la naturaleza de la materia (Sá y Garritz, 2014), el CDC de los modelos y del lenguaje de la química (Strübe, Tröger, Tepner y Sumfleth, 2014), “Documentación del conocimiento didáctico en uso en clases universitarias de Química Orgánica y Física” (Farré, Idoyaga y Lorenzo, 2014), el CDC de una profesora al enseñar la tabla periódica (Boesdorfer y Lorsbach, 2014), sobre las creencias y acciones de profesores de química en formación continuada (Passos y Garritz, 2014), el CDC usado en la enseñanza del modelo de partículas (De Jong, van Driel y Verloop, 2005), teoría de partículas (Loughran, Berry y Mulhall, 2006), el CDC sobre el concepto de reacción química (Reyes, Garritz y Vargas, 2005), sobre los aspectos microscópicos y macroscópicos de la química (Dolfing y Butin, 2012), sobre el concepto de ácido-base (Drechsler y Van Driel, 2008), el CDC al enseñar los conceptos de mol y cantidad de sustancias (García y Parga), al enseñar la combustión (Ariza y Parga, 2011) o al enseñar la teoría dual y estructural en química orgánica (Jurado y Parga, 2009), entre otros.

Caracterización del CDC en química

Al comenzar los estudios sobre el CDC (Mora y Parga 2007, 2008), el grupo Alternaciencias planteó que este tenía las siguientes características:

- ▶ El CDC es uno de los tres tipos de conocimiento que se trabaja en las aulas de clase y que se relaciona con lo que se ha denominado el conocimiento escolar, articulados con el conocimiento cotidiano de los estudiantes y el conocimiento científico elaborado en cada disciplina. El CDC obedece a una serie de transformaciones elaboradas con el fin de hacer enseñables los contenidos, que se soporta en los conocimientos mencionados (Parga, Mora y Martínez, 2007).

- ▶ En los estudios sobre el diseño curricular de los contenidos para la enseñanza de la química, Mora y Parga (2007) consideran que este es un espacio de intersección interdisciplinar entre cuatro grandes áreas (o esferas del conocimiento): primero, el *conocimiento disciplinar* al que llaman conocimiento químico (o conocimiento del contenido de la materia caracterizado por los hechos, conceptos centrales o principios organizativos de la química y el conocimiento sustantivo, es decir los marcos explicativos de la disciplina química); segundo, el *conocimiento histórico-epistemológico y social* (conocimiento metadisciplinar de la química); tercero, la *psicología del aprendizaje* y el conocimiento de la *didáctica específica*; y cuarto, el *conocimiento del contexto escolar* donde se realiza la labor docente. La interacción de estas disciplinas conformaba en ese momento el CDC.
- ▶ Nos unimos a la idea de que el CDC es un dominio único del conocimiento profesional del profesor, producto de un campo de integración de su saber pedagógico y didáctico en relación con el saber químico, con la intención de lograr una comprensión para el desempeño profesional de los profesores de la educación química en la cual se investigan estas relaciones con fines de *enseñabilidad de los contenidos* en el *contexto disciplinar de las didácticas específicas*.
- ▶ El CDC armoniza con el planteamiento de una epistemología escolar particular y un conocimiento epistemológico profesional del profesorado en el cual la enseñabilidad de los contenidos tendrían por objetivo no el paso del conocimiento cotidiano al científico, ni la transposición didáctica, sino una tercera posibilidad más centrada en la complejización de un pensamiento simple a uno complejo en el que la ciencia no es un fin sino un medio y en el que el CDC incluye el conocimiento socioambiental, científico, cotidiano y metadisciplinar. Esta complejización del CDC unido al conocimiento escolar comprendería también niveles de formulación de progresión cada vez más evolucionados, para los cuales la historia, la epistemología, la psicología y la

sociología de la química se hacen fundamentales, y se genera un *conocimiento pedagógico y didáctico profesionalizado del contenido*.

- ▶ Pretendimos avanzar no solo en el significado de la *transposición didáctica* y la *integración curricular* a la hora de abordar los contenidos, sino pensar en la posibilidad que tienen los profesores de ciencias en formación, inicial y permanente, de diseñar de manera autónoma y crítica los contenidos que van a enseñar, teniendo en cuenta para ello la historia y la epistemología de dichos contenidos, así como conocer las relaciones existentes con los problemas socioambientales y tecnológicos.
- ▶ Hoy la adaptación del CDC en tramas evolutivas y progresivas, tanto a nivel histórico-epistemológico como a nivel didáctico, no debe ser entendida como un fenómeno de *transposición didáctica* como lo sustenta Chevallard (1991), ya que estas apuntan no a una formación para el aprendizaje de contenidos científicos únicos y universales, sino que su intencionalidad didáctica se dirige a generar un proceso de *integración y complejización* de las “*ideas previas*” o, si se quiere mejor, de los *modelos mentales* de los estudiantes, que evolucionan de manera constructivista como gradientes desde una perspectiva simple del mundo hacia una más compleja (Porlán y Rivero, 1998; García-Díaz, 1998), desde un enfoque aditivo de la realidad a otro más sistémico, desde un centramiento en lo próximo y evidente a una visión descentrada y relativizadora, desde una idea estática y rígida del orden y del cambio a una concepción evolutiva del mundo (Mora y Parga, 2007).
- ▶ Se destaca la importancia que tiene el CDC en la reivindicación de la profesionalidad de los docentes, en el énfasis de la disciplinariedad de las didácticas específicas y en su objeto epistémico como lo es la enseñabilidad de los contenidos. Además, con base en ideas constructivistas, se enfatiza en la necesidad de integrar los conocimientos usados por el profesorado en el diseño y las acciones en el aula de clase, con

el fin de desarrollar las ideas de los estudiantes que parten de visiones simples y van hacia visiones más complejas, en las cuales el diseño de tramas histórico-epistemológicas y las hipótesis de transición aparecen como elementos de gran potencial, al hacer unidades de enseñanza.

- ▶ El CDC ha permitido enlazar las actuales investigaciones que examinan la relación entre la enseñanza, el aprendizaje y el contenido de enseñanza, haciendo que este no solo haya adquirido un nuevo y significativo sentido, sino que también ha abierto la práctica profesional didáctica al escrutinio, para reconocer las habilidades y los conocimientos que utilizan los profesores cuando enseñan.
- ▶ El CDC ha contribuido a aclarar que la enseñanza es problemática y aún queda mucho por entender, que la formación del profesorado ha sido muchas veces más que una colección de juegos de actividades para usar en el aula, que los profesores que reflexionan en equipo para entender su enseñanza, contribuyen a su desarrollo profesional didáctico y mejoran su práctica al verse reflejados en las experiencias y visiones de otros profesores, y que el conocimiento profesional de los profesores requiere un lenguaje especial para facilitar la buena expresión y comprensión de las ideas sobre lo que es enseñar y aprender.
- ▶ El CDC no es un simple rótulo que permite igualar a todos los profesores respecto de un contenido de enseñanza dado: es más bien el producto de un conocimiento práctico que es particular, individual e idiosincrático debido a las diferencias influidas por sus conocimientos, creencias, el contexto, y la experiencia de enseñanza. Puede ser igual (o similar) para algunos profesores y diferente para otros, sin embargo es una piedra angular del conocimiento y desarrollo profesional del profesorado.
- ▶ El CDC ha sido promovido particularmente desde el área de enseñanza de las ciencias, donde se ha destacado la necesidad de integrar varios

dominios del conocimiento en la enseñanza, la investigación y la preparación del profesor (Parga, Mora y Martínez, 2007).

- ▶ La línea de investigación del CDC es fructífera y potente a la hora de establecer programas de formación inicial y permanente del profesorado de ciencias y se constituyó en un referente esencial al evaluar el desempeño profesional de los profesores y el diseño curricular.
- ▶ Ha contribuido a entender la didáctica de las disciplinas como un campo disciplinar dedicado a la enseñanza de los contenidos. Por lo tanto, ha permitido procedimientos de formación inicial y permanente del profesorado que se pueden interpretar desde distintas visiones, como las de transformación, transposición e integración.
- ▶ No ha tenido los desarrollos que se quisiera en la investigación educativa, si se compara con el conocimiento sobre la disciplina.
- ▶ Está formado por la integración del conocimiento y las creencias de los profesores en relación con el conocimiento disciplinar, el conocimiento histórico-epistemológico articulado, el conocimiento psicopedagógico y el contextual, donde, dependiendo del origen de la formación y la experiencia en el aula, pueden predominar unos sobre otros o estar ausentes uno o varios de ellos de forma explícita.

Hoy, los aspectos que queremos resaltar frente a este conocimiento (Parga y Mora, 2014) son:

- ▶ El CDC ha permitido entender la compleja relación entre pedagogía/didáctica y contenido, presentes en la actividad docente, que han demandado el reconocimiento de la existencia de distintos conocimientos que son necesarios para la enseñanza. En la actualidad, el CDC se acepta como una forma dinámica de conocimiento que está en constante evolución y expansión como alternativa a otras formas de

entender el conocimiento de los profesores cuando planifican, implementan y reflexiona sobre la enseñanza y el aprendizaje.

- ▶ Para los investigadores en educación, el CDC es una idea seductora y de gran potencial heurístico, que estimula la exploración de maneras de reconocerlo y desarrollarlo, para así mejorar tanto la enseñanza como los procesos formativos del profesorado en formación y en ejercicio. A pesar de este interés, cada vez es más evidente, por el creciente número de artículos publicados, que muchas interpretaciones sobre la composición, la construcción, la evaluación, el desarrollo y el contexto de aplicación, siguen siendo controvertibles, particularmente por las formas en que se han identificado, desarrollado y medido, generando algunas tensiones entre los investigadores.
- ▶ Por ser la formación docente uno de los campos de aplicación del CDC, gran parte de los investigadores (Barnett y Hodson, 2001; Cochran et al., 1993; Loughran, Mulhall y Berry, 2004; Shulman, 1987; Van Driel, Verloop y De Vos, 1998; Yarrick, Park y Nugent, 1997), han intentado establecer el tipo de conocimientos que se requiere para formar los docentes, coincidiendo en tres muy generales: el académico (ciencias, historia y epistemología de las ciencias, y psicología del aprendizaje), el pedagógico del contenido (CPC), y el experiencial. El conocimiento académico se obtiene en procesos formativos mediante cursos universitarios formales; el CDC se desarrolla a partir del conocimiento de los contenidos vinculado con la manera como los trabaja el profesor en el aula, y el conocimiento experiencial (de naturaleza personal y situado, sobre la enseñanza y el aprendizaje), de naturaleza implícita o tácita, adquirido a través de la práctica docente.
- ▶ El CDC lo asumimos entonces como un marco teórico de gran potencial para la interpretación del conocimiento profesional del profesorado, CPB, cuya naturaleza es compleja, práctica, individualizada y profesionalizante en torno a los contenidos didácticos de una disciplina.

El CDC se expresa como una emergencia de complejidad al integrar cuatro grandes grupos de conocimientos/creencias del profesorado (disciplinares, metadisciplinares, psicopedagógicos y contextuales), en distintas proporciones, según las necesidades contextuales e individuales de cada docente para la enseñanza de un grupo de temas asociados a un contenido curricular didáctico.

- Unos son los componentes del CPP, que pueden ser vistos como la piedra angular para la enseñanza y la formación del profesorado en general (el conocimiento pedagógico, el contexto, la materia y el CDC), y otra cosa son las categorías generales que conforman el CDC, que se producen como emergencia de las interacciones de los otros tres conocimientos (el conocimiento pedagógico, el contexto, la materia). Para el caso de nuestras investigaciones hemos adoptado no tres, sino cuatro categorías, agregando a las anteriores el conocimiento meta-disciplinar (histórico, epistemológico y sociológico de las ciencias). En este sentido, admitimos que el CDC es un conocimiento que el profesorado construye en el ejercicio profesional pero que se inicia durante su proceso de formación inicial en la carrera docente. Si un profesor de química quiere hacer “aptos”, o enseñables los contenidos de enseñanza, debe hacer “algo”, esto es, transformarlos, transponerlos o integrarlos (Mora y Parga, 2008). Estos tres enfoques se ponen en uso de acuerdo con la finalidad educativa de las disciplinas y los contenidos, así como de las estrategias de implementación en el aula de clase desde un modelo didáctico del profesorado.

Por lo tanto, el CDC es un marco teórico de meta-nivel orientado a la enseñabilidad de los contenidos disciplinares que forman parte de una estructura más general llamada conocimiento profesional del profesorado (CPP). En este sentido, consideramos que los contenidos didácticos y pedagógicos son complementarios, y ambos son básicos en la constitución del CPP. Los contenidos pedagógicos son más que una taxonomía fija y están orientados a responder preguntas de la formación de los individuos,

tales como: ¿qué conocimiento, qué educación, para qué escuela, para qué sujetos, para qué sociedad y cultura? En tanto que los contenidos didácticos se refieren a preguntas específicas de la enseñabilidad de cada disciplina, por ejemplo: ¿qué concepto de ácido o de base se requiere para interpretar adecuadamente la capacidad de resistir al cambio de pH en un agua contaminada?

El CDC se asume en el contexto disciplinar de la didáctica por hacer referencia específica a la enseñabilidad de los contenidos, por lo cual lo denominamos *conocimiento didáctico del contenido* (CDC) y no PCK ni CPC, como en la literatura internacional.

El CDC es un conocimiento práctico y profesionalizado del contenido orientado a la enseñanza, el cual es contextualizado, no solo en las características propias de cada escuela, sino en el modelo didáctico de cada docente. Se expresa desde distintos modelos didácticos de base constructivista, que han determinado estrategias de formación del profesorado centrados en el “cómo enseñar”.

En la constitución del CDC diferenciamos entre *categorías y componentes*. Tradicionalmente las *categorías* o grandes áreas reconocidas son tres conocimientos que constituyen el CDC: el disciplinar, CD; el pedagógico, CP; y el contexto, CC (véase la figura 2.1). Los *componentes* hacen referencia a cada uno de los conocimientos específicos que conforman cada categoría, que para el caso del CP serían: el conocimiento del currículo, el conocimiento de las dificultades de los aprendizajes de los estudiantes, el conocimiento de las estrategias de enseñanza, el conocimiento de la evaluación, entre otros.

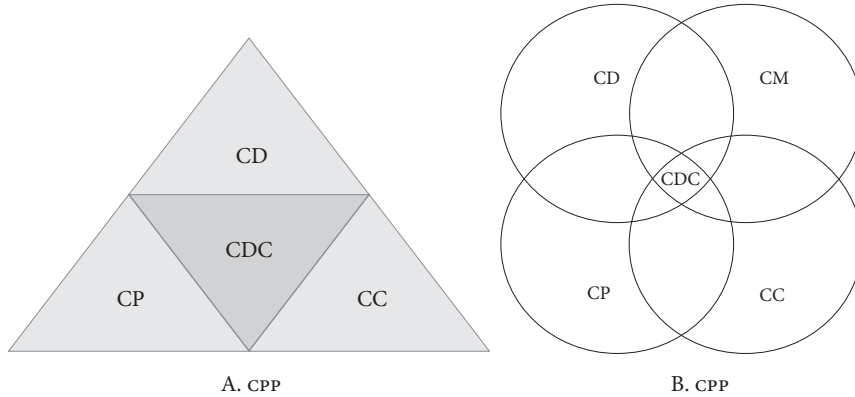


Figura 2.1. Propuestas tradicional (A) y alternativa (B) del CDC y su relación con el CPP.

Fuente: Mora y Parga (2014).

Dada la necesidad de fortalecer la construcción conceptual del CDC, desde una perspectiva sistémica y de segundo orden de reflexión (perspectiva histórica, epistemológica y compleja), es necesario integrar una cuarta categoría que denominaremos *conocimiento metadisciplinar* (CM). En la figura 2.2 y en la tabla 2.1 se muestra gráficamente que el CDC es el resultado de la integración de los conocimientos CD, CP, CC y CM, mientras que el conocimiento profesional del profesorado (CPP) lo constituyen los cinco conocimientos: CDC, CD, CP, CC y CM. Cada una de las categorías que se integran en el CDC pueden ser vistas como condición necesaria pero no suficiente, por sí misma, para construir el CDC, pues este requiere de la combinación o hibridación de dos, tres o las cuatro categorías de conocimientos.



Figura 2.2. Categorías y componentes del CDC.

Fuente. Mora y Parga (2014).

El CC, CP, CC, y CM se constituyen, en cada docente, como relaciones de conocimientos/creencias personales necesarias en cada temática y contenido por enseñar. Estos conocimientos/creencias no se requieren igualmente en el proceso de integración, sino que dependen de las preferencias contextuales y del sistema de creencias articulado a su modelo didáctico personal.

Aunque el CDC de un profesor es idiosincrático, histórico, irrepetible y con resistencia al cambio, suele requerir de un periodo amplio en su constitución y en sus cambios; es de difícil universalización o extrapolación para aplicarlo a todo el profesorado, sin embargo se acepta que existen elementos comunes entre varios docentes, por lo que procesos de modificación se ven favorecidos por procesos de reflexión compartida.

Tabla 2.1 Ejemplos de componentes para las categorías asociadas al cdc.

Categorías del CDC	Ejemplos de componentes para cada categoría del CDC
Conocimiento/ creencias de lo disciplinar (CD)	<ul style="list-style-type: none"> • Sustantivo (declarativo): cuerpo interrelacionado de conceptos, teorías, paradigmas de la disciplina. • Sintáctico (procedimental): métodos, instrumentos, cánones de evidencia que usa la disciplina para construir su conocimiento, de cómo introducirlos y lograr aceptación por parte de la comunidad.
Conocimiento/ creencias de lo metadisciplinar (CM)	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de producción del conocimiento. • Obstáculos epistemológicos. • Formas de vida de las comunidades científicas. • Debates y controversias. • Revoluciones científicas y experimentos cruciales. • Biografías de grandes personajes, análisis de textos originales.
Conocimiento/ creencias del contexto (CC)	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Dónde se enseña? • ¿A quién se enseña? • Normas de funcionamiento de la institución escolar. • Normativa nacional, por ejemplo los estándares. • Configuración cultural, política, ideológica, entre otras, de la institución escolar.
Conocimiento/ creencias frente a lo psicopedagógico (CP)	<ul style="list-style-type: none"> • Teorías educativas. • Conocimiento del currículo. • Modelos de desarrollo y aprendizaje del estudiantado. • Modelos mentales. • Estrategias de enseñanza. • Metodologías y formas de organización de grupos. • Criterios de evaluación.

Fuente: Mora y Parga (2014).

El CDC como producto de la integración de conocimientos/creencias del profesorado, requerido para enseñar un contenido, se expresa como una emergencia fenomenológica compleja.

Los cambios en el CDC de un profesor frente a un contenido pueden dinamizarse mediante hipótesis de transición, las cuales son esenciales para el diseño curricular formativo, en el que es posible el cambio desde modelos dominantes y centrados en el método intuitivo hacia un modelo de CDC deseable y compartido.

El CDC como sistema complejo

El CDC como sistema complejo está conformado por un alto número de componentes en torno a gran cantidad de variables en red. No solo es sensible a las condiciones iniciales formativas del profesorado, sino también a los procesos y al devenir derivado de las interacciones entre los componentes o categorías generales de conocimiento que se hibridan y evolucionan contextualmente. Desde esta perspectiva, el CDC de cada profesor estaría sustentado por patrones de comportamientos variables pero perceptibles en un periodo y no por leyes; estas permitirían identificar tanto periodos revolucionarios como periodos de resistencia al cambio, acompañados de periodos de estabilidad, de regularidad, periodicidad, gradualismo, de reformas como pequeños ajustes y rechazo de cambios súbitos e inesperados y el control de los fenómenos propios de la enseñabilidad de los contenidos .

El CDC, al centrarse en la enseñabilidad de los contenidos bajo situaciones problémicas de gran complejidad en el aula, está sujeto a procesos de mejoramiento pero también de bifurcaciones, tanto progresivas como regresivas, que lo reconstruyen permanentemente. Esta situación ocasiona la aparición de nuevas integraciones y redes internas, de evolución/involución que lo desvía de los patrones de actuación establecidos en rutinas. Así, el CDC como sistema complejo puede presentar transiciones de orden/desorden (aprendizaje/desaprendizaje), cambios súbitos e irreversibles, y transiciones de nivel y cambios cualitativos. La constitución de los componentes del CDC, vista desde la complejidad es una alianza y apertura al diálogo que une campos tradicionalmente en conflicto, como las ciencias naturales y las ciencias sociales, las humanidades y los saberes cotidiano y escolar que conforman el sistema de creencias/conocimientos del profesor.

El CDC como sistema complejo se configura en el contexto de un sistema abierto, es variable y heterogéneo, formado por elementos inseparables, con múltiples relaciones, y con emergencia de propiedades nuevas,

donde la complejidad aumenta al incrementarse la capacidad de autoorganización para absorber información adversa, dándole nuevos significados y generando nuevos patrones de organización. Como sistema problémico, asociado a la enseñabilidad de los contenidos, el CDC representa fenómenos reales del aula de clase, que pueden ser caracterizados por la incertidumbre, la ignorancia, el carácter incompleto de la información y gran carga de valores de las partes involucradas en el proceso educativo, que condicionan la toma de decisiones por parte del profesorado.

El campo de investigación del CDC ha sido convocado a participar en el abordaje de respuestas a las problemáticas sociales mundiales, que demandan la formación de una cultura para el desarrollo de la ciencia. Chinn (2012), citando aportes de otros autores, nos dice que hay tres razones fundamentales para el nacimiento de un campo de la educación en ciencias basada en lo local, orientada a la formación de una cultura para el desarrollo de la ciencia. La primera aborda un doble objetivo: el progreso científico mediante la alfabetización científica y la respuesta a la disminución en la participación de los estudiantes en ciencia y tecnología. Segundo, la equidad y la justicia social, presentes en la subrepresentación de las mujeres, las minorías, los estudiantes indígenas, y clases sociales económicamente desfavorecidas, en la formación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Tercera, la sustentabilidad ambiental, impulsada por la creciente preocupación por la sostenibilidad de los recursos naturales y los ecosistemas, el cambio climático global y la salud humana.

El CDC es entonces una *emergencia de un sistema complejo* producto de la interacción de un número importante de componentes que se organizan en cuatro grandes categorías de conocimientos: disciplinar (CD), psicopedagógico (CP), contextual (CC) y metadisciplinar (CM) (véase la figura 2.2). Los componentes de estas categorías interactúan de forma interdependiente y no lineal, tienen un comportamiento autoorganizado y desarrollan propiedades emergentes de dinámica y cambio permanente, que trascienden las características de los componentes individuales; su

coherencia surge gracias a la competencia y colaboración existente entre estos; sus resultados globales son el reflejo de las decisiones tomadas por los agentes intervinientes en el aula de clase.

Caracterizaciones del CDC

La mayoría de las investigaciones se han realizado sobre la relación entre el conocimiento disciplinar CD (de la materia a enseñar) y CDC, sin pasar del nivel descriptivo, en el que sus conclusiones no proporcionan resultados generalizables. La relación entre el conocimiento de la disciplina (CD), el conocimiento pedagógico (CP) y el conocimiento del contexto (CC), su transformación en el CDC y su puesta en funcionamiento en las condiciones del aula no son bien conocidos y se han investigado poco (Mora y Parga, 2014). Es necesario realizar estudios y modelos que permitan entender las correlaciones cuando se combinan dos o tres categorías del CDC, así como sus correlaciones con el aprendizaje del estudiantado y, sobre todo, sus efectos en la enseñanza, para sacar conclusiones con respecto a la formación del profesorado y la calidad de la enseñanza de las ciencias. Se deben hacer más esfuerzos para conectar y unificar lo que sabemos sobre cómo ejercen los docentes la enseñanza de las ciencias, y cómo proporcionar un marco teórico más unificado para examinar y comprender las competencias profesionales de los profesores en relación con el CDC. Sabemos muy poco acerca de cómo el conocimiento docente sobre el CDC afecta a los estudiantes. Si se demuestra que un profesor tiene un CDC más sofisticado y recomendable que otros, y es posible determinar su grado de complejidad, se podría contribuir a mejorar la educación en ciencias. Para determinar dicha complejidad, se pueden usar los siguientes instrumentos:

En primer lugar, se presentan algunas propuestas reconocidas que consisten en articular el diseño, la acción y la reflexión del profesorado como medio de evaluación y desarrollo profesional docente, tales como los *repertorios de contenido* (ReCo), con los *repertorios de experiencia*

profesional didáctica (ReEpd) que se preocupan por las distintas variables que afectarían el aprendizaje constructivista de los contenidos; en segundo lugar, aquellas centradas en y preocupadas por la formación de competencias o desempeños del estudiante tales como las de Enseñanza para la comprensión, (EPC), para lo cual nos muestran gradientes de evolución de las ideas del estudiantado en cuatro niveles y para ello el profesorado diseña el currículo en torno a hilos conductores, tópicos generativos, metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación continua; en tercer lugar se presentan los ámbitos de investigación profesional docente, (AIP) mediante los cuales se muestran tres niveles de desarrollo profesional docente y finalmente, pueden usarse tramas conceptuales como las que a continuación se describen.

Un ejemplo concreto de caracterización del CDC en química

En los diagnósticos iniciales realizados dentro del grupo Alternancias sobre el CDC se ha trabajado con dos grupos de profesores: profesores en formación inicial del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica y profesores en ejercicio vinculados a colegios, pero que están en formación posgradual. Se hizo una descripción de su CDC y se trabajó con tramas conceptuales para ver su impacto en la conformación de su CDC personal; se encontró que el CDC está sustentado más en el conocimiento disciplinar que en cualquiera de las otras formas de conocimiento:

- ▶ En cuanto al conocimiento disciplinar, en el componente declarativo o sustantivo no evidencia un cuerpo interrelacionado de conceptos, teorías ni mucho menos de los paradigmas de la química. En cuanto al componente sintáctico o procedimental, el profesorado al enseñar la química desconoce los métodos, instrumentos, cánones de evidencia que usa la química para construir su conocimiento, no hay discusiones sobre cómo fueron introducidas y lograda la aceptación de teorías, por ejemplo, por parte de la comunidad química de la época.

- ▶ En la categoría psicopedagógica fue analizado el componente sobre el diseño curricular; se encontró que los dos grupos de profesores (uno y dos) consideran principalmente aspectos relacionados con el qué enseñar/evaluar desde los “conceptos” sin incluir procedimientos o actitudes; no es explícito el para qué o por qué enseñar/evaluar. Por tanto no existe una planeación ni un diseño que atienda a todas las preguntas de la figura 1.1. Los profesores en formación inicial trabajan con profesores titulares, quienes recurren con gran frecuencia al libro de texto como un recurso fundamental para sus clases, y desde allí, se asumen la planeación, el diseño curricular y la implementación de su enseñanza.

Cómo se integran los componentes del CDC al enseñar la química

Los siguientes son los hallazgos en los dos grupos de profesores con los cuales se hicieron las caracterizaciones, cuando se trabajó con las tramas.

- ▶ Al inicio se evidenció poca integración didáctica del profesorado participante, quizás porque el profesorado que forma al licenciado en química trabaja por un lado la química y por otro los componentes pedagógico/didáctico de esta disciplina. Dentro del programa de formación existe un mayor porcentaje de créditos en el componente químico, lo que también hace que el profesorado en formación no valore los conocimientos pedagógico/didácticos y por lo tanto no sepa cómo hacer dicha integración. Después de la caracterización hecha y de haber analizado con ellos ejemplos de tramas y su conceptualización, se puso en práctica el trabajo con estas tramas para identificar aspectos relacionados con la categoría del conocimiento/creencias de lo histórico epistemológico de la química. Estas tuvieron una intencionalidad didáctica para generar procesos de integración y complejización de las concepciones (Rodríguez, Fernández y García-Díaz, 2013); sin embargo, no deja de ser algo difícil, sobre todo para los profesores en ejercicio —la mayoría de los cuales llevan más de quince años de práctica profesional—, quienes

manifiestan que estas propuestas demandan mucho tiempo y conocimiento. El profesorado en formación inicial es más receptivo a este tipo de propuestas, pues las vieron como la posibilidad de lograr articular lo que llevan de su formación académica (respecto de la química, su historia, su epistemología, su didáctica, su pedagogía, psicología, etc.).

- ▶ Los profesores en formación inicial, continua y en ejercicio, reconocen la importancia de la didáctica de la química, pero aún tienen dificultades para comprender los componentes propios del CDC; así manifiestan que no es fácil aplicar los conceptos en el contexto del estudiantado y desde situaciones cotidianas. Para ellos la didáctica es una metodología, pero no saben cómo esta les aporta en las clases para la planeación y el diseño curricular.
- ▶ Los dos grupos de profesores se enfocan en el conocimiento de la química centrada en conceptos descontextualizados, descontextualización que incluso es disciplinar, en el sentido de que no enseñan verdaderos conceptos de la química sino definiciones superficiales de los principales conceptos, principio y teorías que intentan enseñar; descontextualización histórica epistemológica porque no reconocen los modelos teóricos revolucionarios de la química –escasamente mencionan teoría cinético-molecular, teoría del enlace de valencia por ejemplo, pero no identifican la dual/estructural, flogisto/oxígeno; descontextualización cotidiana porque la mayor parte de los temas enseñados no son abordados para comprender y/o explicar fenómenos cotidianos.
- ▶ El profesorado no está preparado para abordar una relación entre la enseñanza de la química y la educación ambiental, o entre la enseñanza de la química y su relación con aspectos morales, éticos, políticos de la ciencia; requiere para ello reconfigurar su CDC.

Cómo generar procesos evolutivos y de complejización del conocimiento

- ▶ Con las tramas histórico-epistemológicas (THE) se establecieron distintos niveles de progresión histórico-epistemológica producto de la identificación de las unidades básicas, los tipos de cambios experimentados por las unidades básicas, y los criterios de actuación racional, en el proceso de rivalización y cambio revolucionario. Así, por ejemplo, una de las tramas (Mora y Parga, 2007) coincidió con la segunda revolución química planteada por Jensen (1988), generado entre el modelo teórico (MT) *dual* frente al MT *unitario* que dieron origen en el siglo XIX al MT *estructural* en química orgánica.
- ▶ Estos niveles fueron sugerentes a la hora de diseñar tramas didácticas del contenido (TD), las cuales, a su vez, determinaron las unidades didácticas en que se distribuyeron dos propuestas curriculares (Ariza, 2009 y García, 2009) de formación en química.
- ▶ Se propusieron tramas didácticas previas al diseño de unidades didácticas; se hicieron como un proceso de articulación de las tramas disciplinares e histórico epistemológicas con tramas psicopedagógicas y contextuales con el fin de mejorar la relación enseñanza-aprendizaje en el estudiantado de química. Se mostraron ejemplos concretos para el caso de los conceptos de cambio químico, combustión y cantidad de sustancia y mol.
- ▶ Las tramas favorecieron que los modelos mentales iniciales de los estudiantes evolucionaran, desde sus representaciones simples y/o alternativas, a otras más complejas y/o cercanas a los modelos científicos actuales. Permitieron plantear el aprendizaje como proceso de aproximaciones sucesivas, a partir de definir posibles hipótesis de evolución, progresión, transición (currículo en espiral), tanto a lo largo de una unidad didáctica como de un curso y de toda la escolaridad, que para el presente trabajo se abordó a lo largo de una unidad.

- ▶ Las tramas conceptuales ofrecieron al profesorado participante una visión de conjunto de la evolución de los conceptos (de combustión: visto desde las teorías del flogisto/oxígeno y de cantidad de sustancia y mol: vistos desde el equivalentismo/atomismo). Dichas tramas le permitieron al profesorado ver las relaciones que mantienen los conceptos abordados, con otros conceptos y teorías. Es por ello que la elaboración de las tramas conceptuales se asoció a enunciados diferenciados y evolutivos para una misma noción, es decir, a niveles de formulación. No obstante, hay que insistir en que la finalidad de la elaboración de estas tramas conceptuales es aclarar un determinado campo conceptual, combinando la lógica histórica con la lógica de la enseñanza; es decir, facilitar el aprendizaje. Esto significa que el análisis que proviene de la propia disciplina científica ha de ponerse en relación *con el qué se quiere enseñar*, lo cual se deriva de los modelos mentales del estudiantado: articular la lógica de la disciplina con la lógica del pensamiento del estudiantado.

Consideraciones finales

En este capítulo se presentaron aspectos que permiten ver la evolución frente al CDC, que el grupo Alternancias ha venido abordando. Para ello, se mostraron acuerdos y desacuerdos de investigadores que plantean que si bien el CDC ha tenido avances, hoy sigue siendo una línea fructífera que, entre otras cosas, ha aportado al reconocimiento de la profesionalidad del conocimiento del profesorado en el contexto de la didáctica. Se presentan críticas fundamentales que muestran la necesidad de profundizar en la naturaleza del CDC y su aporte como modelo teórico asociado al conocimiento profesional del profesorado, CPP, ya que algunos trabajos son más descriptivos que explicativos, y se necesitan estudios correlacionales sobre cómo se integran (hibridan) los distintos componentes del CDC y cómo es posible catalogar la emergencia de este en distintas temáticas, para aportar visiones de CDC organizadas para la enseñanza de la química. De otro

lado se planteó que es de gran interés pasar de identificar los componentes del CDC de cada profesor, o en los libros de texto, a las diferentes formas de determinar las hibridaciones y complejizaciones a manera de hipótesis de transición que se pueden dar permanentemente en la educación en química.

Por último, se propuso desde la complejización entender el CDC, que sería un elemento heurístico para tratar vacíos encontrados en las críticas reportadas en la literatura. Si bien existe un CDC propio de cada profesor cuando enseña un contenido, debe empezar a ser una preocupación la razón de la enseñanza de dichos contenidos, cuando hoy se nos cuestiona el para qué de la enseñanza de las ciencias (de manera monodisciplinar o interdisciplinar) sin abordar su relación con problemas socioambientales y una formación ciudadana. Es decir, empiezan a surgir nuevos aspectos para entender que el CDC de la química desde otras perspectivas teóricas debe asumir una enseñabilidad transdisciplinar, pero que nos lleva a preguntarnos cómo sería esto posible cuando asumimos un CDC centrado en contenidos monodisciplinarios. Seguramente esto será posible si se asume ya no solo una epistemología de la ciencia (de los siglos XIX y XX) sino, entre otras, una epistemología para el siglo XXI y una didáctica con principios sistémicos y complejos.

Referencias

- Ariza, L. y Parga, D. L. (2011). Conocimiento didáctico del contenido curricular para la enseñanza de la combustión. *Educación Química* 22(1), 42-50.
- Barnett, J. y Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know, *Science Education*, 84, 426-453.
- Boesdorfer, S. y Lorsbach, A. (2014). PCK in action: Examining one chemistry teacher's practice through the lens of her orientation toward science

- teaching. *International Journal of Science Education*, 36(13), 2111-2132. doi: 10.1080/09500693.2014.909959
- Chevallard, I. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires Argentina: Aique.
- Chinn, P.W. (2012). Chapter 23. Developing teachers' place-based and culture-based pedagogical content knowledge and agency. In: B. J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, (pp. 323). Springer International Handbooks of Education 24. doi: 10.1007/978-1-4020-9041-7_23
- Cochran, K. F.; De Ruiter, J. A. y King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44, 263-272.
- De Jong, O., Van Driel, J. y Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.
- Dolfing, R. Bulte, A. M. y Pilot, A. (2012). Domain-specific expertise of chemistry teachers on context-based education about macro-micro thinking in structure-property relations. *Research in Science Education*, 42, 567-588. doi: 10.1007/s11165-011-9211-z
- Drechsler, M. y Van Driel, J. (2008). Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid-base chemistry. *Research in Science Education*, 38, 611-631.
- Farré, A. S. y Lorenzo, M. G. (2014). Para no seguir reinventando la rueda: El conocimiento didáctico en uso sobre los compuestos aromáticos. *Educación Química*, 25(3), 304-311.
- Farré, A.; Idoyaga, I. y Lorenzo, G. (2014). Documentación del conocimiento didáctico en uso en clases universitarias de química orgánica y física. En A. Garritz, S. Daza, y M. Lorenzo. *Conocimiento didáctico del contenido: una perspectiva iberoamericana*. Editorial Académica Española: Saarbrücken, Alemania.
- Freire, L. I. F. y Fernández, C. (2014). Professores novatos de química e o desenvolvimento do PCK de oxidorredução: influências da formação inicial. *Educación Química*, 25(3), 312-324.

- García Díaz, E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada Editora.
- García, A. y Parga, D. L. (2009). *Conocimiento didáctico del contenido curricular del profesorado de química: enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y mol.* (Tesis inédita de maestría). Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.
- Jensen, W. B. (1988). III One chemical revolution or three? *Journal of Chemical Education*, 75(6), 961-969.
- Jurado, R. y Parga, D. L. (2009). Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: la selección de contenidos para enseñar el concepto de estructura en química orgánica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Número extraordinario, 134-139.
- Leal, S. H.; Corio, P.; De Goes, L. F. y Fernández, C. (2013). Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. *Educación Química*, 24(E1), 113-123.
- Loughran, J.; Berry, A. y Mulhall, P. (2006). *Understanding and Developing Science Teacher's Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2007). Tramas histórico-epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 21, 100-118.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81.
- Mora, W. M. y D. L. Parga. (2014). Aportes del CDC desde el pensamiento complejo. En Editores: A., Garritz; S. Daza, y M. Lorenzo *Conocimiento didáctico del contenido: una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.
- Padilla, K.; Ponce-de-León, A. M.; Rembado, F. M. y Garritz, A. (2008). Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of 'amount of substance'. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404.
- Parga, D. L.; Mora, W. M. y Martínez L. F. (2007). Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: una estrategia sustentada en el diseño de

- tramas conceptuales. Proyecto de investigación DQU.025.07 financiado por la SGP-CIUP.
- Parga, D. L. y Mora, W. M. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación Química*, 25(3), 332-342.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Serie Fundamentos 8. Sevilla: Díada Editora.
- Porto, P. A.; Corio, P.; Maximiano, F. A. y Fernández, C. (2009). Química Ambiental e Química Verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de alunos de graduação em Química da Universidade de São Paulo. *Educación Química*, 20(4), 398-404.
- Reyes, F.; Garritz, A. y Vargas, M. (2005). Conocimiento pedagógico del contenido en profesores mexicanos sobre el concepto de reacción química. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra. VII congreso.
- Rodríguez, F.; Fernández, J. y García-Díaz, J. E. (2013, 9-12 de septiembre). *Educación ambiental y su complejidad: el uso de las hipótesis de transición*. Comunicación. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Girona (España), pp. 1467-1471.
- Rollnick, M. y Mavhunga, E. (2014). PCK of teaching electrochemistry in chemistry teachers: a case in Johannesburg, Gauteng province, South Africa. *Educación Química*, 25(3), 354-362.
- Sá, L. y Garritz, A. (2014). Conhecimento pedagógico do conteúdo: crenças e ações de uma professora de química em formação continuada. En A. Garritz, S. Daza, y M. Lorenzo. *Conocimiento didáctico del contenido: una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.
- Sá, L. P. y Garritz, A. (2014). O conhecimento pedagógico da “Natureza da Matéria” de bolsistas brasileiros participantes de um programa de iniciação à docência. *Educación Química*, 25(3), 363-379.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.

- Strübe, M.; Tröger, H.; Tepner, O. y Sumfleth, E. (2014). Development of a pedagogical content knowledge test of chemistry language and models. *Educación Química*, 25(3), 380-390.
- Van Driel, J. H.; Verloop, N. y De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673-695.
- Yarrick, R., Park, H. y Nugent, J. (1997). Struggling to promote deeply rooted change: "The filtering effect" of teachers' beliefs on understanding transformational views of teaching science. *Science Education*, 81, 137-159.

Capítulo 3

Conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza de la combustión

Leidy Gabriela Ariza Ariza
Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Brasil

Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

Introducción

Las investigaciones en didáctica de las ciencias han evidenciado el interés de estudiar aspectos de la formación de profesores, tales como su quehacer, sus concepciones, su comprensión sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje y sobre el material didáctico usado o diseñado por ellos mismos; de otro lado se destaca que la formación continua del profesor se inicia desde su misma práctica docente, en la que existen pocos procesos de reflexión que le permiten aprender día a día del colectivo y de sí mismo. Teniendo en cuenta lo anterior, se direccionó una investigación para caracterizar el conocimiento didáctico del contenido (CDC) del profesorado de química en formación inicial y titular, en el proceso de diseñar una unidad didáctica relacionada con la combustión (Ariza y Parga, 2009; Ariza y Parga, 2011; Villamizar, Ariza y Parga, 2009).

Por lo tanto, se identificaron las concepciones que el profesorado en formación inicial y titular pone en práctica al diseñar una unidad didáctica para enseñar la combustión; se determinó cómo se relacionan las mismas con las tramas histórico-epistemológica y didáctica de la combustión; estas se diseñaron desde la teoría del flogisto y la teoría del oxígeno. Finalmente, con lo caracterizado se hizo una reflexión con los profesores, y a partir de

ello se construyó una unidad didáctica que destacara algunos elementos que el CDC refleja desde su teoría.

Ahora bien, con respecto a la enseñanza del concepto químico (Reyes y Garritz, 2006), puede decirse que a veces se convierte en un reto para el profesor. Este debe buscar estrategias para que los estudiantes comprendan esos conceptos, dentro de los cuales se destaca el de combustión. Investigaciones como las realizadas por Pozo et al. (1991) plantean que los estudiantes consideran la combustión como un cambio físico, dado que usan criterios de clasificación a partir de lo observable. En todo caso para ellos no es fácil asumir la combustión como un cambio químico, porque se limitan a la visión macroscópica de la materia y no tienen en cuenta las propiedades microscópicas. Según Pozo et al. (1991) el origen de estos problemas de aprendizaje se debe a que los estudiantes no tienen claro que la materia es discontinua. Pozo y Gómez Crespo (1998) afirman que los problemas de aprendizaje de la química relacionados con el cambio químico están asociados con las dificultades que pueden presentarse en los estudiantes cuando están aprendiendo el concepto de combustión.

Se han presentado varios trabajos (Furió, 2005; Galagovsky, Rodríguez, Stamati y Morales, 2003; Grasselli y Colasurdo, 2001; Pozo y Gómez Crespo, 1998; entre otros) acerca del aprendizaje de la combustión en relación con reacciones químicas y los gases y estos relacionados con el cambio químico (Pozo, 1994); pero en cuanto a la investigación de este concepto en las concepciones de los profesores y su respectiva enseñanza no hay claridad. Al respecto, una investigación de De Jong (1998) planteó un trabajo con siete profesores de ciencias en formación inicial y siete en ejercicio; se realizaron talleres con ellos para identificar sus concepciones y trabajar en el desarrollo de clases y del material que usaban y a partir de allí, planificar un curso sobre la combustión. Como resultado de esta investigación se plantea que los profesores de ciencias también tienen una visión macroscópica de la combustión y la limitan a unos pocos temas de química, sin ver su importancia con otros temas. Además, se encontraron

diferencias entre los puntos de vista de los futuros profesores y los profesores con años de experiencia; esta investigación se orientó hacia el reconocimiento del conocimiento didáctico de los enseñantes o profesores en formación inicial. Al comparar estos resultados con los que plantean investigaciones como la de Pozo et al. (1991) con respecto al aprendizaje del concepto de combustión, aparentemente no se encuentran diferencias entre lo que sabe el profesor y lo que aprende el estudiante, ya que ambos están limitando el concepto.

La investigación hecha por el grupo Alternaciencias, y que a continuación se describe, partió de la realización de un análisis epistemológico del concepto de combustión desde la postura de Anna Estany (1990) y los cambios en las teorías científicas, considerando tipologías como la de *procesos de ruptura conceptual*. A partir de este análisis se permitió interpretar la historia de la química con criterios epistemológicos desde las correlaciones, el cuerpo teórico, las explicaciones y la estructura del dominio de conocimiento científico, que ubican su evolución en la existencia de teorías rivales con las cuales se pueden estructurar tramas histórico-epistemológicas (THE) y visualizar los momentos históricos pertinentes en la evolución del concepto de combustión. Luego de tener diseñada la THE, se diseñó la trama didáctica que señala los niveles sucesivos de formulación del concepto de combustión, en serie de enunciados intermediarios implícitos o explícitos para cada formulación, un conjunto de nociones constitutivas que derivan en un cambio entre lo intermedio y lo superior, teniendo en cuenta la diversidad conceptual.

De la transición histórica de la combustión a la trama didáctica

Para realizar la trama histórico-epistemológica se consideraron los planteamientos de Stahl, Priestley y Lavoisier con respecto a la teoría de la combustión. Luego, se identificaron los criterios de actuación racional

propuestos por Estany –lógicos, empíricos y sociológicos– para cada uno de los científicos y que evidencian la evolución de esta teoría. Se identificaron unidades evolutivas y de cambio, las cuales iniciaron con los planteamientos del flogisto, que son criterios empírico y macroscópico sobre la combustión. Luego, se analizó lo que sucedió entre el flogisto y la teoría del oxígeno de Lavoisier. Los elementos de identificación propuestos por Estanny (1990), es decir, unidad básica, cuerpo teórico, ontología, campo de aplicación, principios metodológicos e instrumentos y técnicas, permitieron reconocer la evolución de la teoría, y lo que la historia de la química descarta y resalta. De esta forma se configura la trama histórica y epistemológica, representada en la tabla 3.1, siguiendo el análisis hacia la construcción de la trama didáctica (tabla 3.2) para realizar la interacción y caracterización del cdc en la enseñanza de la combustión.

Tabla 3.1. Trama histórica y epistemológica del concepto de combustión.

Niveles y modelos	Enunciados
<p>A NIVEL MACROSCÓPICO</p> <p>Nivel de formulación 1 (descripción): Se define “combustión” como proceso de fijación al aire.</p> <p>¿Por qué algunas cosas arden y otras no? Combustión como proceso mecánico.</p>	<p>Enunciado inicial 1.1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpos con características de inflamabilidad en presencia de aire. <p>Enunciado inicial 1.2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripciones desde la indagación de la naturaleza de la combustión.
<p>MODELO TEÓRICO DE STAHL</p> <p>Nivel de formulación 1 (aplicación): ¿Por qué cesa la combustión en un recipiente cerrado? Todas las sustancias combustibles poseen un componente común que escapa en la combustión.</p>	<p>Enunciado inicial 1.3</p> <ul style="list-style-type: none"> • La combustión consiste en liberar flogisto de un cuerpo, el cual deja de arder cuando el flogisto que posee no puede ser liberado porque el aire ya está saturado de este. <p>Enunciado inicial 1.4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combustión y fermentación son semejantes porque producen el desprendimiento del principio graso (flogisto).

Niveles y modelos	Enunciados
<p>FLOGISTO</p> <p>Nivel de formulación 1 (predicción):</p> <p>El flogisto era un principio ígneo que formaba parte de las sustancias combustibles.</p>	<p>Enunciado inicial 1.5</p> <ul style="list-style-type: none"> • El flogisto se desprendía y se perdía en la atmósfera durante la combustión. • Determinaciones cualitativas, según el cambio de color. <p>Enunciado inicial 1.6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos los cuerpos inflamables contenían flogisto. • La combustión concluía porque las sustancias tan solo contenían una cantidad limitada de flogisto.
<p>CAVENDISH, SCHEELE, MACQUER Y PRIESTLEY</p> <p>Nivel de formulación 2 (descripción):</p> <p>Considerar la existencia del aire desflogisticado (oxígeno).</p>	<p>Enunciado intermedio 2.1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mediante la experimentación se identificaba el hidrógeno con el flogisto. Si un metal era un compuesto de una base y un flogisto, cuando la base se uniera a un ácido para formar una sal, el flogisto debía escapar. <p>Enunciado intermedio 2.2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimentos que demostraron que el aire está compuesto de dos gases, uno de los cuales favorece la combustión (“fuego-aire”) y el otro denominado “aire despojado”. Determinación cuantitativa de las proporciones de los gases. Se plantea que el flogisto al unirse con el aire produce luz y calor. Se deduce que el metal obtiene su flogisto de la luz y produciendo cambio en las reacciones.
<p>CAVENDISH, SCHEELE, MACQUER Y PRIESTLEY</p> <p>Nivel de formulación 2 (aplicación):</p> <p>Cambios y determinaciones cuantitativas y cualitativas mediante la experimentación.</p>	<p>Enunciado intermedio 2.3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se demuestran cambios cualitativos y cuantitativos en la combustión mediante la experimentación de la combustión de una vela, mezcla de aire nitroso con aire común. <p>Enunciado intermedio 2.4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existencia reacciones de combustión con el agua, y diferentes aires para determinar el contenido de aire atmosférico.
<p>CAVENDISH, SCHEELE, MACQUER Y PRIESTLEY</p> <p>Nivel de formulación 2 (predicción):</p> <p>Propiedades del oxígeno, combinaciones.</p>	<p>Enunciado intermedio 2.5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se demuestra la necesidad del aire para la combustión. Se sustenta el aumento de peso en la combustión, por la combinación del metal con oxígeno. • No hay combustión donde no hay absorción de aire puro.

Continúa →

Niveles y modelos	Enunciados
<p>TEORÍA DE LAVOISIER</p> <p>Nivel de formulación 3:</p> <p>Define la combustión como la combinación del oxígeno con una determinada sustancia que tenía afinidad por el oxígeno, en la cual se libera calor.</p>	<p>Enunciado final relativo 3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Lavoisier reafirma la importancia del oxígeno como elemento. <p>Enunciado final relativo 3.2</p> <ul style="list-style-type: none"> La necesidad del aire para producir una combustión, su disminución y el aumento de peso del combustible y que este último se libera en forma de luz.
<p>TEORÍA DE LAVOISIER</p> <p>Nivel de formulación 3:</p> <p>Diversas reacciones de combustión, para caracterizar un fenómeno.</p>	<p>Enunciado final relativo 3.3</p> <ul style="list-style-type: none"> Lavoisier se vale de la definición de reducción para reemplazar los términos “flogisticación” y oxidación de “desflogisticación”. <p>Enunciado final relativo 3.4</p> <ul style="list-style-type: none"> Lavoisier planteó una explicación de la oxidación y la aplicó a la respiración, como la combustión del carbono por el oxígeno que respiramos de la atmósfera, realizando medidas cuantitativas en el laboratorio.
<p>TEORÍA DE LAVOISIER</p> <p>Nivel de formulación 3:</p> <p>Los cuerpos son todos más o menos susceptibles de combinarse con el oxígeno, y esta propiedad es la que constituye lo que se llama combustible.</p>	<p>Enunciado final relativo 3.5</p> <ul style="list-style-type: none"> Plantea cuatro fenómenos constantes con respecto a la combustión: desprendimiento de materia de fuego o de luz, pueden arder en una sola especie de aire puro (oxígeno), destrucción o descomposición del aire puro (oxígeno) y el cuerpo quemado aumenta de peso exactamente en proporción a la cantidad de aire destruido, y por último, el cuerpo quemado se transforma en un ácido por adición de la sustancia que ha causado su aumento de peso. Cuerpos combustibles: oxígeno, hidrógeno azoado, azufre y carbono.
<p>TEORÍA MOLECULAR DE DALTON</p> <p>Nivel de formulación 4 (descriptivo):</p> <p>Características electrónicas del oxígeno como elemento.</p>	<p>Enunciado final 4.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Los átomos de un elemento dado están formados por partículas muy pequeñas, indivisibles, llamadas átomos. Los átomos de un mismo elemento son todos iguales respecto de su masa y propiedades, pero difieren de los átomos de cualquier otro elemento. Las combinaciones químicas se producen cuando dos o más elementos forman una unión firme. <p>Enunciado final 4.2</p> <ul style="list-style-type: none"> Los gases están formados por corpúsculos que se repelen por la acción del calórico, parece haber llegado a la conclusión de que hay que diferencia entre los corpúsculos o átomos de gas no solo por el tamaño o la forma sino también por el peso.

Niveles y modelos	Enunciados
<p>TEORÍA MOLECULAR</p> <p>BOHR, GILBERT NEWTON LEWIS</p> <p>Nivel de formulación 4 (aplicación):</p> <p>Explicación electrónica del comportamiento del oxígeno y su capacidad de enlace.</p>	<p>Enunciado final 4.3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada línea de emisión o de absorción está determinada por el cambio de órbita de un electrón, y las diferentes órbitas tienen valores energéticos discretos. • Núcleo cargado positivamente rodeado de electrones dispuestos en órbitas (cada una caracterizada por el número cuántico distinto) y susceptibles de saltar de una órbita a otra, absorbiendo o emitiendo un quantum luminoso correspondiente a la diferencia energética entre las dos órbitas. <p>Enunciado final 4.4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distinción entre enlace polar (ionizable) y no polar (covalente): en el caso del enlace no polar, la molécula ya no es disociable en iones, hay interpretación estable de las capas electrónicas periféricas de dos átomos, lo que permite a cada uno “saturar” su capa por reparto de electrones.
<p>TEORÍA MOLECULAR</p> <p>LINUS PAULING, SCHRÖDINGER KOSSEL</p> <p>Nivel de formulación 4 (predicción):</p> <p>Explicación cuantitativa del comportamiento del oxígeno solo y con otro elemento.</p>	<p>Enunciado final 4.5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transferencia electrónica desde un átomo electropositivo hacia otro electronegativo como mecanismo de formación del llamado enlace iónico, que supone su fortaleza por la fuerza electrostática desarrollada entre las especies cargadas con signo opuesto. • Diseño de una ecuación de onda que describe la posible orientación espacial del electrón con respecto al núcleo. <p>Enunciado final 4.6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los átomos se unen entre sí para formar moléculas de forma cuantitativa. Deja ver los enlaces químicos en términos de mecánica cuántica.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 3.2. Trama didáctica de la combustión.

Niveles intermedios Nivel de evolución	INTERMEDIO INICIAL (VISIÓN CUALITATIVA) FLOGISTO Clasificación de las sustancias	INTERMEDIO CENTRAL (VISIÓN CUANTITATIVA) Explicación experimental	INTERMEDIO SUPERIOR (VISIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA) Teoría del oxígeno (cambio químico con el oxígeno)
1.A. Representación de cambio químico y físico (Describe)	<p>N1A.1 El fuego solo como un instrumento o agente de cambio. La calcinación interpretada como una descomposición, un desprendimiento de gas.</p> <p>N1A.a Se identifica un cambio en una sustancia cuando en una reacción se produce humo o vapor, debido a que se utiliza el fuego.</p> <p>n₁IA.1 Formulación de las primeras hipótesis según las ideas de los estudiantes.</p>	<p>N1A.2 Con la experimentación de la combustión de una vela, se presentan los métodos de mezclar aire nitrógeno con aire común, para demostrar cambios cualitativos y cuantitativos en la combustión.</p> <p>N1A.b Se puede entender la diferencia entre cambio químico y cambio físico. Se dificulta reconocer las variables cuantitativas.</p> <p>n₁IA.2 Manejo de instrumentos de medida. Resolución de ejercicios.</p>	<p>N1A.3 La masa de todos los cuerpos, incluso la de los metales, aumenta durante la combustión y la calcinación, ya que para todos estos procesos es necesaria una gran cantidad de aire. La presencia del oxígeno en el aire favorece la combustión y la calcinación.</p> <p>N1A.c Las sustancias están compuestas por átomos de distintos elementos, de forma que las nuevas sustancias se forman por recombinación de los átomos de las sustancias originales.</p> <p>n₁IA.3 Resolución de problemas y análisis e interpretación de hechos de la vida cotidiana.</p>

Niveles intermedios Nivel de evolución	INTERMEDIO INICIAL (VISIÓN CUALITATIVA) FLOGISTO Clasificación de las sustancias	INTERMEDIO CENTRAL (VISIÓN CUANTITATIVA) Explicación experimental	INTERMEDIO SUPERIOR (VISIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA) Teoría del oxígeno (cambio químico con el oxígeno)
<p>1B. Descripción y clasificación de las sustancias por la interacción de ellas</p>	<p>N1B.1 En la combustión de sustancias inflamables se puede formar luz y calor, con la intervención del aire, y se identifican los cambios en las reacciones con respecto a la luz que producen, todo esto está basado en la observación.</p> <p>N1B.a. Tal como se percibe la materia, se elaboran las explicaciones de los fenómenos, por ello, predomina una visión continua de la materia. Se asocian los procesos de combustión a la presencia de llamas y a que la sustancia se ponga al rojo.</p> <p>n₁ IB.1 Uso de modelos. Registro cualitativo de datos. Utilización de criterios para clasificar.</p>	<p>N1B.2 Pérdida de peso cuando se calienta una sustancia debido al aire que se desprende. Diferentes aires con características específicas que lo diferencian.</p> <p>N1B.c Características físicas y químicas de los elementos. Reconocer la reactividad de los elementos y los diferentes tipos de reacciones. Dificultad para reconocer las propiedades de los gases como elementos y de las sustancias producto de la combustión.</p>	<p>N1B.3 Lavoisier plantea que una sustancia puede arder en una sola especie de aire puro (oxígeno). Destrucción o descomposición del aire puro (oxígeno) y el cuerpo quemado aumenta de peso exactamente en proporción a la cantidad de aire destruido, y por último, el cuerpo quemado se transforma en un ácido por adición de la sustancia que ha causado su aumento de peso.</p> <p>N1B.c La materia está formada por átomos que se combinan entre sí; de esta manera se obtienen nuevos compuestos. Diferenciar entre relación molar y relación de masas. No es fácil comprender que el oxígeno se combina químicamente con la sustancia que sufre la combustión.</p> <p>n₁ IB.3 Autodirección. Estrategias de solución.</p>

Continúa →

Niveles intermedios Nivel de evolución	INTERMEDIO INICIAL (VISIÓN CUALITATIVA) FLOGISTO Clasificación de las sustancias	INTERMEDIO CENTRAL (VISIÓN CUANTITATIVA) Explicación experimental	INTERMEDIO SUPERIOR (VISIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA) Teoría del oxígeno (cambio químico con el oxígeno)
2A. La combustión como proceso químico (Explicación)	<p>N2A.1 En el aire existe algo que produce la combustión como proceso de fijación. Es un fenómeno natural en el cual el aire es un elemento independiente denominado fluido elástico, en el que flotan distintas partículas reactivas.</p> <p>N2A.a El aire no participa activamente en la combustión. La combustibilidad se relaciona con el estado de la materia.</p> <p>n₁2A.1 Percepción de los problemas mediante ensayo y error. No hay soluciones evidentes.</p>	<p>N2A.2 Existen reacciones de combustión con el agua, y diferentes aires para determinar el contenido de aire atmosférico.</p> <p>N2A.b La combustión como criterio para determinar el cambio químico.</p> <p>n₁2A.2 Representación simbólica. Diseño de experiencias.</p>	<p>N2A.3 Se define la combustión como la combinación del oxígeno con una determinada sustancia que tenía afinidad por el oxígeno, en la cual se libera calor.</p> <p>N2A.c No se aprecian claramente las reglas generales de las reacciones químicas.</p> <p>n₁2A.3 Uso de modelos. Elaboración de conclusiones y comunicación de resultados.</p>
2B. Interacción del oxígeno en diferentes procesos naturales	<p>N2B.1 El aire como fluido elástico que acaba recibiendo el nombre de gas. Cuando este gas se satura, la combustión cesa.</p> <p>N2B.a No se forman nuevas sustancias. En presencia del aire se presenta la combustión.</p> <p>n₁2B.1 Efectos y características de los fenómenos. Se acepta lo que no se ve.</p>	<p>N2B.2 Empleo de mercurio en vez de agua en la cubeta neumática. Esto hizo que se pudiera aislar numerosos gases que hasta entonces los científicos habían pasado por alto por causa de su solubilidad en el agua.</p> <p>N2B.b Importancia del agua en las reacciones de combustión.</p> <p>n₁2B.2 Producción de hipótesis sobre posibles soluciones. Desarrollo de estas hipótesis y deducción de sus propiedades.</p>	<p>N2B.3 El aire atmosférico es un compuesto de varios gases y con diferentes proporciones; así, el oxígeno es la proporción más pura y se combina para la producción de ácidos.</p> <p>La combustión es más rápida cuanto más puro es el aire en el cual se lleva a cabo.</p> <p>N2B.c Los ácidos son opuestos a las bases y se neutralizan entre sí. Las sustancias químicas con frecuencia producen calor cuando reaccionan.</p> <p>n₁2B.3 Esquemas conceptuales. Socialización de las soluciones y creación de nuevas propuestas.</p>

Niveles intermedios Nivel de evolución	INTERMEDIO INICIAL (VISIÓN CUALITATIVA) FLOGISTO Clasificación de las sustancias	INTERMEDIO CENTRAL (VISIÓN CUANTITATIVA) Explicación experimental	INTERMEDIO SUPERIOR (VISIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA) Teoría del oxígeno (cambio químico con el oxígeno)
3A. Proceso de interacción de los átomos y reorganización. Reactividad química (Predice-interpreta)	<p>N3A.1 La combustibilidad como propiedad de las sustancias, usada para su clasificación. Todos los cuerpos inflamables poseen esta propiedad: se desprenden y se pierden en la atmósfera durante la combustión.</p> <p>N3A.a Criterio de clasificación según lo observable, permanece o desaparece, describiendo los cambios visibles más llamativos, según su estado inicial y final.</p> <p>n₁3A.1 Visión aditiva simple (descripción de lo observado resaltando los aspectos más llamativos, utilizando un lenguaje cotidiano).</p>	<p>N3A.2 La combustión como una forma de reactividad de una sustancia. Cuando se mezclaba el aire nitrroso con el aire común se producían unos humos de color rojo que desaparecían poco después para dar lugar a una contracción del volumen total, la cual era mayor cuando mejor era la calidad del aire.</p> <p>N3A.b Se recuerdan la reactividad de las sustancias con el oxígeno. Uso deductivo de las proporciones de la materia para dar explicación a las reacciones.</p> <p>n₁3A.2 La estructura del problema es reorganizada.</p>	<p>N3A.3 El principio de conservación de la masa como explicación de los cambios químicos. La masa de las sustancias que reaccionan es igual a la masa de las sustancias que se obtienen como producto de la reacción.</p> <p>N3A.c Se interpreta que la masa disminuye. No tienen en cuenta las interacciones entre sustancias, sino transformaciones separadas de cada una de las sustancias que se combinan.</p> <p>n₁3A.3 Resolución de problemas y sus aplicaciones en un contexto.</p>

Continúa →

Niveles intermedios Nivel de evolución	INTERMEDIO INICIAL (VISIÓN CUALITATIVA) FLOGÍSTO Clasificación de las sustancias	INTERMEDIO CENTRAL (VISIÓN CUANTITATIVA) Explicación experimental	INTERMEDIO SUPERIOR (VISIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA) Teoría del oxígeno (cambio químico con el oxígeno)
3B. Las sustancias sufren un cambio en su estructura microscópica y en las propiedades macroscópicas	<p>N3B.1 La combustión y la fermentación son consideradas semejantes porque producen el desprendimiento del principio graso (flogisto).</p> <p>N3B.a El fuego interviene para que se presente combustión. Tienen dificultades para comprender el cambio químico sin necesidad de utilizar el fuego.</p> <p>n.3B.1 Establecen conjeturas contrastables para resolver un problema.</p>	<p>N3B.2 Diseñar un método que permita medir la calidad del aire mediante el uso del aire nitroso, un tipo de aire que se obtiene al disolver latón en ácido nítrico.</p> <p>N3B.b Una reacción de oxidación de un metal libera un gas característico. Se dificultan los métodos para medir la calidad de los productos.</p> <p>n.3B.2 Visión analítica (cambios físicos, variaciones cuantitativas, desprendimiento de energía, transformaciones).</p>	<p>N3B.3 La oxidación se aplica a la respiración, como la combustión del carbón por el oxígeno de la atmósfera. Bases para la teoría de la acidez. El oxígeno es un principio común a todos los ácidos, y es lo que determina su acidez.</p> <p>Realización de mediciones cuantitativas en el laboratorio.</p> <p>N3B.c Uso de argumentos que impliquen una combinación química del combustible con el oxígeno del aire. Las sustancias sufren un cambio en su estructura microscópica y en las propiedades macroscópicas.</p> <p>n.3B.3 Identifican e interpretan conocimientos en hechos de la vida cotidiana.</p>

Disciplinar/histórico-epistemológica (N); Psicopedagógica/contextual (n)

Fuente. Elaboración propia.

Articulación del CDC

En el análisis de las tramas construidas en las diferentes reuniones programadas con los profesores participantes de la investigación se interpretó el concepto de “combustión” teniendo en cuenta lo disciplinar, lo histórico y epistemológico, se relacionaron los problemas y estrategias pedagógicas y didácticas en el aula y se visualizó y analizó el contexto escolar. Esta información se articuló para la construcción de la unidad didáctica, y en la reflexión de la propia enseñanza. El profesorado de química en su planificación, desarrollo y retroalimentación de la enseñanza, con frecuencia, no tiene en cuenta las relaciones de los componentes y criterios del CDC, quizás por desconocimiento de los mismos, por falta de tiempo o porque no sabe cómo hacerlo.

Para mostrar la interacción e integración que el profesorado hace de los conocimientos analizados desde las tramas didácticas, el análisis de su acción en el aula, la planificación de su enseñanza y los textos que utiliza, se esquematiza la figura 3.1. Ahora bien, teniendo en cuenta lo planteado por Cabrera-Castillo (2012), en dicha interacción e integración se encontró que hay una ausencia de aspectos históricos y poca relación del concepto de combustión con otros conceptos. Sin embargo, a partir de lo evidenciado con las entrevistas, los cuestionarios y las reuniones con los profesores, se ve que el contexto escolar, sus problemáticas y fortalezas, y el conocimiento que tienen de la estructura pedagógica y didáctica, les ayudaron a construir en equipo la unidad didáctica del concepto de combustión. Esto favoreció la interacción de la estructura del CDC y sus componentes (CHE, CdC, CcE, CpP). Asimismo se propuso una enseñanza más contextualizada e interpretativa desde la realidad del estudiante, desde la evolución del concepto científico, lo que influyó en los resultados del aprendizaje de la química en el aula.

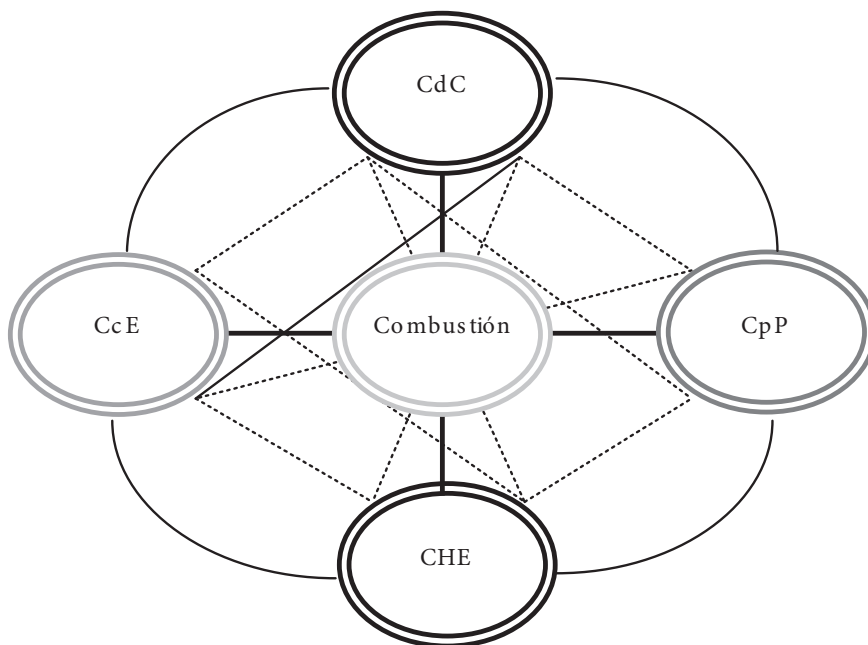


Figura 3.1. Interacción del cdc para la enseñanza del concepto de combustión.

Fuente. Elaboración propia.

Consideraciones finales

Los profesores no están enmarcados en una sola teoría rival del concepto científico de “combustión”. Indirectamente utilizan las dos, pero son conscientes de que predomina la teoría del oxígeno, ya que están muy influenciados por el material que utilizan para diseñar y estructurar su enseñanza. En ella predomina lo macroscópico de la teoría del flogisto para interpretar fenómenos microscópicos de la química.

En los profesores participantes se destacaron en mayor proporción los conocimientos del CdC y CpP que los del CHE; frente a lo histórico epistemológico presentan una visión ahistórica de las teorías del flogisto y del oxígeno. Con respecto al CcE, no se evidencia un equilibrio entre los componentes de esta categoría.

El trabajo con las tramas histórico-epistemológica y didáctica ayudó a los profesores a orientarse e identificar la integración de los conocimientos que forman parte del CDC para diseñar la unidad didáctica.

Al articular los conocimientos sobre la combustión con los conocimientos psicopedagógico, didácticos y del contexto escolar para diseñar una unidad didáctica para su enseñanza, y basados en la estructura de las THE y la TD, se pudieron reconocer los niveles que se quieren enfatizar en la enseñanza del concepto de combustión.

Referencias

- Ariza, L. G. y Parga, D. L. (2009). *Conocimiento didáctico del contenido curricular en la enseñanza de combustión*. (Tesis inédita de Maestría en Docencia de la Química). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ariza, L. G. y Parga, D. L. (2011). Conocimiento didáctico del contenido curricular para la enseñanza de la combustión. *Educación Química*, 22(1), 42-50.
- Cabrera-Castillo, H. G. (2012). Análisis descriptivo sobre el concepto combustión en libros de texto universitarios. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 311-328.
- De Jong, O. (1998). Prospective and experienced chemistry teachers' views on teaching combustion: a comparative study. *Aster. Recherches En Didactique Des Sciences Experimentales*, 26, 45-59.
- Estany, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona-Madrid: Ed. Crítica.
- Furió, C. (2005). La historia y filosofía de la ciencia una herramienta básica en la formación del profesorado de química. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra*. VII Congreso. España
- Galagovsky, L.; Rodríguez, M.; Stamati, N. y Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química. A partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121.

- Garritz, A. y Trinidad, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. *Educación Química*, 17, 117-141.
- Gess-Newsone, J. y Lederman, N. (1999). *Examinando el conocimiento pedagógico del contenido; su estructura y sus implicaciones para la educación científica* (pp. 616-619). Book Reviews. Países Bajos.
- Grasselli, M. y Colasurdo, V. (2001). Reacciones químicas: un enfoque integrado. *Educación Química*, 12(4), 233-239.
- Mosquera, C.; Mora, W. y García, A. (2003). *Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Bogotá: Universidad Distrital.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Ediciones Morata.
- Pozo, J. I.; Gómez Crespo, M. A.; Limón, M. y San Serrano, A. (1991). *Procesos cognitivos e la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, CIDE.
- Pozo, R. M. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado; estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes del magisterio*. (Tesis doctoral). España: Universidad de Sevilla.
- Reyes, F. y Garritz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de “reacción química” en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. RMIE, 11(31), 1175-1205.
- Villamizar, D.; Ariza, L. y Parga, D. L. (2009). Conocimiento didáctico del contenido curricular en la enseñanza de la combustión. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 3374-3377.

Capítulo 4

Selección de contenidos para enseñar el concepto de *estructura* en química orgánica

Raquel Jurado Arcos
Colegio Distrital Molinos Marruecos

Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

Introducción

Una de las labores cotidianas que enfrenta el profesorado es la toma de decisiones para saber qué y cómo enseñar. Es necesario propiciar un ambiente favorable para que el estudiantado se acerque al conocimiento científico teniendo en cuenta las formas de producción y las teorías que dan origen al mismo.

El presente capítulo describe una caracterización que permitió identificar los aspectos que tienen en cuenta los profesores en ejercicio (PE) cuando seleccionan y diseñan los contenidos de enseñanza en química orgánica (Jurado y Parga, 2009), partiendo de la posibilidad de seleccionar de manera autónoma y crítica los contenidos que se enseñan, con la ayuda de la historia y la epistemología de la química (Parga y Martínez, 2007).

En este sentido, la teoría estructural es la base para la enseñanza de la química orgánica. En trabajos recientes, Piraban y Montaña (2014), al hacer la reconstrucción histórica del concepto de aromaticidad, por ejemplo, han encontrado que no tiene objeto estudiar la química orgánica sin conocer el tema de aromaticidad, ya que sin él no se explican aspectos como la

reactividad, la generación de color, la conductividad o la electroquímica. De otro lado, Farré y Lorenzo (2014) plantean que

Para un grupo de docentes es más importante la enseñanza del mecanismo de la sustitución electrofílica aromática que las características estructurales del benceno y de los compuestos aromáticos, para la cual se empleó menos tiempo, en muchas ocasiones no fue evaluada ni se utilizaron tantas estrategias como para la enseñanza del mecanismo de la reacción característica de los compuestos aromáticos. Curiosamente muchos profesores no conocen o no entienden estos conceptos y, lo que es más grave, a pesar de que el estudio de la medición cuantitativa de la aromaticidad empezó hace más de cuarenta años, poca gente sabe que la aromaticidad se puede expresar como un número (p. 310).

Por lo tanto, los propósitos de esta investigación fueron conocer si el profesorado tiene en cuenta las teorías dual y unitaria y sus aportes para el desarrollo de la teoría estructural. Nos preguntamos si los profesores en ejercicio aplican el concepto de estructura al enseñar la química orgánica en la educación básica secundaria.

De la teoría unitaria a la teoría estructural

Explicar el concepto de estructura desde la teoría unitaria es importante, porque en el siglo XIX la estructura de los compuestos orgánicos no se comprendía y no existía una nomenclatura adecuada para nombrarlos. Una investigación que permita conocer cómo el profesorado organiza la enseñanza de química orgánica y la forma como aborda las teorías que permitieron el desarrollo científico en esta, brinda elementos para diseñar unidades didácticas a partir de la historia y la epistemología de la química.

Saber cómo se construye el conocimiento, cómo evoluciona y cómo se construyen nuevas teorías son actividades que el docente debe dominar de forma amplia. Este conocimiento le permite, entre otras, seleccionar

los contenidos que va a enseñar con base en la disciplina en la cual se desempeña (Parga y Martínez, 2006).

Otros aspectos que se deben tener en cuenta cuando se seleccionan los contenidos es el contexto escolar: conocer los elementos, los procedimientos, los recursos y las condiciones del aula así como sus problemáticas facilita el diseño de unidades didácticas apropiadas para el contexto escolar y las necesidades del estudiantado.

La elección adecuada de los contenidos, basada en el desarrollo histórico-epistemológico y contextual permite el diseño de tramas conceptuales que brindan a los estudiantes y docentes la posibilidad de entender cómo se construye el conocimiento, cómo evoluciona y cómo puede ser un elemento integrador para la vida y la solución de problemas cotidianos.

Pregunta y objetivos de investigación

Lo anterior permite poner de manifiesto la necesidad de caracterizar el CDC del profesorado y si los profesores en ejercicio utilizan el concepto de estructura para la enseñanza de la química orgánica. Como hasta el momento no se ha desarrollado un trabajo con estas características, es pertinente presentarlo como una alternativa que aporte a la didáctica de la química orgánica.

Al enseñar química orgánica es indispensable conocer la teoría estructural como una teoría central. Entender cómo aportaron la teoría dual y la teoría unitaria en la construcción de esta teoría en el contexto de la química orgánica del siglo XIX permitirá el diseño de una unidad didáctica que utilice la historia y la epistemología de la química como elemento integrador.

Algunos antecedentes sobre el tema son:

En trabajos de grado e investigaciones correspondientes a la Licenciatura en Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá están: Trabajos realizados por: Carvajal, Hilarión y Largo (2002), *Estudio didáctico del desarrollo histórico epistemológico del cambio químico en la química orgánica del siglo XIX*; Torres (2004), *De las tramas históricas a las tramas didácticas: una propuesta para el diseño de unidades didácticas en química orgánica*; Mora y Parga (2007), *Tramas histórico-epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica*.

Los dos primeros trabajos aportan a la investigación, pues abordan el estudio de la química orgánica desde lo histórico-epistemológico, no hay aportes sobre cómo los profesores en ejercicio seleccionan los contenidos que enseñan en química orgánica.

En la revisión de revistas internacionales se encontró un único trabajo relacionado con la investigación planteada. Se trata de Kapoor (1969): "The origins of Laurent's organic classification". *The Isis*, 60 (4), 477-527. Este documento fue relevante en lo histórico epistemológico para comprender la teoría unitaria y los hechos que dieron origen a la misma.

Respecto al grupo de participantes, se trabajó con profesoras en ejercicio de un colegio público de la ciudad de Bogotá, que tienen una amplia experiencia en la enseñanza de la química y un ejercicio profesional entre 5 y 19 años. Con base en la forma como ejercen su profesión y los resultados que han obtenido de dicha labor se formularon las siguientes preguntas: ¿Qué criterios tienen en cuenta las profesoras en ejercicio cuando seleccionan los contenidos para enseñar el concepto de estructura en química orgánica? ¿Cómo utilizan las profesoras en ejercicio dicho concepto? ¿Utilizan en su explicación los postulados de la teoría dual y la teoría unitaria en la enseñanza de la química orgánica? ¿Usan los criterios cualitativos propios del siglo XIX, cuando se dio la rivalidad entre estas dos teorías?

En esta investigación se partió de los siguientes supuestos:

- ▶ Las profesoras seleccionan los contenidos teniendo en cuenta sus conocimientos de la disciplina, en este caso, de la química orgánica.
- ▶ Las profesoras utilizan los libros de texto que ofrecen las editoriales, desarrollan los contenidos en la secuencia preestablecida en ellos y hacen una selección de actividades adecuadas para sus estudiantes. La selección de contenidos está supeditada a lo que presentan las editoriales.
- ▶ Otro aspecto importante para la selección de contenidos de enseñanza son los lineamientos o estándares que publica el Ministerio de Educación Nacional (MEN).
- ▶ Las profesoras no tienen en cuenta las teorías dual y unitaria cuando enseñan el concepto de estructura en química orgánica, porque las desconocen o no saben cómo abordarlas.

Se planteó como objetivo general establecer criterios, elementos, procedimientos, condiciones de aula y aspectos psicológicos que consideran las profesoras en ejercicio del área de ciencias naturales en la enseñanza del concepto de *estructura* en química orgánica.

En consecuencia, se formularon los siguientes objetivos específicos:

- ▶ Establecer la importancia que dan las profesoras en ejercicio al concepto de estructura en la química orgánica y si tienen en cuenta los criterios cualitativos de las teorías dual y unitaria al enseñar.
- ▶ Determinar cómo se afecta el diseño curricular al incluir el conocimiento histórico-epistemológico, el conocimiento psicopedagógico, el conocimiento disciplinar y el contexto escolar.

- Caracterizar los criterios que tienen en cuenta las profesoras cuando seleccionan los contenidos al enseñar el concepto de *estructura* en química orgánica.

Metodología de la investigación

La metodología planteada fue de naturaleza cualitativa, fundamentado en una perspectiva interpretativa (Cardona, 2002). Se indagó si las profesoras en ejercicio de la Institución Educativa Distrital (IED) utilizaban el concepto de estructura para enseñar la química orgánica y los criterios en que se basaban para seleccionar los contenidos por enseñar, como se muestra en la figura 4.1.

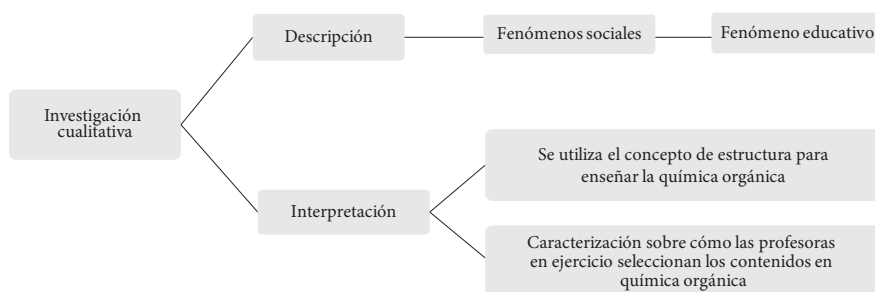


Figura 4.1. Fundamento de la investigación.

Se propuso un estudio de caso con cuatro profesoras en ejercicio del área de Ciencias Naturales. A las participantes se les informó sobre los aspectos más relevantes de la investigación, en especial sobre su importancia y sus propósitos. Se hizo especial énfasis en la confidencialidad de los datos, y se asignó un código a cada una de ellas. El diseño metodológico se organizó en dos fases (véase la figura 4.2).

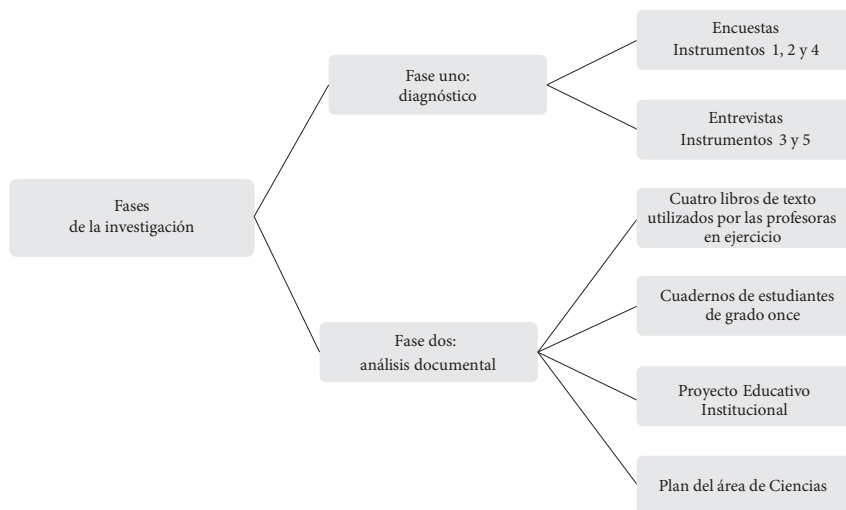


Figura 4.2. Fases de la investigación.

Fase uno: diagnóstico

Las técnicas de recolección de información fueron encuestas y entrevistas semiestructuradas. El diseño de las encuestas permitió reunir información para determinar qué tienen en cuenta las profesoras cuando seleccionan los contenidos para enseñar el concepto de estructura en química orgánica, y si utilizaban los postulados de las teorías dual y unitaria en su enseñanza, teniendo en cuenta los criterios cualitativos propios del siglo XIX, cuando se dio la rivalidad entre estas dos teorías.

Se aplicaron tres encuestas y se realizaron dos entrevistas. En la primera encuesta (instrumento 1) se incluyeron preguntas para determinar cómo se afecta el diseño curricular al incluir el conocimiento histórico-epistemológico, el conocimiento psicopedagógico, el conocimiento disciplinar y el conocimiento del contexto escolar (Mora y Parga, 2008). En la segunda (instrumento 2) se caracterizaron los criterios que siguen las profesoras en ejercicio para seleccionar los contenidos.

En la primera entrevista (instrumento 3) se caracterizaron en las profesoras en ejercicio los criterios que consideran cuando seleccionan los

contenidos en química orgánica. Este instrumento se aplicó a las dos profesoras con mayor experiencia en la enseñanza de la química orgánica. Con los instrumentos 4 y 5 (encuesta y entrevista, respectivamente), se buscaba establecer la importancia que dan al concepto de estructura en la química orgánica y si tenían en cuenta los criterios cualitativos de las teorías dual y unitaria, y si usaban los criterios cualitativos propios del siglo XIX al enseñar, y finalmente determinar cómo se afecta el diseño curricular al incluir el conocimiento histórico-epistemológico.

Fase dos: análisis documental

Se hizo el análisis documental de los cuadernos de los estudiantes y de los libros de texto utilizados por las profesoras junto con sus materiales curriculares (los que ellas diseñaron). Se revisaron los siguientes cuatro libros de texto: *Química II* de Editorial Santillana, *Química y ambiente 2* de McGraw-Hill, *Spin química II* y *Molécula II*, los dos últimos de Editorial Voluntad (instrumento 6), para determinar si en ellos se hace referencia a las teorías dual, unitaria y estructural, usando los criterios cualitativos propios del siglo XIX. El propósito era evidenciar cómo los libros presentaban la estructura en las moléculas orgánicas.

Se analizaron tres cuadernos de estudiantes (instrumento 7) seleccionados al azar en el grado once de la IED. Se evaluó si en los cuadernos están registrados aspectos de las teorías dual, unitaria y estructural. Si se explican el tema de isomería, y si se aborda de forma apropiada presentando las distintas clases de isomerías.

De igual forma, se revisaron documentos del colegio, tales como el proyecto educativo institucional (PEI) (instrumento 8), el plan de área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Se revisó la misión y la visión así como el modelo pedagógico, con énfasis en el plan de estudios del área de Ciencias, teniendo en ellos estaban registrados aspectos de las teorías dual, unitaria y estructural.

Los instrumentos se abordaron a través de análisis cualitativo. Se pretendió darles estructura a los datos, lo cual implicó organizarlos en categorías, unidades y patrones, encontrando sentido a los datos en el marco del planteamiento del problema.

El análisis de las respuestas consignadas en las plantillas diseñadas para tal fin se realizó teniendo en cuenta las categorías y subcategorías establecidas a partir de las primeras conceptualizaciones y a través de una codificación abierta. Esto permitió diseñar una matriz de análisis para cada instrumento.

Se establecieron las categorías altamente deseable (AD), deseable (D), medianamente deseable (MD), no deseable (ND) no sabe/no responde (NS/ NR) y no cita (NC), así como subcategorías, que se establecieron en una matriz de análisis para cada instrumento.

De acuerdo con la naturaleza de la investigación, para caracterizar el CDC de las profesoras de química, de la IED, en relación con la selección de contenidos de enseñanza, y la forma como enseñan el concepto de *estructura*.

Indicadores de la investigación

De acuerdo con la naturaleza de la investigación para caracterizar el CDC de las profesoras en ejercicio en relación con la selección de contenidos, y la forma como enseñan el concepto de estructura en química orgánica, se identificaron desde los planteamientos de los componentes del CDC citados por Mora y Parga (2008).

Tabla 4.1. Indicadores de la investigación.

Conocimiento	Indicador	Instrumentos
Conocimiento disciplinar (CD) “Comprender la materia”.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un cuerpo interrelacionado de conceptos. 2. Teorías y paradigmas de la química (teorías dual, unitaria y estructural). 3. Este conocimiento determina el diseño curricular. 	1 y 2
Conocimiento metadisciplinar “Comprender qué y cómo ha cambiado el conocimiento”.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mecanismos de producción del conocimiento. 2. Obstáculos epistemológicos. 3. Formas de vida de las comunidades científicas. 4. Debates y controversias, reconstrucciones de episodios históricos relevantes. 5. Revoluciones científicas y experimentos cruciales. 6. Biografías de grandes personajes. Análisis de textos originales. <p>El profesorado en ejercicio comprende qué es y cómo ha cambiado el conocimiento (cómo se propusieron las teorías dual, cómo fue sustituida por la teoría unitaria, y qué aportaron las dos teorías a la formulación de la teoría estructural).</p>	4, 5, 6 y 7
Conocimiento psicopedagógico (CP).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teorías educativas. 2. Conocimiento del currículo. 3. Modelos de desarrollo y aprendizaje del estudiantado. 4. Concepciones alternativas del estudiantado. 5. Metodologías y formas de organización de grupos. <p>El profesorado en ejercicio del colegio aprende a pensar en la materia desde la perspectiva del estudiante. Esto es, identifica una teoría educativa, conoce el currículo, tiene en cuenta los modelos de desarrollo y aprendizaje de los estudiantes a quienes enseña.</p> <p>Al enseñar la teoría estructural tienen en cuenta sus concepciones alternativas y proponen metodologías y formas de organización de grupos.</p>	4, 5 y 8
Conocimiento/ creencias del contexto (CC).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Información del funcionamiento de la IED. 2. Procedencia del estudiante. 3. Normas y funcionamiento de la IED. 4. Configuración cultural, política e ideológica de la institución escolar. <p>El profesorado de química en ejercicio aprende a organizar el medio. Esto es, tiene claro dónde enseña, a quién, procedencia del estudiantado, normas y funcionamiento escolar, configuración política e ideológica del Colegio.</p>	6, 7 y 8

Fuente. Adaptado de Mora y Parga (2008).

Para esta investigación los criterios de rigor usados fueron la credibilidad, la transferibilidad y la confirmación (Hernández, Fernández y Baptista 2006).

Tabla 4.2. Criterios y estrategias de la metodología constructivista/cualitativa.

Términos cualitativos	Procedimientos o estrategias
Credibilidad	Juicio crítico de colegas. Triangulación de instrumentos.
Transferibilidad	Descripciones densas. Recogida de abundante información.
Confirmación	Ejercicio de reflexión.

Fuente. Hernández, Fernández y Baptista (2006).

Los instrumentos utilizados en esta investigación obedecen a criterios de confiabilidad y credibilidad cualitativa. La confiabilidad se ve reflejada en la consistencia lógica de cada uno. Además de explicar con claridad los criterios de selección de los participantes, y los métodos de análisis que se iban a utilizar (los procedimientos de codificación y el desarrollo de categorías e hipótesis) también se especificó el contexto de la recolección y cómo se incorporó al análisis (Hernández, Fernández y Baptista, 2006). El criterio de credibilidad se sustenta cuando todos los instrumentos diseñados y aplicados permiten comunicar el lenguaje, el pensamiento, las emociones y los puntos de vista de cada participante. Se presentaron los instrumentos al juicio crítico de expertos antes de aplicarlos, para que los colegas del grupo de investigación hicieran las evaluaciones correspondientes, luego se aplicaron al grupo de profesoras en ejercicio.

En el caso de las encuestas y entrevistas se organizaron todas las respuestas de las profesoras a los ítems presentados en una plantilla, luego cada respuesta se transcribió textualmente del documento original; con esto se logró obtener descripciones densas y detalladas lo que permitió la recolección de abundante información.

Luego de la aplicación de los instrumentos a las profesoras en ejercicio, se generaron espacios de reflexión que permitieron compartir experiencias del quehacer pedagógico/didáctico de las docentes y proponer alternativas para mejorar o profundizar en los temas relacionados con la química orgánica. Los espacios de reflexión también se generaron en el grupo de investigación, lo que permitió mejorar el diseño de instrumentos y las tramas para la enseñanza de la química orgánica. Esta información se consignó como parte de los resultados obtenidos para confirmar o rebatir los supuestos de la investigación y sus propósitos. En esta triangulación se tuvieron en cuenta los criterios de CDC.

Discusión de resultados

A continuación se presentan los resultados encontrados al hacer una triangulación de los ocho instrumentos usando los indicadores del CDC.

Tabla 4.3. Resultados al triangular las preguntas del instrumento 1, preguntas 1, 3, 6, 7 y 10.

Categorías	Resultados
Conocimiento profesional de los contenidos que se van a enseñar (CDC).	Para las preguntas 1 y 3, la mayoría de profesoras responde ns. Esto nos permite determinar que los conocimientos que las profesoras usan para la enseñanza de la química son los conocimientos conceptuales de acuerdo con los estándares, la historia y la epistemología, así como el conocimiento psicopedagógico. Responden que lo que se pretende enseñar en química son conceptos, teorías, leyes y principios; las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTSA). Al triangular las preguntas 1 y 3 se esperaba que las PE utilizaran el conocimiento disciplinar, el conocimiento histórico epistemológico, el conocimiento psicopedagógico y el conocimiento del contexto escolar. También se puede afirmar que las profesoras usan su conocimiento de la disciplina para enseñar.

Categorías	Resultados
Diseño curricular	<p>En estas preguntas las respuestas estuvieron mayoritariamente en la categoría ND. Ellas afirman que al planificar una clase tienen en cuenta los contenidos, las teorías, la historia y las situaciones problemáticas, es decir el contenido disciplinar. Igualmente tienen en cuenta a quién va dirigido, la edad, los intereses de los estudiantes, las herramientas conceptuales y la evaluación, es decir el contexto escolar. No se ve reflejado lo histórico-epistemológico, ni el conocimiento psicopedagógico.</p> <p>Cuando se indaga por cuáles son los componentes del diseño de una unidad didáctica, las PE mencionan las teorías, los tópicos generativos, los hilos conductores, la historia de las ciencias y los criterios de evaluación. Se esperaba una integración de los componentes del CDC para que las PE al diseñar una unidad didáctica pudieran elegir los contenidos teniendo en cuenta el conocimiento disciplinar (contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales), que usaran el conocimiento histórico-epistemológico para tejer una red de conceptos y teorías explicando sus orígenes y evolución así como la forma en que se produce el conocimiento. De la misma manera, se esperaba que usaran los conocimientos psicopedagógico y del contexto escolar, indagando sobre las concepciones alternativas de los estudiantes, la forma como estos aprenden y los recursos con que cuenta la institución. Lo anterior permitiría un desarrollo consistente con las necesidades del profesorado para saber qué enseñar y cómo hacerlo, para beneficio de los estudiantes que son los que aprenden teniendo en cuenta el contexto escolar. Con lo anterior se determinó cómo se vio influenciado favorablemente el diseño curricular al incluir los componentes del CDC.</p> <p>En la pregunta 10, todas las PE están en la categoría ND. Es necesario aclarar que las profesoras como diseñadoras fueron quienes evaluaron sus diseños haciendo los ajustes necesarios según las necesidades encontradas.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.4. Resultados de la triangulación del instrumento 1 (encuesta) con el instrumento 2 (encuesta).

Categorías	Resultados
CDC	<p>Con el instrumento 1 se determinó que las PE privilegian los contenidos disciplinares y consideran que no es importante el conocimiento histórico-epistemológico. Sin embargo mencionan que es relevante la forma como se construye el conocimiento. De esta forma, en los documentos analizados se encontró un cuerpo interrelacionado de conceptos e información propios de la disciplina y correspondientes con el contenido de tipo sustantivo o declarativo.</p> <p>Del conocimiento histórico-epistemológico, no se mencionan los indicadores establecidos en esta investigación</p>

Continúa →

Categorías	Resultados
Diseño curricular	<p>Con el instrumento 1 se encontró que la mayor parte de las PE solo tiene en cuenta dos o tres aspectos en la planeación de sus clases. En la mayoría de los casos, los contenidos conceptuales y la información constituyen el aspecto más relevante a la hora de realizar un diseño, igualmente consideran relevante a quién va dirigido, las ideas previas, la evaluación y los recursos.</p> <p>En los documentos analizados (cuaderno de los estudiantes), se encontraron contenidos conceptuales y ejercicios de lápiz y papel.</p> <p>El instrumento 1 permitió evidenciar que los criterios para la selección de contenidos en química los establece el Ministerio de Educación Nacional a través de los estándares, pero cada profesora es quien diseña, organiza y flexibiliza los contenidos dependiendo de su pertinencia.</p> <p>El instrumento 2 permitió encontrar que para seleccionar los contenidos de enseñanza las profesoras tienen en cuenta las políticas del MEN, materializadas en los estándares, en los lineamientos para la enseñanza de las ciencias. En estos lineamientos se ve una clara tendencia a los contenidos conceptuales. También se sugieren los contenidos procedimentales y actitudinales.</p> <p>A través del instrumento 2, las profesoras manifiestan que es importante el contexto escolar, entendido como capacidad cognitiva de los estudiantes, el interés que despierta en ellos, las dificultades que tienen para el aprendizaje y el PEI.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.5. Resultados de la triangulación de los instrumentos 1 y 2 (encuestas) con el instrumento 3 (entrevista).

Categorías	Resultados
CDC	<p>Con los instrumentos 1 y 2 se establece que la mayoría de las profesoras seleccionan los contenidos teniendo en cuenta las políticas del MEN, en las que se establecen los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.</p> <p>Se observa la tendencia a la selección de contenidos guiada por lo disciplinar y curricular.</p> <p>Con el instrumento 2, se evidenció lo que las PE consideran para seleccionar los contenidos de enseñanza y si consideraban el contexto escolar, pero esto último no se evidencia en el diseño curricular, pues en este se tiene en cuenta mayoritariamente el contenido de tipo sustantivo o declarativo.</p> <p>El instrumento 3 permitió evidenciar que las PE están en las categorías ND y NS, y al enseñar la química orgánica privilegian los contenidos conceptuales (formas de saber), mientras que las otras dos clases de contenidos: procedimentales (formas de hacer) y actitudinales no se mencionan o no son tomados en cuenta.</p>

Categorías	Resultados
Diseño curricular	<p>Con el instrumento 3 se encontró que la mayoría de las PE están en categoría NS y ND, no han diseñado unidades didácticas, pero sí guías o talleres. Afirman que utilizan la historia de la química para la selección de contenidos, pero prima una visión historiográfica pues no se analiza el contexto en el cual se dan las teorías de la química orgánica, no están referenciadas en los cuadernos de los estudiantes, ni como tampoco en los libros de texto que ellas utilizan. Tres de cuatro textos hacen una presentación de los temas de una forma ahistórica.</p> <p>En cuanto a los libros que utilizan para enseñar química orgánica, están en categorías MD y AD, pues consultan más de cinco textos.</p> <p>Con el instrumento 3 se evidencia que se necesita un trabajo colaborativo para reflexionar sobre qué contenidos es necesario enseñar y cómo aprender a diseñar unidades didácticas que tengan en cuenta el contexto escolar, aprendiendo a pensar en la materia por enseñar desde la perspectiva de los estudiantes y no tanto desde la lógica de la química.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.6. Resultados de la triangulación del instrumento 3 (entrevista) con el instrumento 4 (encuesta).

Categorías	Resultados
CDC	<p>De acuerdo con el instrumento 3 las PE están en categoría ND, privilegian los contenidos conceptuales, y no tienen en cuenta el conocimiento histórico-epistemológico, ni el psicopedagógico ni el contexto escolar.</p> <p>El instrumento 4 mostró que las PE están en categoría ND, pues priorizan la enseñanza de contenidos conceptuales y no hacen referencia a los contenidos procedimentales ni actitudinales.</p> <p>Si se tiene en cuenta el conocimiento histórico-epistemológico para la enseñanza de la química orgánica las PE están en su mayoría en categorías disciplinar (D) y Metadisciplinar (MD), pero al revisar los cuadernos de los estudiantes no hay evidencia del uso de la historia de la química, como se afirma en los resultados del ítem 4 del instrumento 4.</p>
Diseño curricular	<p>Con el instrumento 4, se encontró que la mayoría de las PE están en categoría NS y ND, pues no conocen las teorías de la química orgánica, y cómo utilizarlas para hacer un diseño adecuado al contexto escolar. Se establece una contradicción entre lo dicho en la entrevista, y lo que responden en la encuesta.</p>

Continúa →

Categorías	Resultados
Psicopedagógico	Con el instrumento 4, las preguntas 3 y 6 se evidencia que las PE están en categorías ND y NS. Con estas preguntas se esperaba que ellas tuvieran un conocimiento disciplinar para elegir la secuenciación y un conocimiento psicopedagógico para saber de qué forma es más conveniente organizar los contenidos, para que los estudiantes se apropiaran de él, presentando siempre este conocimiento de lo más sencillo a lo más complejo.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.7. Resultados de la triangulación del instrumento 4 (encuesta) con el instrumento 5 (entrevista).

Categorías	Resultados
CDC	<p>Según el instrumento 4, las PE están en categoría ND y NS, no conocen las teorías de la química orgánica, tampoco se organizan los contenidos para explicar la estructura de las moléculas orgánicas. Hay poco conocimiento del contenido disciplinar y psicopedagógico, para saber de qué forma es más conveniente organizar los contenidos, para que los estudiantes se apropien de él.</p> <p>Lo anterior se contrasta con los cuadernos de los estudiantes, donde aparecen referenciados los contenidos conceptuales (hibridación del carbono, orbitales moleculares, enlaces sigma y pi, fórmulas química estructural, de esqueleto, condensada), sin alusión a un marco teórico que las respalde.</p>
Diseño curricular	<p>Con el instrumento 5, se encontró que la mayoría de las PE están en categoría NS y ND, pues no conocen las teorías dual, unitaria y estructural; no enseñan el concepto de “estructura” como fundamental en la química orgánica, pero referencian en los cuadernos las fórmulas químicas, tal como aparecen en tres de los textos utilizados.</p> <p>Con lo anterior se corrobora el supuesto de investigación: “Las profesoras seleccionan los contenidos teniendo en cuenta sus conocimientos de la disciplina, en este caso la química orgánica.” Dado que las PE usan los conocimientos que tienen para enseñar, si no conocen las teorías de la química orgánica, no las enseñan. Igualmente se ratifica que las PE enseñan los contenidos que aparecen en los libros de texto. Si no aparecen allí, tampoco las enseñan.</p> <p>Para la enseñanza de la teoría estructural no se indaga sobre las ideas previas de los estudiantes, no se resuelven problemas, ni se hacen prácticas de laboratorio.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.8. Resultados de la triangulación del instrumento 5 (entrevista) con el instrumento 6 (libros de texto).

Categorías	Resultados
CDC	<p>Con el instrumento 5 se estableció que las PE están en categoría ND y NS, enseñan la teoría de enlace, teoría electrónica y estructural, las otras teorías las desconocen.</p>
Conocimiento histórico-epistemológico	<p>Con el instrumento 6 se mostró que la mayoría de textos están en categoría NC y ND, no desarrollan las teorías dual, unitaria y estructural y presentan el tema de fórmulas químicas sin aludir a un contexto histórico que las respalde. El texto cuatro está en categoría AD pues presenta el análisis de cada una de las teorías y cómo se llega a los conceptos. Se hace la observación de que para abordar los temas como se plantean en este texto se requiere de una alta intensidad horaria para la química orgánica.</p> <p>Con el instrumento 6 se encontró que los textos están en categorías ND y MD, que desarrollan el tema de isomería, los dos primeros con poca profundidad, que los textos 3 y 4 lo desarrollan teniendo en cuenta las categorías establecidas, con diseños llamativos para los estudiantes, especialmente el texto 4.</p> <p>Tres de los textos no presentan contenidos procedimentales, el texto 4 presenta diversas formas para el trabajo con modelos de moléculas.</p> <p>No se indaga sobre las ideas previas de los estudiantes en 3 de los 4 textos analizados.</p>
Diseño curricular	<p>En las tres últimas preguntas del instrumento 5 están en categorías NS y ND. Se puede afirmar que las profesoras no utilizan el concepto de estructura, ni tampoco incluyen en su explicación los postulados de las teorías y unitaria pues los desconocen. Igualmente se confirma el supuesto de investigación siguiente: “Las docentes no tienen en cuenta las teorías dual y unitaria cuando enseñan el concepto de estructura en la química orgánica, porque las desconocen o no saben cómo abordarlas”.</p> <p>Las PE no indagan sobre las concepciones alternativas del estudiante, como se plantea desde el constructivismo.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.9. Resultados de la triangulación de los instrumentos 1 y 2 (encuestas) con el instrumento 7 (cuadernos de los estudiantes).

Categorías	Resultados
CDC	<p>Con el instrumento 1 se determinó que las (PE) privilegian los contenidos disciplinares y considera que no es importante el conocimiento histórico-epistemológico.</p> <p>Con el instrumento 2 se encontró que para seleccionar los contenidos de enseñanza las profesoras tienen en cuenta las políticas del MEN, en los lineamientos, donde se ve una clara tendencia a los contenidos conceptuales. También se sugieren los contenidos procedimentales y los actitudinales.</p> <p>Con el instrumento 7 analizado a partir de los cuadernos de los estudiantes, se establece que aparecen contenidos conceptuales, se presenta la resolución de ejercicios para nombrar compuestos orgánicos, que en este caso corresponde a los contenidos procedimentales. Se dejan tareas de consulta, las cuales aparecen resueltas en su mayoría, lo que evidencia una responsabilidad de los estudiantes; esto corresponde a los contenidos actitudinales. Sin embargo, al analizar la totalidad de los contenidos, la mayoría (80%) corresponde a contenidos conceptuales.</p> <p>En los cuadernos de estudiantes no está registrada ninguna actividad o cuestionario donde se indague sobre las ideas previas o concepciones alternativas de los estudiantes</p>

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.10. Resultados de la triangulación del instrumento 5 (entrevista) con el instrumento 7 (cuadernos de los estudiantes).

Categorías	Resultados
CDC	<p>De acuerdo con el instrumento 5 las PE están en categoría ND, pues enseñan la teoría de enlace, teoría electrónica y estructural. Con el instrumento 7 no se evidenció registro de las teorías mencionadas en la entrevista.</p> <p>Aparecen ejercicios de lápiz y papel para el desarrollo de nomenclatura de compuestos orgánicos.</p>
Conocimiento histórico-epistemológico	<p>Al revisar los cuadernos de los estudiantes, se encontró que están en categorías NC. No se registró ninguna teoría, ni el uso de la historia de la química. En uno de los cuadernos se referencia una tarea de consulta en la parte de historia de la química inorgánica.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.11. Resultados de la triangulación del instrumento 6 (libros de texto) con el instrumento 7 (cuadernos de los estudiantes).

Categorías	Resultados
CDC	<p>Con el instrumento 6 en los ítems 2, 3 y 4 (donde se indaga si el libro hace referencia a las teorías dual, unitaria y estructural), los libros 1 y 2 están en la categoría NC, el libro 3 en MD y NC, ya que cita las teorías dual y estructural, pero no menciona la teoría unitaria de Laurent. Se presenta en un contexto ahistórico, pues no se hace un análisis de cómo se produce la rivalidad entre las teorías y cómo se sustituyen por unas nuevas.</p> <p>Se presentan las fórmulas estructurales, sin alusión a un marco teórico que las respalde. Se tratan las clases de fórmulas estructurales (según el modelo de Lewis, fórmulas estructurales diagramáticas o desarrolladas, fórmulas estructurales o condensadas, fórmulas estructurales de esqueleto).</p> <p>Con los resultados obtenidos mediante los instrumentos 6 y 7 se corrobora el supuesto de investigación siguiente: “Las profesoras utilizan los libros de texto que ofrecen las editoriales, desarrollan los contenidos como aparecen en ellos y seleccionan actividades adecuadas para sus estudiantes”. Tres de los textos utilizados por las docentes no presentan el desarrollo de las teorías de la química orgánica, pero sí presentan el tema de fórmulas químicas. Este último se encuentra registrado en los cuadernos de los estudiantes como aparece en los textos. Este registro se hace sin alusión a las teorías que dieron origen a las fórmulas.</p>
Conocimiento histórico-epistemológico	<p>Con el instrumento 6 se muestra cómo el texto 4 está en categoría AD. Expone la historia de la química orgánica, explicando cómo se desarrollaron las diferentes teorías, presentando el contexto donde aparecen y cómo son sustituidas por otras nuevas. Destaca la forma como evoluciona la ciencia. Utiliza la historia y la epistemología de la ciencia de una forma apropiada para la enseñanza de la química.</p> <p>Con el instrumento 7 se corrobora qué clases de contenidos se enseñan en química orgánica; para esta investigación la mayoría de los contenidos enseñados son contenidos conceptuales. También se evidencia que no se usa la historia y la epistemología en la enseñanza de la química orgánica, pues en los cuadernos no hay ningún registro al respecto.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.12. Resultados de la triangulación del instrumento 2 (encuesta) con el instrumento 7 (PEI).

Categorías	Resultados
Conocimiento del contexto escolar	<p>Con el instrumento 8 se evidenció que el plan de estudios no está incluido en el PEI, pero a cambio, se presenta el plan del área de ciencias, que corresponde a lo establecido desde el MEN. En la química orgánica del grado undécimo, los contenidos están distribuidos en cuatro periodos académicos. Aparecen los contenidos conceptuales, mas no se evidencian los contenidos procedimentales y actitudinales. Tampoco aparece en este documento cómo se hace la selección de estos contenidos.</p> <p>En la presentación de los ejes articuladores para la Educación Media, desde los estándares propuestos por el MEN, se incluyen o sugieren los contenidos de enseñanza y son los profesores los que los adecúan al contexto escolar. Se sugieren las prácticas de laboratorio donde se evidencie la presencia y ampliación de compuestos orgánicos. Estas prácticas no aparecen referenciadas y serían útiles para enseñar los contenidos procedimentales.</p> <p>En el plan de asignatura para grado once, se encontró el tema de la estructura del átomo de carbono, pero no se mencionan las teorías de la química orgánica, ni tampoco el concepto de estructura y su importancia para la enseñanza de la química orgánica.</p> <p>En el PEI no se registra la procedencia de los estudiantes, pero se sabe que corresponden a los estratos uno y dos.</p> <p>Establece como está constituido el gobierno escolar, la formas de elección y sus funciones.</p> <p>Con los instrumentos 1, 2, 3, 7 y 8 se concluye que son los contenidos conceptuales los que se enseñan con mayor énfasis.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Consideraciones finales

Los aspectos que tienen en cuenta las profesoras en ejercicio para la selección de contenidos por enseñar en química orgánica son prioritariamente los establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), quien determina los contenidos a través de los estándares, pero el profesorado es quien los diseña, organiza y flexibiliza dependiendo de la pertinencia. Si bien las profesoras en ejercicio deben tener en cuenta el macrocurrículo –las orientaciones que da el MEN–, es importante que el grupo de docentes

del área de Ciencias Naturales de la IED, en colectivo, determine los contenidos de enseñanza y haga el diseño que se ajuste a las necesidades de la institución, es decir teniendo en cuenta el contexto escolar. En este sentido se corroboró el supuesto relacionado con la selección de contenidos de enseñanza desde los lineamientos o estándares que publica el MEN.

Las profesoras en ejercicio mayoritariamente enseñan contenidos conceptuales, sin hacer un registro de contenidos procedimentales ni actitudinales. Estos no se mencionan o no son tomados en cuenta. Es posible que se desconozcan los contenidos procedimentales o que no se visualicen a la hora de enseñar, no se realizan prácticas de laboratorio, que son un espacio adecuado para la implementación de estos contenidos. En cuanto a los ejercicios de papel y lápiz, se observa que se plantea la resolución de ejercicios para nombrar compuestos orgánicos, por lo tanto se realizan actividades mecánicas y repetitivas.

A pesar de que los contenidos actitudinales son fundamentales en la formación de valores, en las disciplinas parece que se relegaran a un segundo plano, pues no se mencionan ni se escribe sobre ellos, parece que no existieran o que los profesores en ejercicio los desconocieran o no los hicieran visibles a la hora de enseñar o compartir sus experiencias; sin embargo en las entrevistas con los profesores es recurrente la queja del mal comportamiento y de las actitudes “desobligantes” de un gran número de estudiantes, lo que crea un ambiente poco favorable a la hora de enseñar.

Se menciona igualmente la importancia del conocimiento del contexto escolar, referido este a los estudiantes con los que se va a trabajar, a sus limitaciones a nivel económico, a la falta de interés en la materia, a la apatía que existe por el conocimiento y a las limitaciones de los recursos disponibles en la institución. De otro lado, no se indaga acerca de las ideas previas de los estudiantes, para ampliar y estructurar los conocimientos que poseen. No se acude a la asociación para utilizar el conocimiento del contexto escolar para la posterior selección de contenidos y el diseño

pertinente para las necesidades de los estudiantes con el fin de complejizar su conocimiento.

Con los instrumentos aplicados se recoge la información donde se menciona el conocimiento histórico-epistemológico, pero se evidencia que se desconoce la historia de la química y cómo se ha ido construyendo el conocimiento en esta disciplina. Por lo tanto, este conocimiento no se utiliza a la hora de seleccionar los contenidos de enseñanza, ni tampoco al momento de diseñar las guías, los talleres o los unidades didácticas. Hay poco conocimiento del contenido disciplinar y psicopedagógico, para saber de qué forma es más conveniente organizar los contenidos, de manera que los estudiantes se apropien de él, es decir no se ha aprendido a pensar la asignatura desde la perspectiva de los estudiantes.

Falta apropiación por parte de las profesoras acerca de las teorías de la química orgánica, por lo tanto no se enseñan. No utilizan el concepto de estructura como fundamental en la química orgánica, ni explican cómo se construye el conocimiento; imparten una serie de conceptos desarticulados y difíciles de comprender por parte del estudiantado.

Se puede afirmar que las profesoras no utilizan el concepto de estructura, ni tampoco utilizan en su explicación los postulados de las teorías dual y unitaria porque los desconocen. Esto igualmente se confirma el supuesto de investigación siguiente: “Las docentes no tienen en cuenta las teorías dual y unitaria cuando enseñan el concepto de estructura en la química orgánica, porque las ignoran o no saben cómo abordarlas”. Con lo anterior se corrobora el supuesto de investigación que planteó que las profesoras seleccionan los contenidos teniendo en cuenta sus conocimientos de la disciplina, en este caso la química orgánica; por lo tanto, no enseñan sus teorías porque no las conocen.

En la revisión de los textos utilizados por las docentes y con los cuadernos de los estudiantes se corroboró el supuesto de investigación siguiente: “Las profesoras utilizan los libros de texto que ofrecen las editoriales,

desarrollan los contenidos como aparecen en ellos y hacen una selección de actividades adecuadas para sus estudiantes”. Tres de los textos utilizados por las docentes no presentan el desarrollo de las teorías de la química orgánica, pero sí presentan el tema de fórmulas químicas; este tema se encuentra registrado en los cuadernos de los estudiantes tal como aparece en los textos. Los cuadernos de los estudiantes coinciden con el anexo de los libros de texto utilizados por las profesoras; este registro se hace sin aludir a las teorías que dieron origen a estas fórmulas.

Recomendaciones para la formación del profesorado

- ▶ Es necesario implementar un plan de formación continuada para las profesoras en ejercicio. Tener una sólida formación disciplinar permitirá hacer el diseño y la selección de contenidos de acuerdo con el contexto escolar.
- ▶ Es importante el análisis crítico de las dificultades que existen en el grupo de profesores en ejercicio, para adelantar un plan de formación permanente de docentes, con el fin de mejorar el conocimiento disciplinar de la química orgánica.
- ▶ Se espera que los profesores en ejercicio sean expertos en la selección de contenidos, así como en el diseño de unidades didácticas pues con el ejercicio de la profesión debe mejorar su desempeño. Las docentes han diseñado guías y talleres, pero no unidades didácticas; como se afirma en el CDC, una de las actividades propias de la docencia es el diseño de unidades didácticas, por esta razón el profesorado debe tener los conocimientos para hacerlo. En el caso de las profesoras de la IED se evidencia que se necesita un trabajo colaborativo para reflexionar sobre qué contenidos es necesario enseñar y cómo aprender a diseñar unidades didácticas. Este proceso de formación permanente y de trabajo con sus pares académicos puede mejorar la enseñanza y beneficiar a los estudiantes.

- ▶ Se sugiere trabajar con las docentes en la construcción de tramas conceptuales, utilizando para ello la historia y la epistemología de la química. En este caso aplicar estos conocimientos para el diseño de unidades didácticas para la enseñanza de la teoría estructural en química orgánica.
- ▶ Se plantea que las profesoras utilicen la teoría estructural para explicar la arquitectura de las moléculas (diseño tridimensional) y la existencia de isómeros.
- ▶ Un trabajo en equipo de las profesoras en ejercicio de la IED permitiría diseñar una unidad didáctica para explicar el concepto de estructura a partir de las teorías unitaria y estructural, empezando por indagar las ideas previas que tienen los estudiantes con respecto a la estructura molecular de los compuestos químicos, luego se establecería una forma de trabajo por equipos, teniendo en cuenta los aspectos histórico y epistemológico, para comprender cómo se construyen las teorías, revisando previamente las teorías y su aporte para fundamentar la teoría estructural. Finalmente se tendrían en cuenta los recursos para el diseño o la construcción de moléculas. Pero esto solo puede ser posible con un maestro que conozca a profundidad su disciplina y que a su vez tenga una formación en didáctica de las ciencias, que utilice el conocimiento psicopedagógico de la química a la hora de enseñar; que utilice la historia y la epistemología para el diseño y la evaluación curricular, que esté en un proceso permanente de investigación y mejoramiento profesional. Que asuma que enseñar es crear condiciones para producir conocimiento nuevo y, por lo tanto, requiere una formación continua como investigador y un compromiso con la construcción del conocimiento y de la sociedad.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). Didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130-140.
- Cardona, M. (2002). *Introducción a los métodos de investigación en educación*. Madrid: Eos.
- Carvajal, L.; Hilarión, D. y Largo, G. (2002). *Estudio didáctico del desarrollo histórico epistemológico del concepto del cambio químico en la química orgánica del siglo XIX*. (Trabajo de grado de Licenciatura en Química). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Farré, A. S. y Lorenzo, M. G. (2014). Para no seguir reinventando la rueda: El conocimiento didáctico en uso sobre los compuestos aromáticos. *Educación Química*, 25(3), 304-311.
- Glasser, B. G. y Strauss, A. L. (1967). The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. En U. Flick (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ed. Morata s. a.
- Grasso, L. (2006). *Encuestas. Elementos para su diseño y análisis*. Córdoba: Encuentro.
- Hernández, F. (1999). *Para enseñar no basta con saber la asignatura*. Papeles de Pedagogía. Barcelona: Editorial Paidós.
- Hernández, S. y Fernández, C. Baptista, L. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Jurado, R. y Parga, D. L. (2009). Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: la selección de contenidos para enseñar el concepto de estructura en química orgánica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Número extraordinario, 134-139.
- Kapoor, S. C. (1969). The origins of Laurent's organic classification. *The Isis*, 60(4), 477-527.
- Ministerio de Educación Nacional. (1995). *Ley General de Educación*. Ley 115 del 8 de febrero de 1994.

- Mora, W. M.; García, A. y Mosquera, C. (2002). Bases para la construcción de un cuerpo conceptual didáctico del desarrollo histórico-epistemológico de los conceptos estructurantes de la química. *Revista Científica*, 4, 259-286.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2005). De las investigaciones en preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia, hacia el diseño curricular en química. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 165-175.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2007). Las tramas histórico-epistemológicas en el contexto del conocimiento didáctico del contenido curricular: el diseño de niveles de formulación en la construcción del modelo teórico estructural en la química orgánica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 21, 100-118.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido/ histórico-epistemológicas con las tramas de contexto/aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81.
- Mosquera, C.; Mora, W. M. y García, A. (2003). *Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*. Bogotá: Colciencias-Centro de Investigaciones y desarrollo Científico. Universidad Francisco José de Caldas.
- Parga, D. L. y Martínez, L. F. (2006). *Conocimiento pedagógico del contenido didáctico de la química y el diseño de tramas conceptuales*. Bogotá: Propuesta de Investigación. Universidad Pedagógica Nacional. Departamento de Química.
- Parga, D. L. y Martínez, L. F. (2007). *Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: una estrategia sustentada en tramas conceptuales*. Proyecto de Investigación DQU 025-07. Bogotá: Centro de Investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional.
- Piraban, M. y Montaña, J. (2014). Del saber científico al saber escolar: enseñanza del concepto de aromaticidad en libros de texto. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Número extraordinario, 2130-2137.
- Sánchez, B. y Valcárcel, M. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un

programa de formación. Universidad de Murcia. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 423-437.

Torres, L. (2004). *De las tramas históricas a las trama didácticas: Una propuesta para el diseño de unidades didácticas en química orgánica*. (Trabajo de grado de Licenciatura en Química). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Capítulo 5

Caracterización del conocimiento didáctico del concepto de *discontinuidad de la materia* en profesoras en ejercicio

Yolanda Gómez Poveda
Colegio Distrital Próspero Pinzón

Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

Introducción

El presente capítulo describe la caracterización frente al CDC en química del tema “discontinuidad de la materia” desde las teorías precuántica y cuántica (Gómez, 2010). Su propósito es aportar a la construcción de tramas histórico-epistemológicas desde las propuestas de Ana Estany (1990) y Duschl (1997), bajo los lineamientos de Mosquera, Mora y García (2003). Las tramas didácticas le permiten al docente en ejercicio actuar como investigador, tomando decisiones frente a los contenidos y al diseño de unidades didácticas. Estos criterios responden a la necesidad de crear alternativas de enseñanza de los conceptos de átomo y molécula, teniendo en cuenta que la estructura atómica, la estructura de las moléculas y el enlace químico son conceptos fundamentales de la química, para explicar los procesos de cambio y conservación.

El trabajo se realizó en el marco de la Maestría en Docencia de la Química, dentro de la línea *Investigación Didáctica de los Contenidos Curriculares en Química*, a partir de la cual se analizan los siguientes aspectos:

- ▶ Los contenidos curriculares desde una perspectiva compleja y crítica

- El desarrollo histórico-epistemológico del concepto estructurante de discontinuidad de la materia desde las teorías precuántica y cuántica.

El profesional docente es un agente diseñador de contenidos curriculares, cuyo ejercicio didáctico de selección y desarrollo de contenido curricular se basa en un análisis histórico-epistemológico.

La enseñanza del concepto de discontinuidad de la materia: caracterización del problema de investigación

La enseñanza de la química tiene por objeto ayudar al estudiante a comprender, interpretar y analizar el mundo en el que vive y más específicamente las propiedades y transformaciones de la materia (Mosquera, Mora y García Martínez, 2003). Esto implica conocer cómo está constituida, tomando como referente un modelo teórico atómico de acuerdo con la época y el avance tecnológico, que para el siglo XXI corresponde al modelo teórico cuántico (Villaveces, 2001).

Sin embargo, aunque este es uno de los temas de obligatorio desarrollo en los currículos de ciencias (Benarroch, 2000), y está orientado por los ministerios y secretarías de Educación mediante lineamientos y estándares, diversas investigaciones muestran que a pesar de haber tratado el tema los estudiantes suelen mantener una visión continua y estática de la materia, atribuirle propiedades macroscópicas a los átomos y moléculas y tener dificultad para establecer relaciones cuantitativas (Pozo y Gómez, 2001).

Lo anterior lleva a preguntarse por qué se mantiene una visión continua de la materia a pesar de abordar en forma progresiva los modelos atómicos desde Dalton hasta el modelo cuántico. Esta investigación parte de la premisa de que llegar a este conocimiento supone una complejización del mismo. Para ello es necesario que el docente integre la perspectiva histórico-epistemológica, el conocimiento disciplinar, el conocimiento del contexto y el conocimiento de la psicopedagogía, en un sistema integrado

denominado conocimiento didáctico del contenido (CDC) transformando las prácticas pedagógicas y didácticas y formulando diseños curriculares basados en tramas conceptuales donde se interrelacione lo histórico-epistemológico con lo didáctico (Parga y Martínez, 2006), posibilitando la comprensión de la ciencia como una actividad humana dinámica en la cual los métodos y teorías han cambiado históricamente como producto de un trabajo colectivo y no de genios fundadores (Mosquera et al., 2003).

Lo anterior está sustentado en diversas investigaciones en el campo de la caracterización del CDC en relación con varios conceptos de la química, a través de las cuales se ha logrado obtener información que aporta en la construcción de unidades didácticas que se ajustan a las necesidades del profesorado así como de los estudiantes.

Así, a nivel internacional trabajos de investigación del programa *Pedagogical Content Knowledge*, de Shulman, exponen la importancia de analizar la enseñanza de los profesores en sus componentes procedimental y lógico o sustantivo. En este último se mencionan siete categorías de conocimiento requeridas para la enseñanza, entre las que se encuentra el CDC. Siguiendo esta línea se desarrollaron varios trabajos en los cuales se caracteriza el CDC en el profesorado, algunos de ellos son: Loughran, Berry y Mulhall (2006), *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*; Reyes, Garritz y Vargas (2005), de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, *El mol y los cálculos químicos*; Charrier (2005), en el Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología, presentó su trabajo: "El conocimiento didáctico del contenido sobre la fotosíntesis. Estudio de las concepciones y de la práctica de los profesores del tercer ciclo de la educación general básica argentina"; Acevedo (2009), *Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia* (NdC); Sánchez y Valcárcel, (2000), "Relación entre el conocimiento científico y el conocimiento didáctico del contenido: un problema en la formación inicial del profesor de secundaria"; Astolfi (2001), *Conceptos claves en la didáctica de las disciplinas*; Pozuelos (2002),

a través del Grupo de Investigación GAIA (HUM-133) del Departamento de Educación de la Universidad de Huelva, desarrolla la investigación *Tramas conceptuales: un instrumento para la organización de los conocimientos*; Benarroch (1999) *La teoría cinético-corpúscular de la materia y su justificación en el currículum obligatorio*.

En Colombia, y específicamente en Bogotá, se encuentran las investigaciones desarrolladas por el grupo de Investigación Alternancias de la Universidad Pedagógica Nacional, y el grupo Didaquim de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, los cuales se han enfocado en el diseño de unidades didácticas sobre conceptos estructurantes de la química fundamentadas en tramas conceptuales evolutivas. Uno de sus aportes ha sido el diseño de tramas histórico-epistemológicas y tramas didácticas referentes a varios conceptos químicos. Entre los trabajos presentados se destacan:

El proyecto de investigación *Conocimiento pedagógico del contenido didáctico de la química y el diseño de tramas conceptuales* (Parga, 2009) (CIUP-DQU-025-07); los trabajos de tesis de Ariza y Parga (2009), *Conocimiento didáctico del contenido curricular para la enseñanza de la combustión*; Villamizar (2008), *Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: un estudio con profesores en formación inicial*; García y Parga (2009), *Conocimiento didáctico del contenido curricular en la enseñanza de la cantidad de sustancia y mol*; Jurado y Parga (2009), *Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: la selección de contenidos para enseñar el concepto de estructura en química orgánica*. El trabajo de grado de Torres (2004), *De las tramas históricas a las tramas didácticas: una propuesta para el diseño de unidades didácticas en química orgánica*. En Parga, Mora y Martínez (2007), se destaca *El conocimiento didáctico del contenido como programa de investigación: un contexto para la enseñanza de la química*; en Parga y Mora (2009), *El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto/aprendizaje*; en Mora y Parga (2007), *Las Tramas histórico-epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica* y en

Mosquera et al. (2003), *Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*.

Otros trabajos que apoyan la línea de investigación son los relacionados con la enseñanza y el aprendizaje del concepto de discontinuidad de la materia, ya que nos permiten tener un referente sobre las ideas alternativas que con mayor frecuencia presenta el estudiantado. Algunos de ellos son: *Las concepciones alternativas en estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia* (Trinidad y Garritz, 2003 y Pozo, Gómez et al., 1991); *Problemas en la enseñanza y aprendizaje significativo de los conceptos químicos elemento, sustancia simple y átomo* (Alzate, 2005); *Preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia* (Mora y Parga, 2005); *Dificultades en los estudiantes sobre el concepto de sustancia química a través de conocer la historia* (Furió y Domínguez, 2001); *Conceptos fundamentales de la química* (Mosquera et al., 2003). En los dos últimos trabajos mencionados se hace referencia a las teorías atómicas desde el contexto histórico, y específicamente Mosquera et al. (2003) presentan un análisis histórico fundamentado en el modelo de Estany y Root-Bernstein.

Este trabajo de investigación contribuye a establecer una relación entre el conocimiento disciplinar, el conocimiento histórico-epistemológico, el conocimiento del contexto y el conocimiento psicopedagógico en la enseñanza del concepto de *discontinuidad de la materia* desde las teorías precuántica y cuántica, a través de la caracterización del CDC y la construcción de una trama conceptual evolutiva de modelo teórico de la estructura atómica cuántica.

Cómo mejorar la enseñanza del concepto de *discontinuidad de la materia*

La línea de Investigación Didáctica de los Contenidos Curriculares en Química enmarca su propuesta en la complejización del conocimiento a través del diseño de tramas didácticas fundamentadas en tramas

histórico-epistemológicas evolutivas, donde el docente se concibe *como un sujeto activo que define los contenidos de enseñanza y las diferentes formas metodológicas pertinentes al contenido así como las características socio-culturales de la población a la cual se dirige la enseñanza*. Se conciben los contenidos dentro del marco de conocimiento epistemológicamente diferenciado propio del saber escolar, el cual es evolutivo y organizado según una creciente complejización y vinculado a los problemas relevantes para el estudiantado en el contexto del diseño curricular (Mora y Parga, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, en este capítulo se presenta cómo se caracterizó el CDC de un grupo de profesoras en ejercicio, en relación con el concepto de *discontinuidad de la materia* y se realizó el diseño de la TD y las THE evolutivas que evidencian la integración de los cuatro componentes del CDC: el disciplinar, el histórico-epistemológico, el psicopedagógico y el del contexto.

Para caracterizar el CDC de las profesoras se formularon las siguientes preguntas: ¿Qué CDC se evidencia en las profesoras de Ciencias Naturales en ejercicio para la enseñanza del concepto de discontinuidad de la materia? ¿De qué manera utilizan los modelos atómicos precuántico y cuántico para profundizar en la comprensión del concepto de discontinuidad de la materia?

Del aporte de otras investigaciones realizadas por autores como Pozo y Gómez, en campos afines, fueron surgiendo los siguientes supuestos:

- ▶ El profesorado utiliza con predominancia el conocimiento disciplinar de tipo enciclopédico; casi no tienen en cuenta los conocimientos psicopedagógicos y de contexto escolar y no incluyen el conocimiento histórico-epistemológico en la enseñanza del concepto de discontinuidad de la materia.
- ▶ La discontinuidad de la materia se aborda desde una visión daltoniana, aunque se tratan temáticas como distribución electrónica, cambio químico, disoluciones y coloides.

- ▶ Los modelos atómicos precuántico y cuántico son enunciados desde una perspectiva historiográfica, que no contribuye a la complejización del concepto de *discontinuidad de la materia*.

La caracterización del CDC de las profesoras de química de una institución educativa distrital (IED) en relación con el concepto de *discontinuidad de la materia*, y la forma como utilizan los modelos atómicos precuántico y cuántico en su enseñanza, se identificaron desde los planteamientos de los componentes del CDC citados por Mora y Parga (2008), que constituyen los indicadores de la investigación (véase la tabla 5.1) y se incluyeron en los siete instrumentos aplicados.

Tabla 5.1. Indicadores de la investigación.

Categorías de conocimiento	Indicador
Conocimiento disciplinar del contenido CDC “Comprender la materia”	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocimiento sustantivo: Un cuerpo interrelacionado de conceptos, teorías y paradigmas de la química (modelos teóricos atómicos precuántico y cuántico). 2. Conocimiento sintáctico (procedimental): Métodos e instrumentos, cánones que se usan en la química para construir el conocimiento, introducirlo y lograr su aceptación por parte de la comunidad. 3. Este conocimiento determina el diseño y desarrollo curricular.
Conocimiento histórico-epistemológico (CHE) “Comprender qué y cómo ha cambiado el conocimiento”	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mecanismos de producción del conocimiento. 2. Obstáculos epistemológicos. 3. Formas de vida de las comunidades científicas. 4. Debates y controversias, reconstrucciones de episodios históricos relevantes. 5. Revoluciones científicas y experimentos cruciales. 6. Biografías de grandes personajes. 7. Análisis de textos originales.
Conocimiento psicopedagógico CPP “Aprender a pensar en la materia desde la perspectiva del estudiante”	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teorías educativas. 2. Conocimiento del currículo. 3. Modelos de desarrollo y aprendizaje del estudiantado. 4. Concepciones alternativas del estudiantado. 5. Metodologías y formas de organización de grupos.

Continúa →

Categorías de conocimiento	Indicador
Conocimiento del contexto escolar, CCE “Aprender a organizar el medio”	1. Información del funcionamiento de la institución educativa. 2. Procedencia y características del estudiante. 3. Normas y funcionamiento de la institución escolar. 4. Configuración cultural, política e ideológica de la institución escolar.

Fuente. Adaptado de Mora y Parga (2008).

De acuerdo con lo anterior, se planteó como objetivo de trabajo determinar los criterios que tienen en cuenta las profesoras en ejercicio del área de Ciencias Naturales de la IED, en la enseñanza del concepto de *discontinuidad de la materia* fundamentada en el CDC en química.

Para desarrollarlo se abordaron los siguientes objetivos específicos:

- ▶ Caracterizar el CDC en química de las profesoras con referencia al concepto de *discontinuidad de la materia*.
- ▶ Establecer la importancia que dan las profesoras en ejercicio al concepto de *discontinuidad de la materia* y si tienen en cuenta los modelos atómicos precuántico y cuántico.
- ▶ Construir la trama conceptual que fundamenta la comprensión del concepto de *discontinuidad de la materia*.

Desarrollo de la investigación

Este trabajo se realizó fundamentado en el marco metodológico de investigación cualitativa interpretativa (Latorre, Rincón y Arnal, 1996) que describe e interpreta un hecho social del sector educativo, se centró el interés en la caracterización del CDC curricular en química en dos profesoras en ejercicio del área de Ciencias Naturales de básica secundaria de la IED.

El problema de investigación se basó en un diseño emergente por lo que fue evolucionando y delimitándose a lo largo de la investigación a través del análisis de resultados y el aporte de otras investigaciones realizadas por autores como Pozo y Gómez (2001), Martín, Gómez y Gutiérrez (2000), Trinidad y Garritz (2003), Zabala (2006), Loughran, Berry y Mulhall (2006) y los realizados por los grupos de investigación Alternancias y Didaquim.

Es un estudio de caso, toda vez que se busca describir el fenómeno de estudio, mediante fuentes de información variadas y dirigidas a dar respuesta a las preguntas de la investigación. A las participantes se les informó sobre los aspectos más relevantes de la investigación, especialmente sobre su importancia y propósitos. Se hizo especial énfasis en la confidencialidad de los datos y se asignó un código a cada una de las profesoras.

La investigación abordó dos unidades de análisis:

- ▶ Un análisis de tipo bibliográfico basado en el estudio histórico-epistemológico que dio como resultado el diseño de la trama histórico-epistemológica de las teorías rivales precuántica y cuántica.
- ▶ La caracterización del conocimiento didáctico del contenido de las profesoras en ejercicio acerca del concepto de *discontinuidad de la materia* y la forma como planifican la enseñanza de los modelos atómicos precuántico y cuántico para apoyar la comprensión de dicho concepto.

La interrelación de estas dos unidades de análisis determinó la construcción de la trama didáctica para la enseñanza y el aprendizaje del concepto de *discontinuidad de la materia*.

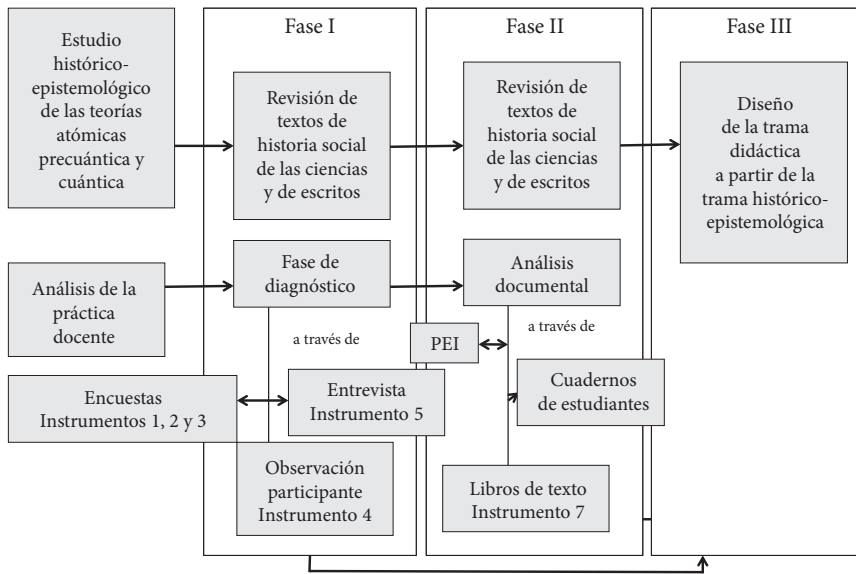


Figura 5.1. Fases de la investigación.

Fuente. Elaboración propia.

La investigación constó de tres fases: en las fases I y II se llevó a cabo el análisis de las dos unidades de forma simultánea, y en la fase III se estableció la relación entre las dos unidades para diseñar la trama didáctica, como se observa en la figura 5.1 y la tabla 5.2.

Para el estudio histórico-epistemológico se siguieron los lineamientos de Ana Estany (1990), modificados por Mosquera et al. (2003). Los instrumentos aplicados se emplearon para definir la unidad básica de cada modelo, (en la cual se indicó la estructura del cuerpo teórico, la ontología del cuerpo teórico, los campos de aplicación, los principios metodológicos, los instrumentos y las técnicas), establecer qué cambios experimentaron las teorías y establecer los criterios para juzgar los modelos teóricos.

Para caracterizar el CDC en las profesoras de Ciencias Naturales de básica secundaria y media, se utilizaron diversas técnicas con el fin de evitar sesgos en la información. Cada instrumento se diseñó y aplicó bajo criterios de confiabilidad tales como juicio de expertos, triangulación y descripciones densas.

Tabla 5.2. Fases de la investigación.

Fases	Unidad de análisis bibliográfico	Caracterización del CDC
Fase I	Revisión de fuentes acerca de la historia del átomo y la molécula, que incluye libros de historia de las ciencias y escritos originales de los científicos que propusieron cada uno de los modelos. Revisión de textos acerca de las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje del concepto de <i>discontinuidad de la materia</i> .	Inmersión en el campo, aplicación de cuestionarios para explorar el CDC de cada docente. Análisis de documentos tales como lineamientos y estándares. Definición de categorías iniciales. Observación de clases y realización de entrevistas.
Fase II	Diseño de la THE. Caracterización del CDC en química.	Análisis de materiales curriculares (cuadernos de estudiantes, libros de texto y PEI). Refinamiento de categorías y relaciones. Triangulación de instrumentos.
Fase III	Diseño de la trama didáctica (TD).	Puesta en común de los resultados obtenidos en las dos etapas iniciales a través de grupos de discusión. Triangulación de instrumentos.

Fuente. Elaboración propia.

Las técnicas empleadas fueron: Cuestionarios elaborados siguiendo los criterios dados por Cardona (2002); con las preguntas se buscó indagar acerca de los cuatro tipos de conocimiento. Estas fueron abiertas con el fin de obtener respuestas más detalladas. Cada cuestionario contaba con un objetivo e indicaba el tratamiento que se daría a la información, con el fin de generar confianza en las personas encuestadas. Dos de los cuestionarios se adaptaron de trabajos de investigación de Mora y Parga (2008), y se elaboró un cuestionario, el cual fue validado a través de juicio de expertos.

La observación de clases, como lo expresa Cardona (2002), permite conseguir información directa de los individuos acerca de sus habilidades cognoscitivas, afectivas, psicomotoras y de interacción social, entre otras, y de la descripción de la conducta tal y como ocurre en el contexto natural. La observación se realizó a la docente que tiene a su cargo la asignatura de Química de grados décimo y undécimo y se centró en la indagación de la metodología y secuencia de enseñanza, el uso de las ideas de los estudiantes y la forma de organización del contenido. Esta ficha de observación fue diseñada en la presente investigación y validada a través de juicio de expertos.

La entrevista, semiestructurada, exploró las concepciones que tienen las profesoras acerca de los modelos teóricos atómicos usados para enseñar el concepto de *discontinuidad de la materia*.

Se realizó el análisis de documentos de registro empleados por las profesoras en su práctica: cuadernos de los estudiantes y documentos de consulta (libros de texto). El análisis de los cuadernos permitió evidenciar los recursos utilizados para la enseñanza del concepto de *discontinuidad de la materia* e identificar qué clase de contenidos registraban los estudiantes y la forma en que lo hacían. Se analizaron tres cuadernos de estudiantes de grado décimo seleccionados por conveniencia.

Los libros de texto analizados fueron: *Química@1* de grado décimo de Editorial Norma; *Olimpiadas Química 10* de Editorial Voluntad; *Química y Ambiente 1* de MacGraw-Hill. El análisis de estos materiales permitió determinar si en ellos se hace referencia a las teorías atómicas precuántica y cuántica, usando los criterios cualitativos propios de los siglos XIX y XX, evidenciar cómo se presentan en estos el concepto de *discontinuidad de la materia* y qué estrategias metodológicas y actividades se plantean para complejizar el conocimiento y describir el tipo de conocimiento y de contenidos que se presentan al abordar dicho concepto.

La información obtenida se examinó por medio de un análisis cualitativo, y se organizaron los datos en categorías, que adquirirían sentido en el marco del planteamiento del problema.

El análisis de las respuestas consignadas en las plantillas diseñadas para tal fin se realizó teniendo en cuenta algunas categorías y subcategorías establecidas a partir de las primeras conceptualizaciones a través de una codificación abierta. Esto permitió diseñar una matriz de análisis para cada instrumento.

Se establecieron categorías como altamente deseable (AD), deseable (D), no deseable (ND), no sabe/no responde (NS/NR), no cita (NC), y

subcategorías, las cuales se establecieron en una matriz de análisis para cada instrumento. Estas categorías permitieron ubicar a las profesoras en un estadio del CDC de acuerdo con el pensamiento y la práctica docente evidenciada a través de la aplicación de los diversos instrumentos.

Para esta investigación se consideraron los criterios de rigor expuestos por Hernández, Fernández y Baptista (2006): credibilidad, transferibilidad y confirmación.

Se utilizó la triangulación de instrumentos para corroborar los datos e identificar posibles inconsistencias, así como para establecer conexiones entre unos datos y otros con el fin de facilitar la elaboración del análisis y las conclusiones. Se empleó esta estrategia para definir la trama conceptual evolutiva de la discontinuidad de la materia relacionada con el modelo teórico de la estructura atómica cuántica (véase la figura 5.2), para caracterizar el conocimiento disciplinar, el conocimiento histórico-epistemológico, el conocimiento del contexto escolar y el conocimiento psicopedagógico esbozado (véase la figura 5.3), y para diseñar la trama didáctica para el concepto de discontinuidad de la materia, como se representa en la figura 5.4.

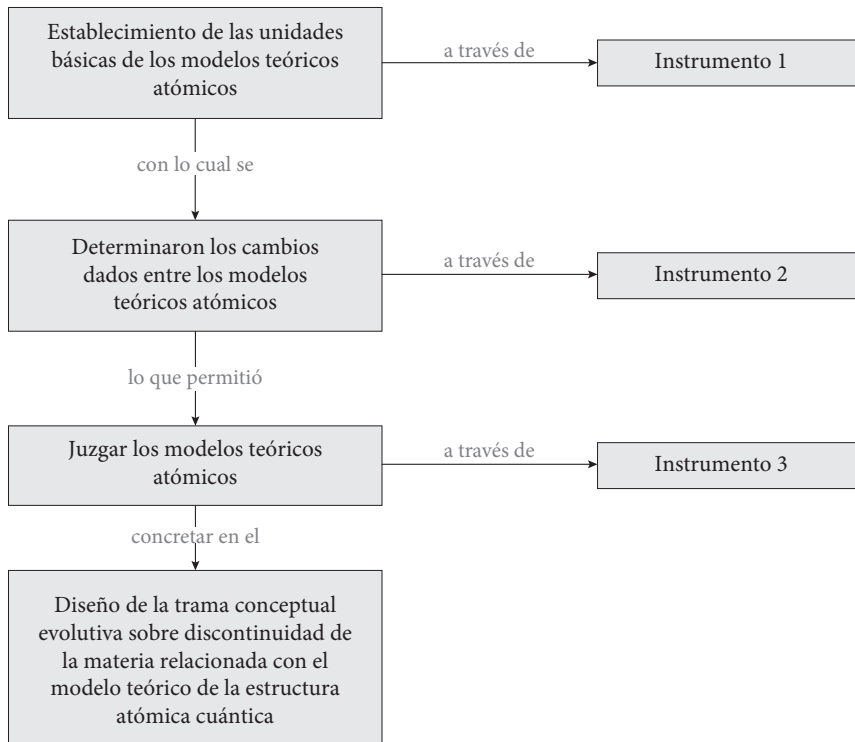


Figura 5.2. Triangulación de los instrumentos para establecer la trama conceptual evolutiva de la discontinuidad de la materia relacionada con el modelo teórico de la estructura atómica cuántica.

Fuente. Elaboración propia.

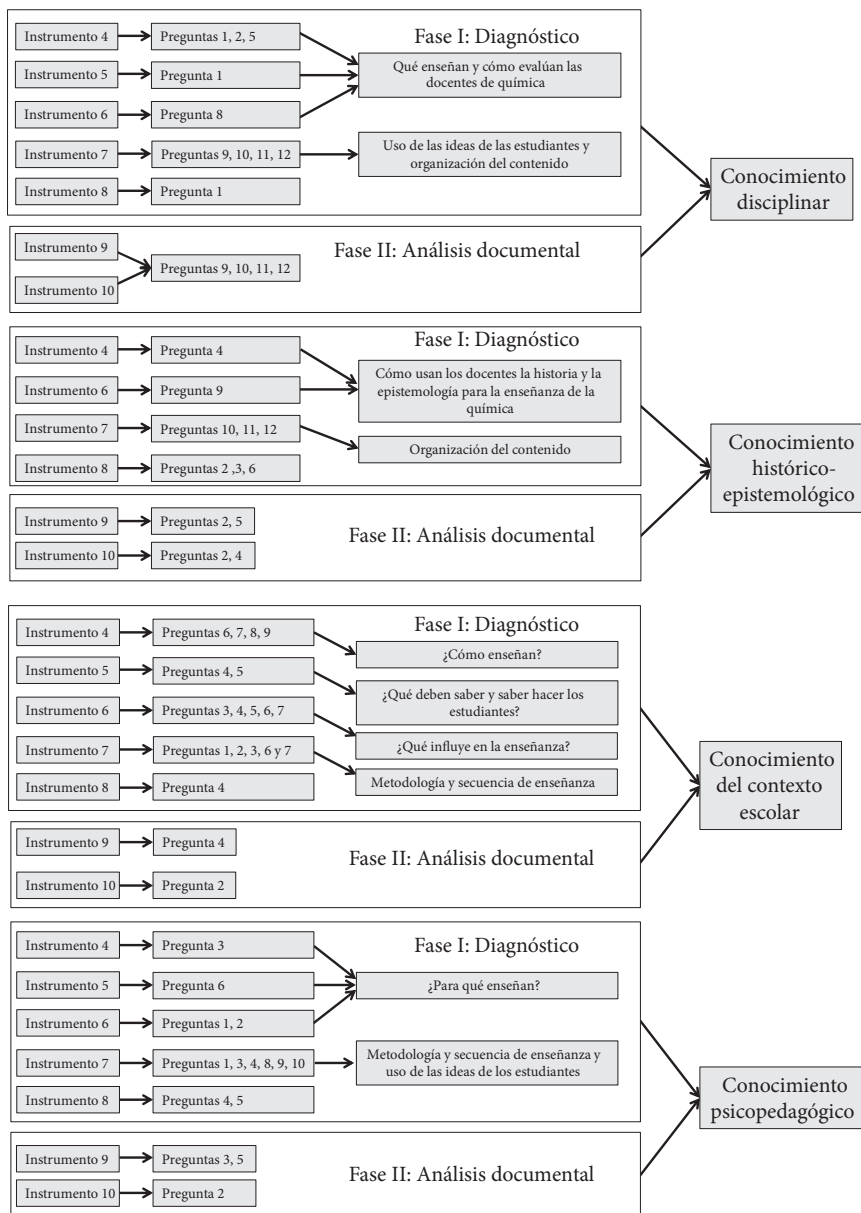


Figura 5.3. Triangulación de instrumentos y fases para caracterizar el conocimiento disciplinar, el conocimiento histórico-epistemológico, el conocimiento del contexto escolar y el conocimiento psicopedagógico de las profesoras en ejercicio.

Fuente. Elaboración propia.

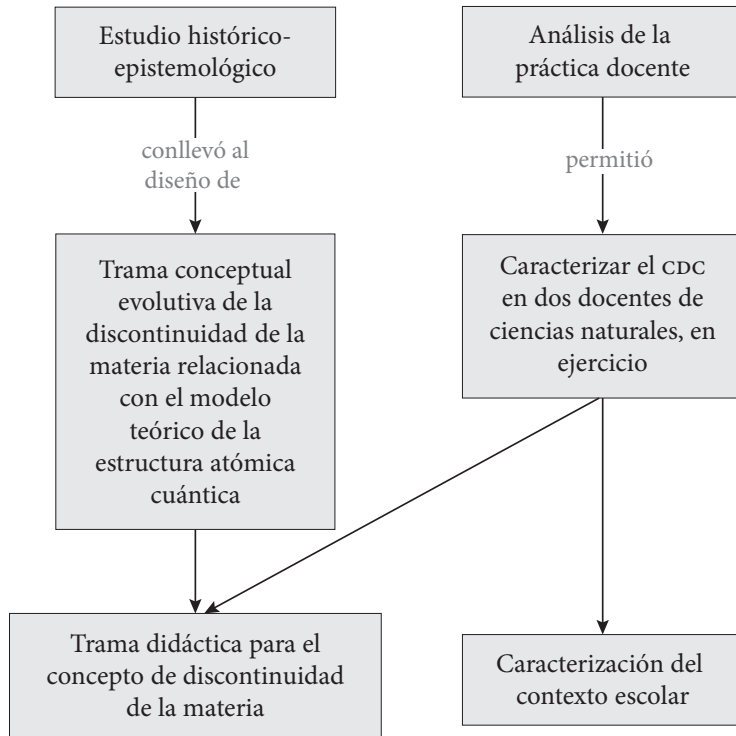


Figura 5.4. Triangulación de resultados para diseñar la trama didáctica para el concepto de discontinuidad de la materia.

Fuente. Elaboración propia.

El CDC de las profesoras de la IED y la trama didáctica del concepto de *discontinuidad de la materia*

La caracterización del CDC de las dos profesoras en ejercicio de la IED se presenta en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Caracterización del cdc de las profesoras en ejercicio.

Categoría	Caracterización del CDC
Conocimiento disciplinar	<p>Con relación al conocimiento disciplinar, las profesoras manifiestan enseñar los conceptos y teorías, como se observó en la práctica de la docente dos. Sin embargo, además del planteamiento de mapas conceptuales no se evidenció ninguna otra forma de relación entre conceptos y teorías, ni el desarrollo de paradigmas propios de la disciplina, como es el concepto de vacío. En los cuadernos están consignados los modelos teóricos atómicos a través de cuadros comparativos, pero en el estudio de otras temáticas (por ejemplo, tipos de reacciones y balanceo de ecuaciones) no se utiliza dicho conocimiento para explicar los nuevos conceptos.</p> <p>Las profesoras en sus respuestas dan gran importancia a los contenidos conceptuales, lo cual se correlaciona en la docente dos con lo observado en la práctica y en el análisis documental de los cuadernos. Los contenidos procedimentales se dan a nivel de la aplicación de algoritmos para desarrollar ejercicios de lápiz y papel de tipo aritmético y el contenido actitudinal se entiende como la relación que se establece entre el conocimiento cotidiano y el disciplinar.</p> <p>Los libros de texto utilizados por la docente dos presentan hechos y datos referentes a los modelos teóricos atómicos desde los griegos hasta los postulados de la teoría cuántica; sin embargo, el libro que más le gusta para trabajar a ella presenta una visión de ciencia más estática y contiene algunos errores conceptuales en las representaciones gráficas.</p>
Conocimiento histórico-epistemológico	<p>Aunque la docente dos manifiesta trabajar con tres libros de texto y en los números 1 y 2 se da un planteamiento histórico-epistemológico del concepto de <i>discontinuidad de la materia</i>, solo utiliza el taller de evaluación del libro 1 para abordar el tema y no desarrolla las preguntas que tienen por objeto la comprensión del desarrollo del conocimiento de este concepto, sino que se limita a los datos y hechos.</p> <p>Aunque en las encuestas y entrevistas las dos profesoras manifiestan que es importante conocer el desarrollo histórico del concepto, al observar a la docente dos en su práctica no se evidenció el uso de la historia y la epistemología en el diseño de la clase. Aunque en los cuadernos están consignados los modelos teóricos a manera de cuadros comparativos, no se observan actividades que permitan al estudiante confrontar los modelos, establecer por qué se da el cambio de modelo, ni actividades que indaguen qué concepción de átomo tiene cada estudiante, así como tampoco actividades que permitan complejizar el conocimiento del concepto.</p>

Continúa →

Categoría	Caracterización del CDC
Conocimiento del contexto	Las profesoras manifiestan planear sus clases utilizando el enfoque de enseñanza para la comprensión y siguiendo las orientaciones dadas por el área. Igualmente expresan que el plan de área es el resultado del trabajo en equipo de profesoras del área pero que el diseño, o planeación, de clases se hace en forma individual. También expresan que en la enseñanza debe tenerse en cuenta el desarrollo de pensamiento y la edad cronológica del estudiante, y la docente dos manifiesta que en la enseñanza influye la cultura del estudiante y la dinámica de la institución. No obstante, en la observación de la clase de esta docente la enseñanza se plantea de manera general para el grupo y no se evidencian los elementos de la enseñanza para la comprensión que fue el enfoque expresado por ella. Por el contrario, las clases en las diferentes sesiones fueron de tipo expositivo, a manera de conversatorio. En los cuadernos no se evidencian actividades que tengan en cuenta la diferencia en los procesos de desarrollo, sino que como todos los estudiantes están dentro del mismo rango de edad se supone que todos tienen el mismo desarrollo de pensamiento. Los libros de texto igualmente plantean actividades donde se generaliza al estudiante. En las clases observadas, a pesar de existir un grupo de estudiantes apático no se buscó su integración al trabajo. Las profesoras entienden el conocimiento del contexto como la forma en que se integran los saberes y experiencias cotidianos con el conocimiento disciplinar.
Conocimiento psicopedagógico	Las profesoras expresan que utilizan el enfoque de enseñanza para la comprensión y mencionan los elementos que se tienen en cuenta para el diseño de unidades didácticas desde este enfoque. Igualmente manifiestan que es importante considerar las ideas previas de los estudiantes, pero no explican cómo lo hacen ni para qué. En la observación de clase a la docente dos no se le observó la aplicación de la metodología de enseñanza para la comprensión (EPC), sino que siguió el enfoque tradicional. Los cuadernos de los estudiantes tampoco muestran actividades desde el enfoque EPC. Sin embargo, los libros de texto sí se acercan a este enfoque, ya que plantean actividades de iniciación, desarrollo y profundización. Pese a ello, en la observación de clase solo se utilizaron las actividades de lápiz y papel donde se aplica un algoritmo matemático.

Fuente. Elaboración propia.

El análisis histórico-epistemológico se realizó siguiendo la propuesta de Mosquera, et al. (2003), la cual es una modificación al trabajo de dinámica científica planteado por Estany (1990). En consecuencia, se realizó primero el análisis de las unidades básicas, a partir de las cuales se estableció el cambio entre los modelos teóricos. Posteriormente, basados en los cambios se hizo una comparación entre los modelos teóricos de Dalton, el de los precuánticos y el de los cuánticos, siguiendo los cuatro criterios para juzgar los modelos que proponen Mosquera, et al. (2003).

Estos elementos permitieron diseñar la trama conceptual evolutiva del concepto de *discontinuidad de la materia*, que da una visión del desarrollo histórico-epistemológico del concepto y permite establecer niveles de complejización para el mismo.

En las tablas 5.4 y 5.5 se presentan la trama conceptual evolutiva de la discontinuidad de la materia relacionada con el modelo teórico de la estructura atómica cuántica y la trama didáctica para el mismo concepto, respectivamente.

Tabla 5.4. Trama conceptual evolutiva de la discontinuidad de la materia relacionada con el modelo teórico de la estructura atómica cuántica.

Niveles	Enunciados
<p>Nivel macroscópico Nivel de formulación 1</p> <p>Los átomos son el principio básico de la materia y son indivisibles</p> <p>En un cambio químico los átomos se reorganizan para formar sustancias diferentes a las iniciales</p>	<p>Enunciado 1.1. Dalton</p> <ul style="list-style-type: none"> • La materia está formada por átomos que se unen a través del calórico. Por tanto la noción de discontinuidad de la materia es ambigua. • Los átomos se diferencian por su tamaño, forma y masa. • Como lo exponen Mora y Parga (2007), el cambio químico es un reordenamiento de partículas. Se aplica el principio de máxima simplicidad, apoyado en el trabajo de Newton para explicar la afinidad como un problema de atracción gravitacional. • Da sentido a las leyes empíricas ponderales usadas en estequiometría.
<p>Nivel microscópico Nivel de formulación 2</p> <p>El átomo es divisible y posee una organización interna</p> <p>El cambio químico está dado en función de la interacción entre los electrones de los átomos</p>	<p>Enunciado 2.1. J. J. Thomson</p> <ul style="list-style-type: none"> • La materia es discontinua porque entre un átomo y otro hay vacío. • Los átomos son divisibles, están formados por partículas cargadas eléctricamente, una de las cuales es el corpúsculo (más tarde se le dio el nombre de electrón). • El electrón mantiene sus propiedades constantes independientemente de las sustancias de donde provenga. • Las sustancias se pueden clasificar en polares y no polares. <p>Enunciado 2.2. Ernest Rutherford</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los átomos tienen una organización interna y concentran la masa en un núcleo positivo. • Los electrones giran alrededor del núcleo. • El átomo se mantiene estable por la equivalencia de cargas y las fuerzas de repulsión y atracción. • El cambio químico se da en función del intercambio de electrones entre los átomos.

Continúa →

Niveles	Enunciados
	<p>Enunciado 2.3. Bohr - Sommerfeld</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los electrones se encuentran en estados estacionarios. • El cambio de un electrón de un estado estacionario a otro requiere la emisión o absorción de energía. • El electrón absorbe o emite cantidades finitas de energía (cuantos). • El cambio químico está dado en función del intercambio de electrones del último nivel, de tal forma que se adquiere la estabilidad energética de la molécula.
<p>Nivel cuántico</p> <p>Nivel de formulación 3</p> <p>Los átomos son sistemas complejos que emiten o absorben cuantos de energía y se describen en términos probabilísticos</p> <p>El cambio químico se da por la reorganización energética de la molécula</p>	<p>Enunciado 3.1. Visión física</p> <ul style="list-style-type: none"> • El átomo tiene una organización interna de variadas partículas. Las principales son el núcleo (protones + neutrones) y los electrones. • La energía es divisible y se explica en términos de números cuánticos; su principio básico es el fotón o cuanto. • Solo es posible conocer el átomo en términos de probabilidades. <p>Enunciado 3.2. Visión química</p> <ul style="list-style-type: none"> • El cambio químico se da por la interacción entre orbitales. • En un enlace se da la combinación de orbitales atómicos, que pasan a constituirse en orbitales moleculares. En el caso de la hibridación los orbitales atómicos cambian su forma y valor energético, permitiendo la posibilidad de otros enlaces.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 5.5. Trama didáctica para el concepto de discontinuidad de la materia

Niveles de la trama	Intermedio inicial (teoría atómica de Dalton)	Intermedio central (teoría precuántica)	Intermedio superior (teoría cuántica)
El proceso de organización interna del átomo	<p>N. 1.1. Los átomos son el principio básico de la materia. (Dalton). Existen diferentes clases de átomos. Los átomos de una misma clase tienen igual peso. La materia presenta diferentes estados de agregación y por efectos de la temperatura y la presión puede cambiar de un estado a otro.</p>	<p>N1.2. La materia es discontinua porque entre un átomo y otro hay vacío. El átomo es divisible y posee una organización interna. (Thomson, Rutherford y Bohr-Sommerfeld). Está conformado por tres tipos de partículas: protones, neutrones y electrones. Los protones y neutrones se ubican en el centro del átomo conformando el núcleo. y a su alrededor giran los electrones describiendo órbitas (Rutherford). Las órbitas de los átomos contienen un número finito de electrones. Los protones tienen carga positiva, los neutrones no tienen carga y los electrones tienen carga negativa. Los protones y neutrones representan casi toda la masa del átomo, la masa del electrón es despreciable. Entre el núcleo y las órbitas donde se mueven los electrones no existe nada. El átomo es en su mayor parte vacío.</p>	<p>N1.3. La materia es un sistema de partículas en interacción. Los átomos son sistemas complejos que emiten o absorben cuantos de energía y se describen en términos probabilísticos. La energía es divisible y su principio básico es el fotón o cuanto. Los átomos están hechos de protones, neutrones y electrones. El núcleo contiene protones y neutrones que se mantienen unidos por efecto de la fuerza nuclear; allí puede producirse la desintegración beta por efecto de la fuerza débil. Los electrones se encuentran en una nube situada en el exterior del núcleo, que se mantiene por la acción de unas fuerzas electromagnéticas, pero los electrones solo pueden ocupar determinados niveles de energía, y no puede determinarse simultáneamente la posición y velocidad del electrón. Sin embargo, es posible establecer regiones de mayor probabilidad (orbitales) de encontrar un electrón determinado. Los electrones se identifican por una serie de cuatro números denominados cuánticos que expresan la energía, la región de mayor probabilidad, la forma de dicha región y la rotación. Cuando un núcleo cambia su estado emite radiaciones que pueden ser: radiaciones beta, alfa o gamma. Estas radiaciones solo las producen los elementos denominados radioactivos (uranio, polonio, radio).</p>

Continúa →

Niveles de la trama	Intermedio inicial (teoría atómica de Dalton)	Intermedio central (teoría precuántica)	Intermedio superior (teoría cuántica)
	<p>n1.a</p> <p>El estudiante comprenderá que la materia está conformada por unidades llamadas átomos, los cuales no son observables individualmente sino en grupos de millones de ellos.</p> <p>Entenderá que existen diversas clases de átomos que al unirse forman las moléculas.</p> <p>Comprenderá que la materia observable es un conglomerado de moléculas.</p> <p>Comprenderá por qué los gases se pueden comprimir y expandir, por qué el agua se presenta en estados sólido, líquido y gaseoso; que los estados de agregación están relacionados con la distancia entre las moléculas y que esta distancia varía cuando cambia la temperatura y/o la presión.</p> <p>No dará explicación a cómo son los átomos, ni cómo se mantienen unidos en la moléculas o en los estados de agregación.</p>	<p>n1.b</p> <p>El estudiante comprenderá y explicará:</p> <p>La estructura básica del átomo.</p> <p>La naturaleza eléctrica del átomo.</p> <p>Las características de las subpartículas atómicas.</p> <p>Que las subpartículas del átomo son iguales para todos los elementos.</p> <p>Que las características de cada elemento se relacionan con el número de protones, neutrones y electrones que poseen sus átomos.</p> <p>Los estados de agregación en función de las fuerzas electromagnéticas que se dan entre los átomos, iones o moléculas.</p>	<p>n1.c</p> <p>El estudiante comprenderá y relacionará:</p> <p>Que el átomo es una relación entre energía y materia.</p> <p>Por qué los protones y electrones del átomo a pesar de tener cargas opuestas no se atraen y por qué en el núcleo los protones no se repelen.</p> <p>Por qué los electrones se ubican en niveles energéticos diferentes y por qué cada nivel tiene un máximo de población electrónica permitida.</p> <p>Las características de los elementos con la distribución electrónica de los átomos.</p>

Niveles de la trama	Intermedio inicial (teoría atómica de Dalton)	Intermedio central (teoría precuántica)	Intermedio superior (teoría cuántica)
<p>El proceso de clasificación de la materia</p>	<p>N2.1 La materia está formada por cuerpos simples (elementos) y cuerpos compuestos (compuestos). Los cuerpos simples están formados por átomos idénticos y no se pueden descomponer en otros cuerpos más simples; los cuerpos compuestos están hechos de átomos de diferentes clases. En un cuerpo compuesto los cuerpos simples que lo conforman se combinan siempre en la misma proporción. Los elementos son sustancias fundamentales de la materia. No pueden ser descompuestos en sustancias más sencillas por métodos físicos ni químicos ordinarios. Los compuestos son sustancias puras cuyas moléculas están formadas por dos o más elementos. Los compuestos poseen siempre la misma composición. Las mezclas son la unión de dos o más sustancias puras que conservan sus propiedades y se pueden separar por procedimientos mecánicos y físicos. En una mezcla se pueden distinguir o no sus componentes. Cuando se pueden distinguir a simple vista se llaman mezclas heterogéneas, cuando no es posible identificar las fases a simple vista se llama homogénea.</p>	<p>N2.2 La materia está conformada por elementos y compuestos. Los compuestos pueden ser de tipo polar o no polar. El número de electrones externos o de la última capa coincide con el número del grupo en donde se ubica el elemento según la ley periódica. Existen sustancias con las mismas propiedades pero que varían en el peso atómico (isótopos). Los elementos y compuestos pueden presentarse en forma de iones o moléculas. Los elementos se organizan en familias y periodos, según características comunes y en orden creciente de su número atómico (ley periódica).</p>	<p>N2.3 La materia está conformada por moléculas que pueden ser elementos o compuestos. Existen compuestos con la misma composición pero diferente estructura molecular (isomería). Un elemento es un sistema multiatómico conformado por átomos, iones y /o moléculas, que no puede ser descompuesto químicamente en otros sistemas multiatómicos. Un compuesto es un sistema multiatómico conformado por iones y /o moléculas, que puede ser descompuesto químicamente en otros sistemas multiatómicos.</p>

Continúa →

Niveles de la trama	Intermedio inicial (teoría atómica de Dalton)	Intermedio central (teoría precuántica)	Intermedio superior (teoría cuántica)
El proceso de clasificación de la materia	<p>n2.a</p> <p>Comprenderá que las sustancias observables se clasifican como sustancias puras o mezclas.</p> <p>Estará en capacidad de distinguir entre una mezcla, un compuesto y un elemento.</p> <p>Conocerá y aplicará técnicas para separar sustancias puras en una mezcla.</p> <p>Identificará los nombres de los elementos, con su símbolo y peso atómico.</p>	<p>n2.b</p> <p>Comprenderá que los elementos se organizan en la tabla periódica en orden creciente de la cantidad de protones (número atómico).</p> <p>Comprenderá por qué las masas atómicas se expresan con decimales.</p>	<p>n2.c</p> <p>Comprenderá que los elementos se pueden clasificar en metales y no metales; en elementos radioactivos y no radioactivos.</p> <p>Comprenderá por qué la unión de los mismos elementos en iguales proporciones puede dar origen a varios compuestos.</p>
El proceso de descomposición o formación de sustancias	<p>N3.1</p> <p>En un cambio químico los átomos se reorganizan para formar sustancias diferentes a las iniciales.</p> <p>Ley de la conservación de la masa: la masa no se crea ni se destruye solo se transforma.</p> <p>Ley de proporciones definidas: Cuando dos o más elementos se combinan para formar un compuesto lo hacen en proporciones invariables.</p> <p>Ley de proporciones múltiples: Cuando dos elementos reaccionan en más de una proporción para formar compuestos diferentes, las masas de los elementos que se combinan con una misma masa del otro están en relación de números enteros pequeños.</p> <p>La unidad de medida en química es el mol, que corresponde a la cantidad de sustancia que contiene $6,02 \times 10^{23}$ (número de Avogadro) átomos, iones o moléculas.</p>	<p>N3.2</p> <p>El cambio químico está dado en función de la interacción entre los electrones de los átomos. Los átomos forman enlaces perdiendo o ganando electrones externos para alcanzar una estabilidad energética representada a través de la configuración electrónica.</p> <p>Los átomos son estables energéticamente cuando en su última capa alcanzan la población electrónica máxima permitida. (Ley del octeto).</p> <p>Los átomos tienen un número finito de posibilidades de unión con otros átomos. A esta capacidad de combinación se le llama valencia y se relaciona con la población electrónica máxima permitida en la última capa del átomo.</p> <p>En la unión de átomos para formar nuevas sustancias participan primordialmente los electrones de la capa externa.</p>	<p>N3.3</p> <p>El cambio químico se da por la formación de enlaces energéticamente estables.</p> <p>La descomposición o formación de sustancias es el producto de la interacción entre núcleos, electrones, orbitales atómicos y moleculares.</p> <p>Los enlaces químicos pueden tener la tendencia a ser iónicos o covalentes.</p> <p>La hibridación se explica como una variación energética de los átomos que favorece la capacidad de combinación.</p> <p>En la formación de una molécula las frecuencias de oscilación y las amplitudes de los electrones de cada átomo varían.</p>

Niveles de la trama	Intermedio inicial (teoría atómica de Dalton)	Intermedio central (teoría precuántica)	Intermedio superior (teoría cuántica)
<p>El proceso de descomposición o formación de sustancias</p>	<p>Los elementos se identifican a través de un nombre y un símbolo, cuando se escribe la composición de una molécula se hace a través de una fórmula química que consiste en escribir los símbolos de los elementos que lo conforman indicando los átomos de cada elemento por medio de subíndices que se ubican al lado derecho de cada símbolo.</p> <p>La transformación de sustancias se representa a través de ecuaciones químicas donde se indican las fórmulas químicas de las sustancias que reaccionan y de las sustancias que se producen, acompañadas de un coeficiente que indica la cantidad de moles de cada sustancia.</p> <p>La masa molar es el peso de los átomos, iones o moléculas.</p>	<p>En una unión química se da intercambio de electrones entre los átomos, de tal forma que los átomos pueden ganar, ceder o compartir los electrones.</p> <p>La cantidad de electrones ganados, cedidos o compartidos determina la carga eléctrica de un átomo y se llama número de oxidación.</p> <p>En una reacción química se conservan la masa, los átomos y las cargas.</p>	
	<p>n3.a</p> <p>Comprenderá que las sustancias se transforman en otras mediante la reorganización de sus átomos.</p> <p>Comprenderá la proporción en que se combinan los elementos para formar los compuestos.</p> <p>Determinará la masa molar de diferentes sustancias.</p> <p>Determinará las fórmulas moleculares a partir de las composiciones porcentuales y viceversa.</p>	<p>n3.b</p> <p>Comprenderá que el cambio químico se debe a la interacción de los electrones externos de los átomos.</p> <p>Establecerá la capacidad de combinación de cada elemento.</p>	<p>n3.c</p> <p>Comprenderá que en el cambio químico se da una transformación energética de las moléculas.</p> <p>Comprenderá que en el cambio químico intervienen los electrones de valencia pero que el núcleo interviene efectuando una fuerza de atracción hacia estos electrones.</p>

Disciplinar/histórico-epistemológica (N); psicopedagógica/contextual (n).

Fuente. Elaboración propia.

Consideraciones finales

El presente trabajo ha permitido poner en consideración respecto a la enseñanza de la continuidad / discontinuidad de la materia que:

- ▶ Este concepto se enseña desde los contenidos conceptuales y como habilidad, se centra en el uso de algoritmos para el desarrollo de ejercicios de lápiz y papel. Esto hace que el componente del CDC predominante en el profesorado participante sea el conocimiento disciplinar; aun así, se enseña de forma enciclopédica, según se evidencia en los cuestionarios y entrevistas aplicadas, así como en la acción pedagógica didáctica evidenciada desde las observaciones de clase y los análisis documentales realizados. Los demás componentes del CDC poco se tienen en cuenta.
- ▶ Los modelos atómicos se desarrollan a través de talleres que provienen de los libros, no hay contrastación entre los conceptos y lo que escriben los estudiantes en los cuadernos (incluso errores conceptuales), por tanto se dan copias textuales de los libros.
- ▶ La teoría cuántica se asume como un tema complejo para el nivel de los estudiantes. De otro lado, aunque en la institución educativa se plantea el enfoque de enseñanza para la comprensión y las profesoras manifiestan que diseñan las clases siguiendo este enfoque y teniendo en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes, se evidencia el desarrollo de clases expositivas, en las cuales los estudiantes participan respondiendo preguntas de naturaleza memorística. Asimismo, manifiestan que los planes de estudio se construyen en el área, pero al preguntarles cómo acuerdan este trabajo se evidencia un trabajo individual.
- ▶ El contexto del estudiante se utiliza como recurso para obtener ejemplos de los conceptos trabajados en clase.

Respecto de la pregunta planteada sobre la manera como utilizan los modelos atómicos precuántico y cuántico para profundizar en la comprensión del concepto de *discontinuidad de la materia*, se encontró que:

- ▶ Las profesoras mencionan los modelos atómicos precuántico y cuántico, pero no pretenden generar una complejización del conocimiento del estudiantado. En cuanto al conocimiento histórico-epistemológico, este se concibe como el conocimiento de eventos cronológicos y las biografías de científicos importantes. Aunque se asumen los modelos como representaciones mentales, el cambio de estos se presenta como resultado del descubrimiento de nuevos datos o hechos, por tanto se da una imagen de ciencia estática, donde el conocimiento es verdadero y no se mencionan las comunidades científicas.
- ▶ Lo anterior genera que los modelos atómicos precuántico y cuántico se aborden a manera de información, sin favorecer la complejización del conocimiento de los estudiantes. Se considera que la enseñanza de este tema tiene gran dificultad, por su carácter abstracto y nivel de modelización, así, para comprender la distribución electrónica desde el modelo cuántico no se asume desde este, sino que se termina enseñando como un proceso memorístico.

De otro lado, con respecto al primer y al tercer supuesto de investigación se encontró que:

- ▶ Las profesoras utilizan con predominancia el conocimiento disciplinar de tipo enciclopédico; los conocimientos psicopedagógicos y de contexto escolar poco se tienen en cuenta y no incluyen el conocimiento histórico-epistemológico en la enseñanza de la discontinuidad de la materia.
- ▶ Los modelos atómicos precuántico y cuántico se enuncian desde una perspectiva historiográfica, que no contribuye a la comprensión de los estudiantes en el sentido de lograr una complejización que podría

pasar por los niveles macroscópicos y atómico moleculares, lo que les ayudaría a explicar por qué la materia es discontinua.

- ▶ La discontinuidad de la materia se aborda desde una visión daltoniana, aunque se tratan temas como distribución electrónica, cambio químico, disoluciones y coloides, no se corrobora totalmente ya que las profesoras tienen una visión energética del átomo, que coincide con el modelo precuántico. Sin embargo, al momento de enseñar el concepto de *discontinuidad*, los modelos atómicos son empleados solo como información, sin establecer relaciones entre estos y los modelos teóricos de los estudiantes.

Los resultados obtenidos dejan ver la necesidad de profundizar con los y las profesoras acerca de qué debe saber y saber hacer el profesor de Ciencias (cómo integrar los componentes del conocimiento didáctico del contenido; y reflexionar sobre la práctica docente y el enfoque pedagógico/didáctico de la institución, de tal forma que el docente complejice su conocimiento con respecto a su quehacer profesional).

Referencias

- Alzate, M. (2005). Elemento, sustancia simple y átomo: tres conceptos problemáticos en la enseñanza y aprendizaje significativo de conceptos químicos. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 179 –193.
- Benarroch, A. (2000). La teoría cinético-corpúscular de la materia y su justificación en el currículo obligatorio. *Publicaciones*, 30, 149-188.
- Böhr, N. (1913). On the constitution of atoms and molecules. *Philosophical Magazine*, 6, 26, 1-25. Disponible en: <http://web.lemoyne.edu/~giunta/>
- Böhr, N. (1921, marzo 24). La estructura atómica. *Nature*. Disponible en: <http://web.lemoyne.edu/~giunta/>
- Colegio Próspero Pinzón. (2009-2010). *Proyecto Educativo Institucional*. Bogotá: Autor.

- Del Re, G. (1998). Ontological status of molecular structure. *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 4(2), 81-103.
- Furió, C. y Domínguez, C. (2001). Conocer la historia de la ciencia para comprender las dificultades de los estudiantes sobre el concepto de sustancia química. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra. VI Congreso.
- García, A. y Parga, D. L. (2009). CDC del profesorado de química sobre los conceptos de cantidad de sustancia y mol. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Número extra. IV Congreso Internacional sobre Formación de Profesores en Ciencias. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
- Gómez, Y. (2010). Caracterización del conocimiento didáctico del contenido en química: el concepto de discontinuidad de la materia en profesoras en ejercicio. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 27, 130-153.
- Martín, J.; Gómez, M. y Gutiérrez, S. (2000). *La Física y la Química en secundaria*. Madrid: Narcea.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido/ histórico-epistemológicas con las tramas de contexto/aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81.
- Mosquera, S., Mora, W. M. y García, A. (2003). *Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*. Bogotá: Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Universidad Francisco José de Caldas.
- Pozo, J. y Gómez M. (2001). *Aprender y enseñar ciencia*. 3.ª ed. Madrid: Morata.
- Trinidad, R. y Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14(2), 92-105.
- Villaveces, J. (2001). La enseñanza de la estructura de los átomos y de las moléculas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED* 9, 108-118.

Capítulo 6

El conocimiento del contexto, aportes al conocimiento didáctico del contenido

Jonatan López Castillo
Universidad Pedagógica Nacional

Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

Introducción

El presente capítulo es una síntesis del trabajo de investigación realizado sobre uno de los componentes del CDC, el conocimiento del contexto escolar (CCE), en el marco de la línea de investigación Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) del grupo Alternativas para la Enseñanza de las Ciencias: Alternancias, de la Universidad Pedagógica Nacional. El conocimiento del contexto, según Parga y Mora (2014), incluye el conocimiento del entorno escolar, por ejemplo, la cultura y el conocimiento individual de los estudiantes. Es en el contexto de enseñanza donde el profesor debe reflexionar para hacer evidente y explícito su CDC con respecto al contenido que enseña (Loughran et al., 2012).

El capítulo es pertinente, en la medida en que brinda una aproximación detallada sobre un tipo de saber poco explorado y poco desarrollado dentro de los constructos teóricos en la investigación didáctica. Estas reflexiones surgen a partir de un proceso de indagación acerca de las tendencias de la literatura, como en la caracterización de experiencias, constructos y producciones intelectuales de un grupo de docentes que cursaban el programa de formación posgradual de Maestría en Docencia de la Química y

que se encuentran actualmente trabajando en colegios del sector oficial o privado de la ciudad de Bogotá.

La primera parte de este capítulo presenta una recopilación de reflexiones y construcciones históricas, en relación con las nociones de contexto y conocimiento del contexto escolar, desarrollados en trabajos desde los años 70 hasta la actualidad.

La segunda parte presenta dos marcos interpretativos desde los cuales se puede comprender el concepto de conocimiento del contexto escolar y sus relaciones con los procesos de diseño curricular. Estos marcos surgen como propuestas para describir este tipo de saber, de acuerdo con lo caracterizado en los docentes y la literatura.

Se espera que esta síntesis contribuya a la discusión sobre el tema y brinde elementos de reflexión para construir de manera progresiva y consensuada esta noción tan relevante e influyente: el conocimiento del contexto escolar.

Revisión histórica de la noción de contexto y conocimiento contextual en relación con el diseño curricular

Históricamente uno de los primeros proponentes del término *contexto* es John Dewey (1938), quien introdujo esta noción para explicar lo que él denominaba *situación*. Esta se define como un marco de referencia desde el cual una persona desarrolla formas de experimentar y crear juicios sobre objetos o eventos. El desarrollo de su significado e integración como saber emerge de los fenómenos suscitados en la década de los setenta.

Ante la complejidad que representaba la interpretación de las dinámicas de enseñanza y aprendizaje para los autores de esa época, se comprende que los modelos propuestos hasta entonces, desde la psicología cognitiva, eran insuficientes. El hecho de priorizar aspectos de tipo comportamental y cognoscitivo, como las formas de representación y sistemas de memoria

de un sujeto, omitían factores adicionales sobre sus posibilidades de relación y socialización, que eran determinantes en un proceso de aprendizaje.

Por ende, al enfocar la atención hacia el papel de la cultura en la construcción de experiencia y la reflexión sobre el factor convencional en los procesos de construcción de conocimiento, se gestaba una nueva plataforma que vinculaba el contexto, como aspecto susceptible de análisis, altamente influyente y capaz de potenciar o limitar las posibilidades del sujeto.

Este nuevo enfoque de trabajo proporcionó una mirada diferente a los investigadores, quienes centraron su atención en el análisis de las *variables que operaban dentro de los límites del aula*, describiendo cómo estos influían de manera significativa en los procesos de aprendizaje y mediaban los procesos de enseñanza (Doyle, 1980; Everston, 1981).

En este sentido, la disertación y socialización sobre el contexto estaba orientada a proporcionar cierta competencia situacional al docente, como elemento de su capacidad pedagógica, para lograr una enseñanza de éxito. Esta comprensión generó el aumento de los procesos de caracterización en las aulas, en donde se observaba la influencia del vínculo social del sujeto sobre su capacidad para el procesamiento de la información.

Asimismo, se estudiaron las relaciones entre el rendimiento en la escuela y las formas de enseñanza, y se desarrollaron trabajos en torno a las interacciones entre profesor-estudiante y estudiante-estudiante. Todo ello introdujo la necesidad de cambio en las prácticas cotidianas de enseñanza (Good, 1979).

En este periodo estaban en auge los informes de carácter descriptivo-interpretativo sobre el fenómeno del contexto educativo, y una sistematización amplia de experiencias, en la cual la visión de categorizar, clasificar y medir el acto educativo se transformaba en una acentuada preocupación por comprender las perspectivas de los sujetos participantes y su relación con las maneras como recrean y dan sentido a su realidad de aula.

Particularmente se fomentó una noción de gestión y control como factor dominante en los programas de formación del profesorado, y se intensificó la búsqueda de un modelo efectivo de enseñanza. Además, se proporcionaron elementos para replantear la elección de los saberes por enseñar y se introdujo un ejercicio intencionado para la organización del aula, en torno a modelos organizativos de trabajo, tiempo y contenido, que más adelante se definirían como sistemas de actividades o tareas académicas (Emmer, Everston y Anderson, 1980).

Esta tendencia en investigación sentó un precedente al presentar el potencial del diseño riguroso para el alcance de objetivos de aprendizaje, pero a la vez propició como herencia la construcción de una imagen en la que el dominio y control del aula por parte del profesor constituye un factor implícito y necesario en todo proceso de enseñanza y se priorizan aspectos tales como el cumplimiento de las normas de conducta y el desarrollo de diferentes patrones convencionales de lenguaje (Kounin, 1974).

Con el avance de la perspectiva constructivista, la tendencia al análisis situacional se hace cada vez más externo al aula y de esta manera se relacionan el aprendizaje y la organización de la experiencia con escenarios marcados por la inestabilidad económica, la pobreza, la fragmentación social y una situación de indefensión (Hess y Shipman, 1965).

Las relaciones pasaron del plano de subjetividades aisladas en procesos de interacción a convertirse en dinámicas colectivas, de ahí que el entorno asumiera una condición de complejidad en donde por lo general operan de manera simultánea una serie de eventos de naturaleza totalmente impredecible (Jackson, 1975).

Desde el año 1975, cuando la comunidad de investigadores comprende al profesor como sujeto reflexivo y racional que, en la acción de su ejercicio profesional se ve en la necesidad de tomar decisiones y emitir juicios sobre la base de sus creencias y las rutinas propias de su actividad, asumen que el pensamiento del profesor es un aspecto susceptible de estudio.

Esta delimitación permite que la mirada no solo empiece a volcarse en el entorno contextual, sino en la manera *como se interpreta y cobra sentido en la mente del profesor el contexto escolar* (Palacios, 2006).

En el transcurso de los años ochenta, se elaboran diferentes trabajos que describen el saber docente como un marco referencial que opera a través de una serie de escenarios. Es así como a partir de unas estructuras sociales, normativas e ideológicas apropiadas para la época, se logra construir y redefinir un conocimiento formal en relación con procedimientos, estrategias, técnicas de análisis, intervención y evaluación que configuran su práctica y la vida en el aula (Pérez, 1987).

Para finales de la década de los ochenta e inicios de los noventa, los programas de formación de profesores constituían los epicentros de intervención, en la medida en que se realizaban análisis de la comprensión de los docentes en formación frente a su actividad, como una función pública y compartida permanente.

En este marco, Shulman (1989) delimita un conocimiento pedagógico específico, el CDC, que se define como un marco teórico que intenta describir las series de conocimientos amalgamados que constituyen la base de la enseñanza del profesor y que definen su estatus de profesionalidad.

Desde el CDC se delimitan siete tipos de saberes, dos de los cuales se refieren al *conocimiento de los alumnos y de sus características* y al *conocimiento de los contextos educativos*, que abarcan desde el funcionamiento del grupo o de la clase, la gestión y financiación de las entidades educativas, hasta factores comunitarios y culturales (Grossman, 1990), *lo cual integra los desarrollos conceptuales anteriores sobre el contexto escolar, pero en términos de conocimientos específicos del profesor*.

Transformada la noción de contexto escolar desde un conjunto de variables del medio, hasta su concepción como conocimiento particular del profesor, se inicia en los años noventa una serie de profundizaciones sobre

estos elementos contextuales, que no solo se enmarcarían en lo externo del sujeto, sino en su propia individualidad.

Por ende, se articula el análisis de este tipo de saber contextual, los pensamientos y las creencias del profesor, interpretándolas como componentes de conocimiento subjetivo elaborados por cada individuo y son útiles para justificar las decisiones y actuaciones profesionales, las cuales son mediadas y ejecutadas en entornos específicos (Llinares, 1991).

En este sentido se proporciona una dimensionalidad dual del pensamiento del profesor en relación con el contexto como saber (uno referente a los aspectos intrínsecos al docente y otro a los aspectos extrínsecos al aula de clase y la sociedad que la configura). Aunque la reflexión sobre los sentimientos, experiencias e intencionalidades construidas en un contexto no constituye una forma de saber legítimo desde el ámbito formal científico, el análisis psicoanalítico y epistemológico brinda parámetros para justificarla, como elementos fundamentales y marcos de razonamiento propio que orientan acciones concretas (Perafán, 2005).

Porlán y Rivero (1998) promueven un cambio en la percepción del conocimiento del contexto introduciendo la noción de teorías implícitas y saberes experienciales, los cuales refieren a un sistema integrado de ideas que proporciona un marco predictivo de las actuaciones en el aula, y una plataforma experiencial que constituye un espacio de diálogo entre los demás saberes del docente para realizar un ejercicio de diseño.

Después de los desarrollos sobre estas *nociones del contexto escolar* y el *saber del docente sobre el contexto escolar* se origina una serie de reflexiones en relación con los *saberes en contexto*, las cuales resultan de interés particular y emergente para algunos didactas en el área de Ciencias, al observar y estudiar las causas de la actual crisis en el aprendizaje de las ciencias en general y de la química en particular.

La complejidad en los contenidos y su falta de conexión con eventos que cobren sentido para quien aprende, como el trabajo mediante actividades repetitivas de memoria o matematización, son algunas de las problemáticas que han puesto de manifiesto algunos autores y que reflejan la necesidad de transformar tanto los diseños curriculares existentes como sus formas de implementación en los desarrollos metodológicos en el aula (Izquierdo-Aymerich, 2004; Jensen, 1998; Schwartz, 2006).

Han sido varios los diseños curriculares implementados bajo esa perspectiva de contextualización del saber, los cuales intentan vincular el trabajo de las ciencias con experiencias cercanas y relevantes para los sujetos que trabajan en ella.

Algunos ejemplos notorios se pueden evidenciar en las transformaciones de las propuestas curriculares en la educación en química durante los últimos cincuenta años, en las cuales la integración de aspectos contextuales cada vez cobra mayor incidencia. En la tabla 6.1 se resumen en orden cronológico los propósitos de enseñanza de cada propuesta curricular.

Como se podrá observar, la contextualización del saber se convierte en una necesidad latente en la medida que avanza el tiempo, y existen concepciones mucho más dialógicas, menos doctrinarias y más reflexivas sobre el sentido de la ciencia en la sociedad del siglo XIX.

Mora y Parga (2008) desde el constructo del CDC han articulado y delimitado cuatro tipos de saberes necesarios para el diseño curricular, que integran el campo específico del dominio profesional docente. Una de estas esferas de saber la constituye el *conocimiento del contexto escolar*, que según los autores, corresponde al saber docente frente a dónde y a quién se enseña. Conocer las normas de funcionamiento de la institución escolar. Conocer la configuración cultural, política e ideológica de la institución y la nación donde ejerce su práctica profesional. Conocer a fondo los entornos donde cobra sentido el conocimiento disciplinar.

Tabla 6.1. Propósitos de enseñanza en propuestas curriculares de la química.

Chemistry Bond Approach Project (Masaguer y Uriel, 1966)	Nuffield (Nuffield Advance Science, 1970)	Satis (Holman, 1986)
Enfatizar en los aspectos conceptuales de la química y los principios químicos.	Se enseña química para comprender sus técnicas y métodos.	Complementa la enseñanza tradicional de las ciencias, y se enseña la química para vincular el conocimiento a la interpretación, proposición y argumentación de los fenómenos del entorno.
Chemical Education Material Study (Usón, 1987)	Chemistry in Context (Schwartz et ál., 1994)	Salters y Advance Salters (Caamaño y Gutiérrez, 1997)
Se enseña química para aprender los conceptos científicos específicos y con ello comprender el mundo.	Conocer de forma crítica la acción social, ambiental y tecnológica de la actividad química, sus implicaciones, consecuencias y mejoras.	Se enseña la química para conocer fenómenos sociales desde sus marcos conceptuales, relacionándola con la cotidianidad (productos farmacéuticos, alimentos, química industrial).
Apqua (Abello y Medir, 1997)	Chemcom (American Chemical Society, 1998)	CTS –Caso simulado (Garritz, 1994; Torres, 2011)
Enseñar la química analizando sus potencialidades y riesgos como marco de conocimiento (aprendizaje de los productos de la química, sus usos y aplicaciones).	Enseñar química como actividad para el desarrollo de la vida humana y su comunidad.	Se enseña química para analizar y transformar la vida humana y la sociedad a partir de una toma de decisiones crítica y reflexiva desde la lógica científica.

Fuente. Elaboración propia.

En síntesis, el desarrollo histórico de la noción de contexto se puede delimitar en dos momentos específicos: el primero, en el cual existe una intencionalidad particular por comprender los factores que influyen en el núcleo áulico, describiendo cómo lo afectan y cómo, mediante un modelo eficaz de enseñanza, se puede alcanzar el control o el dominio sobre estas variables.

El segundo momento corresponde al estudio de las formas como esta noción de contexto se articula en la mente del profesor para adquirir una categoría de saber particular, que le va a permitir interpretar, argumentar, predecir y proponer acciones concretas para el desarrollo de unas intencionalidades particulares de enseñanza.

En todo este proceso hay una contribución específica sobre la manera como se comprende y se ejecuta un proceso de diseño, entendido inicialmente como la elaboración de algunas programaciones organizadas y estructuradas, hasta una propuesta flexible y dinámica, que además integra la articulación de contextualizaciones del saber disciplinar para lograr los objetivos de aprendizaje. Estos aspectos se encuentran compilados en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. Resumen de las concepciones de contexto y su relación con el diseño curricular.

Aspectos	Contexto escolar como estudio de lo local	Contexto escolar como saber específico
Descripción en cuanto a su significado	Análisis de los factores y variables que afectan el aula, en cuanto a manejo de tiempos, contenidos y relaciones.	La representación del contexto escolar en la mente del profesor se comprende como parte de su espectro de saberes.
Implicaciones en los procesos de diseño curricular	Programación rigurosa e intencionada con secuencias organizadas de actividades. Interés por el control y una gestión de aula adecuada.	Propuestas flexibles, que respondan a necesidades de diferente tipo de la población y que integren la contextualización del saber disciplinar.

Fuente. Elaboración propia.

Niveles y dominios del conocimiento contextual escolar y sus relaciones con el diseño curricular

La noción de *conocimiento del contexto escolar (CCE)* cubre una serie de especificaciones, no solo con respecto a su naturaleza epistémica, sino las entidades conceptuales que integra, las relaciones que abarca, las formas como se construye y las realidades que permite interpretar y transformar.

En este sentido, la revisión de contenido en los productos de investigación didáctica y el análisis tanto de las experiencias profesionales como de los productos intelectuales de los docentes participantes de este trabajo, permiten identificar que el CCE se puede comprender a partir de dos marcos interpretativos. Uno de ellos permite dimensionarlo desde sus *niveles* (como ámbitos *locales, sociales, o de aprendizaje*), y el otro permite hacer una diferenciación más detallada desde la noción de *dominio*.

Niveles del conocimiento del contexto escolar

Los niveles hacen referencia a escalas procedimentales de interpretación, que generalmente tienen una interdependencia e implican un crecimiento gradual con relación a un centro específico. El centro, en este caso, vincula el aula (como entorno local) a la escuela (como entorno social) y al sujeto (como entorno cognitivo).

Como *entorno local*, el CCE implica un saber frente a la configuración del aula en cuanto a su espacialidad, infraestructura, recursos y las dinámicas relacionales entre los participantes. En consecuencia, permite la construcción de un discurso descriptivo y explicativo sobre las formas en que los sujetos interactúan, aprenden y enseñan en razón de las condiciones próximas que configuran el aula.

Desde este nivel, se concibe que la relación entre condición y efectividad en el proceso de enseñanza y aprendizaje se encuentre regulada por la habilidad de diseño del docente. Por ello, si el profesor logra que todas las condiciones sean susceptibles de encaminarse hacia su objetivo de enseñanza, no percibe el entorno como una condición de amenaza que influye negativamente en sus propósitos, sino que ve en ello un potencial para desarrollar prácticas con ciertos grados de innovación.

Esta articulación en la triada intencionalidad-condición-efectividad se ejercita con los años, en la medida en que la experiencia permite identificar qué tipo de diseños y prácticas son convenientes para condiciones de aula específicas, y además, dota de rango y estatus profesional al docente que ha logrado enriquecer sus interpretaciones y lecturas, para asumir ejercicios intencionales claros y coherentes.

La noción de CCE como *entorno social* significa un conocimiento de las realidades que configuran el acto educativo, y se amplían a esferas sociales espacialmente lejanas del aula, pero que tienen un efecto íntimo frente a lo que allí se evidencia. Por ende, implica una lectura profunda sobre los

fenómenos sociales, económicos, políticos y ambientales que configuran el entorno local, indagando los diferentes tipos de factores y dinámicas sociales que influyen en la formación del sujeto y en las construcciones de pensamiento que pueden desarrollar. Un conocimiento de lo que delimita, restringe o potencializa la práctica educativa.

Este saber enriquece el sentido crítico de la práctica, en la medida en que logra vincular al docente en su rol como constructor de sociedad y recrea en su mente las relaciones de poder que condicionan su práctica. Además, este conocimiento propicia el desarrollo de actitudes e intereses particulares que influyen en las producciones intelectuales del docente.

Por ende, se encuentran diseños fundamentados en intereses de carácter emancipatorio que buscan evidencias de transformación en la práctica y priorizan los compromisos didácticos y pedagógicos en la enseñanza. De esta manera, aprender ciencia se convierte en un discurso que cualifica y promueve interpretaciones sobre el funcionamiento de un modelo social, y propicia unos compromisos específicos para su cambio.

De allí que se propicien ejercicios de enseñanza que no necesariamente prioricen el contenido, sino que vinculen el tratamiento de este saber para lograr un efecto en una comunidad, o integren un análisis frente a una problemática indagando sobre sus posibles causas y construyendo alternativas de solución; ejercicios que ligan a la comunidad como parte del aula, y que tienen una influencia sobre el mismo currículo oculto en ella.

También se evidencian ejercicios de diseño mediatizados por una rutina por parte del docente, quien termina reduciendo su sentido profesional al cumplimiento de regulaciones y oficios escolares, aunque estos muchas veces impliquen un conflicto con sus compromisos pedagógicos y didácticos.

Finalmente, como *entorno cognitivo*, el CCE se comprende como un saber sobre los elementos que condicionan y configuran la construcción

de conocimiento escolar (tanto en ciencias de la naturaleza, como en la química) y el reconocimiento de aquello que potencializa su aprendizaje, como lo que logra limitarlo o tergiversar su significado.

Este entorno se puede desglosar en dos tipos de componentes. El primero de ellos es el cultural y cotidiano, que influye en la construcción de sentido en los fenómenos de interés científico. Esto implica un saber frente al lenguaje y los códigos de socialización, las formas de comunicación de información, la promoción de una imagen social de la actividad científica e imaginarios sociales ligados a su aprendizaje.

También hay un componente en razón del individuo que aprende y es el entramado complejo de aspectos físicos, cognitivos y emocionales que le permiten el sujeto asumir cierto tipo de sentido frente a alguna actividad. Esto indica la comprensión de los factores que le permiten a alguien asumir de manera personal y voluntaria su ejercicio de aprendizaje y tomar decisiones con relación a ello. Esta mediación entre los componentes de subjetividad y cultura constituye el entorno contextual que permite interpretar el aprendizaje.

Evidencias de la preocupación frente a estos dos componentes en el diseño curricular radican en la importancia que se ha dado en los últimos años al análisis discursivo de la ciencia por parte de los profesores, o en la delimitación de las concepciones alternativas de los estudiantes frente a conceptos científicos. También, en los estudios frente a las maneras en que los imaginarios de ciencia y su práctica influyen en los procesos de aprendizaje, y finalmente en el origen y las características de los modelos empleados por los estudiantes para interpretar los fenómenos.

En síntesis, el CCE puede interpretarse en tres niveles (local, social, cognitivo), cada uno de los cuales posee unas implicaciones tácitas en el diseño curricular de los profesores en relación con la organización de los contenidos (su abordaje, sus relaciones y las actividades relacionadas), los componentes de tipo actitudinal integrados, los propósitos de enseñanza y aprendizaje, y los enfoques didácticos articulados (véase la tabla 6.3).

Tabla 6.3. Formas de asumir el cce.

Entorno		Como entorno local	Como entorno social	Como entorno de aprendizaje
Definición	<i>Se refiere a</i>	Comprender la configuración del aula en cuanto a su espacialidad, infraestructura, recursos y dinámicas.	Saber las realidades que configuran el acto educativo y con ello profundizar en las razones que delimitan el entorno local.	Conocer los elementos que condicionan y configuran la construcción de conocimiento escolar en química.
	<i>Elementos que integra</i>	Caracterizar las cualidades de los estudiantes, los profesores y la institución educativa y su influencia en los procesos de aprendizaje de la química.	Caracterizar los fenómenos económicos, políticos y sociales que influyen en la educación en química.	Caracterizar el saber disciplinar y los marcos explicativos cotidianos, su negociación y diálogo en la construcción de conocimiento escolar en química.
Implicaciones en el diseño curricular	<i>Aprendibilidad</i>	Tendencia al aprendizaje de los contenidos químicos que sean susceptibles de ser desarrollados a partir de las condiciones.	Tendencia al aprendizaje de los contenidos que tienen relevancia y que son de interés por los fenómenos económicos, políticos y sociales con los que se relaciona.	Tendencia a la construcción de los significados y marcos explicativos desde la perspectiva química para la complejización de la visión de mundo.
	<i>Enseñabilidad</i>	Se enseña la química como actividad humana, con una serie de dinámicas y conocimientos propios.	Se enseñan las implicaciones del conocimiento químico con las realidades percibidas por el sujeto que aprende.	Se enseña el sentido de la química para la comprensión y construcción del mundo.

Fuente. Elaboración propia.

Dominios del conocimiento del contexto escolar

Identificar estos tres niveles de saber contextual proporciona componentes diferentes para el mismo tipo de conocimiento, y aunque se logre establecer una delimitación primaria entre cada uno de ellos es evidente que juntos promueven la construcción de una imagen, un sentido y una intencionalidad de enseñanza. Por ello, este segundo marco interpretativo hace una descripción más detallada, sin comprometer los niveles mencionados.

En un trabajo desarrollado por Bulte et al. (2006) sobre el diseño en educación química como práctica en contexto, De Jong, uno de los autores, menciona la existencia de cuatro dominios de origen contextual (dominio personal, dominio profesional, dominio científico y dominio social).

Los dominios corresponden a expresiones de conocimiento, en relación con una serie de experiencias determinadas. Su valor y pertinencia radican como elementos de análisis y componentes del CCE, y adquieren significado de acuerdo con características del perfil profesional; además, implican una construcción dialógica entre los constructos teóricos del profesor y su experiencia pedagógica.

Desde el marco del conocimiento didáctico del contenido (CDC), estos dominios cobran vital importancia en la medida en que definen nociones del profesor con respecto al CCE y permiten determinar los factores de mayor influencia en los procesos de diseño curricular. Las definiciones y descripciones de cada dominio se describen en las tablas 6.4 y 6.5.

La caracterización de estos dominios a partir de las experiencias docentes, sus productos intelectuales y sus evidencias discursivas permiten dilucidar algunas tensiones frente a sus compromisos pedagógicos y didácticos, en relación con las demandas o condiciones en las que se configura su ejercicio.

Tabla 6.4. Definición de los dominios del CCE.

Preguntas Dominios	Dominio personal (perceptivo y relacional)	Dominio profesional (didáctico y científico)	Dominio social y cultural (normativo y comunicativo)	Dominio físico (espacial y temporal)
¿En qué consiste?	Saber construido como producto de la reflexión personal sobre las percepciones frente a los factores relacionales y de formación como sujeto en el ejercicio docente.	Saber construido como producto del análisis didáctico frente a los sucesos, las condiciones, los elementos que se desarrollan dentro y fuera del aula de clase, que son relevantes para ser integrados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química.	Saber construido como producto de la reflexión sobre las dimensiones políticas, los tipos de demandas sociales, institucionales e idiosincráticas que configuran el proceso educativo en general y la enseñanza de la química en particular.	Saber construido a partir de las condiciones materiales que configuran los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química.
¿Cuáles son sus fuentes relacionadas de construcción?	Las percepciones frente a los eventos. Las creencias desarrolladas en el ejercicio docente sobre la práctica pedagógica. Las imágenes o representaciones generadas frente al acto de enseñanza.	Las reflexiones y los conocimientos de tipo químico, didáctico y pedagógico, que se aprenden en los ciclos de formación del profesorado, así como en los procesos de formación continuada y en la experiencia profesional.	Todo tipo de saber construido que sea de común uso para todos los sujetos de la sociedad, como aquellos que son dados para regular y determinar sus comportamientos.	Todo objeto o escenario material donde se llevan a cabo, o tienen que ver con los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química.
¿Qué capacidades relacionan?	Permiten evaluar en todo momento un determinado fenómeno, emitir juicios de valor, tomar decisiones a corto o largo plazo, orientar el proceso de diseño e implementación de cualquier tipo de actividad en el aula o fuera de ella.			

Fuente: Elaboración propia.

Esto plantea un problema de *sentido y coherencia* en los procesos de diseño curricular, ya que la intencionalidad del docente no coincide con su entorno situacional. Así, el profesor tiende a pensar sus objetivos desde una perspectiva ambiciosa a nivel cognitivo, procedimental y actitudinal, pero sus acciones reflejan un desarrollo difuso o segmentado hacia dichas intenciones, generando conflictos e insatisfacciones en el ejercicio profesional.

Tabla 6.5. Operacionalización de los dominios del CCE.

<p>Dominio personal (DPS) (perceptivo y relacional)</p>	<p>Dominio profesional (DPR) (didáctico y científico)</p>	<p>Dominio social y cultural (DSC) (normativo y comunicativo)</p>	<p>Dominio físico (DFS) (espacial y temporal)</p>
<p>(SDR) Sobre las dinámicas de relación Comprende los tipos de relación que se pueden establecer entre los agentes del acto educativo, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • estudiante/profesor • estudiante/estudiante • profesor/profesor • profesor/directivas • profesor/estado • profesor/padres <p>De allí se identifican y analizan sus causas, consecuencias e implicaciones.</p>	<p>(SOS) Sobre la organización del saber Comprende el ejercicio intelectual de construcción de sentido mediante la articulación de los diferentes entornos del saber en química: <i>Entorno histórico-entorno didáctico</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Integración de las investigaciones a nivel disciplinar y en didáctica de las ciencias experimentales para el diseño curricular en química. • Integración de diferentes tipos de modelos (didácticos, pedagógicos, o propios de la disciplina) para la enseñanza de la química. • Reflexiones sobre la enseñanza (ReCo: Representaciones de contenido [Parga y Mora, 2008] vinculadas al entorno [factores que influyen en el aprendizaje, razones para enseñar, dificultades y limitaciones asociadas]). <p><i>Entorno aplicativo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Integración de conocimiento cotidiano y social en la construcción de conocimiento científico escolar. 	<p>(SED) Sobre el equilibrio entre los tipos de demandas Comprende las maneras de asumir e integrar los diferentes tipos de exigencias a la práctica, en concordancia con</p> <ul style="list-style-type: none"> • la normatividad nacional e institucional • las dinámicas económico-políticas dominantes en un momento histórico y sus exigencias al perfil profesional • los diálogos de poder y mecanismos de control, en diferentes esferas de actuación. 	<p>(SCE) Sobre la configuración del entorno Se refiere a la comprensión de todas las dimensiones que delimitan e identifican los espacios de enseñanza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • distribución espacial • ventilación • luminosidad • color • acústica • temperatura • herramientas y materiales.

<p>Dominio personal (DPS) (SPP) Sobre las percepciones de la profesión y el ejercicio Comprende las concepciones del profesor de química en relación con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • su grado de satisfacción frente al ejercicio profesional • lo que se es, se quiere llegar a ser y hacer como docente en química • las ideas sobre su rol, posición e impacto social. 	<p>Dominio profesional (DPR) (SEP) Sobre el ejercicio profesional Comprende el entorno situacional y el accionar del profesor en el ejercicio de su práctica, esto se concreta en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • el tipo de trabajo establecido por el docente para alcanzar sus intencionalidades • el desarrollo de estilos particulares de enseñanza • la participación activa como parte de la comunidad de especialistas • su formación continuada y permanente • la forma de asumir y desarrollar la investigación didáctica. 	<p>Dominio social y cultural (DSC) (SCS) Sobre el conocimiento social en química Comprende la identificación del entorno social de la química vinculado con su enseñanza y su articulación en el diseño curricular, teniendo en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer las fuentes culturales del conocimiento en química. • Identificar la imagen social de la química. 	<p>Dominio físico (DFS) (SAR) Sobre la administración de recursos Se refiere a las maneras en que el docente aprovecha y emplea cierto tipo de recursos, en relación con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tiempo • espacio • materiales • laboratorio • <i>software</i> • dispositivos tecnológicos • medios de Información.
--	---	--	--

Fuente. Elaboración propia.

Estos dominios caracterizados en las experiencias docentes permiten identificar las limitaciones y potencialidades en sus ejercicios de diseño, (véase la tabla 6.6).

Tabla 6.6. Dominios de experiencia docente en el diseño curricular.

		Características	Implicaciones en el diseño
Dominio personal	<i>Sobre las dinámicas de relación</i>	Las relaciones entre los agentes (profesores y estudiantes) se caracterizan por la verticalidad y la presencia de conflicto y tensión.	Se promueven ejercicios aislados, individualizadores, carentes de diálogo con pares académicos, y se asume un estado de crítica y temor frente a la evaluación de otros .
	<i>Sobre las percepciones de la profesión y el ejercicio</i>	Los docentes pueden asumir su rol educativo como trabajadores asalariados, investigadores o miembros activos de la comunidad científica.	La intencionalidad del diseño varía, algunos constituyen el medio de adaptación a las condiciones laborales, otros se convierten en formas de innovación de la práctica, y los siguientes son formas reproducibles para acceder al saber disciplinar.
Dominio profesional	<i>Sobre la organización del saber</i>	Implica el reconocimiento de las formas de organización del contenido desde aspectos de aplicación, de historia o los aportes de la reflexión didáctica en la enseñanza de la química.	Enmarca un secuencia del saber y delimita el tipo de saberes por integrar en el diseño (solo a nivel disciplinar, o incluye saberes de tipo metadisciplinar).
	<i>Sobre el ejercicio profesional</i>	Concibe la dinámica del docente para estar en un proceso de formación permanente, como miembro activo en su gremio con una cultura profesional específica.	Permite identificar cómo el diseño responde a los retos y reflexiones actuales, consensuados por la comunidad, y cómo este se actualiza y se integra a las nuevas tendencias en investigación.
Dominio social y cultural	<i>Sobre el equilibrio entre los tipos de demandas</i>	Implica el cumplimiento del plan de estudios, el empleo de un determinado sistema de calificación, atención a los procesos institucionales y la adaptación a un modelo ideológico, económico y político específico que configura la práctica.	Enfoca el ejercicio, dándole prioridad o no a estos aspectos, direccionando todos los esfuerzos docentes a atender, mediar o transformar estas demandas.
	<i>Sobre el conocimiento social en química</i>	Reconoce las diferentes miradas públicas sobre la actividad en química y sus implicaciones en la enseñanza.	Atiende a perpetuar las imágenes tergiversadas dominantes, o ajustarlas a los postulados de la nueva filosofía de la ciencia.
Dominio físico	<i>Sobre la configuración del entorno</i>	Implica el análisis de las formas como se organiza el entorno en cuanto a estructura y composición, visualizando oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades.	Es un factor que limita o potencia las acciones de intervención del docente además, mediatiza sus alcances.
	<i>Sobre la administración de recursos</i>	Implica el análisis de la temporalidad y cómo el docente hace uso de sus condiciones para alcanzar sus objetivos.	Genera los fenómenos de intensificación y perversión del tiempo de preparación, que implican menos cantidad de tiempo para la ejecución del ejercicio de diseño.

Fuente. Elaboración propia.

Estas implicaciones en el diseño permiten reflexionar sobre posibles elementos de acción y alternativas de intervención para que los factores que se interpretan en cada dominio constituyan fuentes de oportunidad, en vez de situaciones de riesgo en la práctica profesional y el ejercicio de diseño. Para ello se hace necesario reconocer el grado de influencia del contexto, pero a su vez, el saber construido por parte del profesor en torno a este.

Consideraciones finales

El CCE se puede comprender como componente y factor determinante en el ejercicio práctico del profesor, en la medida en que permea sus realidades y evoca una serie de configuraciones en su acción educativa, para alcanzar o no el desarrollo de las finalidades pedagógicas y didácticas con las que ha orientado su labor. Este tipo de saber tiene un potencial predictivo y explicativo sobre algunas dinámicas, causas, desarrollos y consecuencias que suscita el ejercicio profesional. En este sentido, su integración en la mente del profesor le permite la toma de decisiones y un diálogo entre los constructos teóricos y la construcción racional de una realidad material y social en su práctica.

Desde una perspectiva histórica, el estudio del CCE presenta tres momentos diferentes: uno de ellos caracterizado por los trabajos de índole sistémica y naturalista centrado en las condiciones de aula; otro en el que se asume como un saber dentro del espectro de conocimientos del profesor, y finalmente como un conocimiento integrado a los procesos de diseño curricular en química.

El CCE puede interpretarse desde dos marcos explicativos: primero, la noción de nivel, que implica tres perspectivas (desde lo local, lo social y lo cognitivo); segundo, la noción de dominio, la cual detallan diferentes expresiones de conocimiento (dominio personal, didáctico, social y cultural y físico).

Los dominios responden a criterios diferenciados del conocimiento del entorno escolar, permiten interpretar y describir configuraciones particulares de las dinámicas de enseñanza y aprendizaje, y constituyen un marco de referencia desde el cual se interpretan los fenómenos del acto educativo, se toman decisiones y se construyen intencionalidades.

Referencias

- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Nueva York: Collier Books.
- Di Sessa, A. A.; Elby, A. y Hammer, D. (2003). J's epistemological stance and strategies. En G. Sinatra y P. Pintrich (eds.). *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence.
- Doyle, W. (1979). Classroom effects. *Theory into practice*, 18(3), 138-144.
- Emmer, E. T.; Everston, C. M. y Anderson, L. M. (1980). Effective classroom management at the beginning of the school year. *Elementary School Journal*, 80, 219-231.
- Everston, C. M. (1981). Differences in instructional activities in average and low achieving junior high classes. *Elementary School Journal*, 82.
- Good, T. L. (1979). Teacher effectiveness in the elementary school. *Journal of Teacher Education*, 30(2), 52-64.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher. Teacher knowledge and teacher education*. Nueva York: Teachers College Press.
- Hess, R. y Shipman, V. (1965). En J. Bruner (ed.), *La importancia de la educación* (pp. 145-173). Barcelona: Editorial Paidós.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4-6), 115-136.
- Jackson, P. W. (1975). *La vida en las aulas*. Madrid: Marova.
- Kounin, J. S. y Gump, P. V. (1974). Signal systems of lessons settings and the task-related behavior of pre-school children. *Journal of Education Psychology*, 66, 554-562.

- Llinares, S. (1991). *La formación de profesores de matemáticas*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Loughran, J.; Berry, A. y Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge* (2nd. ed.). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2007). Tramas histórico-epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 21, 100-118.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81.
- Palacio, V. (2006). *El pensamiento del profesor, una reflexión desde la práctica áulica* (pp. 19-42). Hologramática.
- Parga, D. L. y Mora, W. M. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: Conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación Química*, 25(3), 332-342.
- Perafán, G. (2005). Epistemología del profesor de ciencias sobre su propio conocimiento profesional. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra, VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 1-4.
- Pérez, A. (1987). Estudios: el pensamiento del profesor, vínculo entre la teoría y la práctica. *Revista de Educación* 284, 119-221.
- Pilot, A. y Bulte, A. M. W. (2006). The use of 'contexts' as a challenge for the chemistry curriculum: Its successes & the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28, 1087-1112.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores; estudios empíricos y conclusiones. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *American Educational Research Association*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1989). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza. Una perspectiva contemporánea. En M. C. Wittrock. *La investigación de la enseñanza I* (pp. 9-91). Barcelona: Paidós.

Capítulo 7

Reflexiones teóricas sobre el conocimiento didáctico del contenido y sus aportes a la formación del profesorado de ciencias

Blanca Rodríguez

Universidad Pedagógica Nacional

Leonardo Fabio Martínez Pérez

Universidad Pedagógica Nacional

Introducción

El conocimiento didáctico del contenido (CDC) como conocimiento personal y social construido a lo largo de la formación y el ejercicio docente constituye un elemento fundamental que permite la promoción de políticas de formación y desarrollo profesional de los docentes.

La práctica del profesor está influenciada u orientada por el CDC, que incluye cuestiones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de contenidos determinados (Cruz, 2011) y cuyas investigaciones se han referido a los contenidos centrales de las ciencias (Física, Química, Biología).

Shulman (1986, 1987) introduce el conocimiento pedagógico del contenido (*Pedagogical Content Knowledge* [PCK], que en versión latinoamericana se conoce como conocimiento didáctico del contenido [CDC]), considerado como el conocimiento base para la enseñanza, el cual describe la capacidad de los profesores para ayudar a que los estudiantes comprendan un tema o un concepto determinado, evidenciando la habilidad que tienen para traducir contenidos específicos, utilizar múltiples estrategias, métodos de instrucción y representación; considerar además las limitaciones contextuales, culturales y sociales para determinados

estudiantes inmersos en ambientes de aprendizaje específicos (Alvarado-Zamora, Mellado y Garritz, 2013). El concepto *CDC* recibe varias interpretaciones y descripciones en la literatura, pero existe consenso con respecto a que este conocimiento se desarrolla a lo largo de la formación de los profesores y en el contexto de su práctica profesional (Abell, 2008; Loughran, Mulhall y Berry, 2004).

El *PCK* es considerado un conocimiento central en la práctica profesional del profesor y se ha descrito como necesario para la enseñanza, donde una de las maneras de describirlo es identificar sus componentes principales, los cuales fueron descritos por Shulman (1986, 1987) como: curricular, del contenido, pedagógico general, didáctico del contenido, de los alumnos, de los contextos educativos y de los fines educativos, propósitos y valores. Por su parte, Grossman, Shulman y Wilson (2005) los agruparon en cuatro componentes: conocimiento del contexto, del contenido disciplinar, pedagógico general y didáctico del contenido. Este último componente interactúa y relaciona los demás y es el resultado de las concepciones, los propósitos que tienen los profesores para enseñar un contenido específico, de la comprensión que tengan de los estudiantes, del currículo y de las estrategias instruccionales que han logrado consolidar en el transcurso de su formación.

El *PCK* no es una mezcla de estos componentes, sino el resultado de un producto de su hibridación que, dependiendo de la combinación coherente de ellos, es lo que caracteriza la epistemología del profesor, que lo hace único y personal, de naturaleza dinámica y diferenciada, y que involucra la transformación de otros tipos de conocimiento (Guess-Newsome, 1999; Padilla y Van Driel, 2011, Park y Chen, 2012, citados por Bernal, 2012).

El *PCK* se ha usado con diferentes objetivos en la enseñanza de las ciencias; tales objetivos han incluido propuestas desde investigar la propia naturaleza del *PCK* como concepto (Park y Oliver, 2008), las relaciones entre *PCK* y la formación de profesores (Loughran, Mulhall y Berry, 2004);

las relaciones entre PCK y otras bases de conocimiento, contenidos específicos disciplinares como por ejemplo: química ácido-base (Drechsler y Van Driel, 2008), enseñanza del concepto de combustión (Ariza y Parga, 2011) y otros que buscan investigar el PCK de los profesores con respecto a aspectos más generales de la enseñanza de las ciencias como aprendizaje basado en investigación (Espinosa-Bueno, Labastida-Pina, Padilla-Martínez, y Garritz, 2011), modelos y modelaje (Justi y Gilbert, 2002; Henze, Van Driel y Verloop, 2007) y la naturaleza de la ciencia.

Autores como Parga, Mora y Martínez (2009) mencionan la importancia de reconocer los procesos de adaptación y transformación que hace el profesor a los contenidos científicos cuando se enseñan, de tal forma que el CDC sea considerado como un espacio de intersección interdisciplinar de cuatro grandes esferas del conocimiento: el disciplinar (conocimiento del contenido de la materia caracterizado por los hechos, conceptos centrales o principios organizativos de la misma y el conocimiento sustantivo, es decir los marcos explicativos de la disciplina); el histórico-epistemológico y social (conocimiento metadisciplinar); el de la psicología del aprendizaje y de la didáctica específica; y el conocimiento del contexto escolar donde se realiza la labor docente.

Garritz y Talanquer (2012) resaltan la importancia de enseñar la naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT) como metaconocimiento que surge de las reflexiones interdisciplinarias sobre la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia y la tecnología, con la finalidad de comprender sus contenidos, los métodos que emplean para construir, desarrollar, validar y difundir los conocimientos que desde allí se producen, reconocer los valores implicados en las actividades científicas y tecnológicas, los vínculos que se establecen con la sociedad y los aportes a la cultura y al progreso social. Se establece de esta manera que el conocimiento pedagógico del contenido (CPC) no puede ser considerado sin el componente científico y tecnológico (CPC-NdCyT).

En este contexto, retomando la versión latinoamericana del CDC, seguimos a Mora y Parga (2008) cuando hacen referencia a la enseñabilidad de los contenidos, lo cual demanda que en la formación docente se planteen modelos alternativos que permitan al docente construir y reconstruir su saber profesional, de tal manera que diseñe y desarrolle currículos alternativos a los impuestos por entes externos al contexto escolar, en el que desarrolla su práctica docente. Para esto es necesaria la capacidad de trabajo en equipo, para reflexionar en y sobre la práctica, formar al docente como un investigador crítico y autónomo, consciente de la responsabilidad social que tiene en la formación ciudadana; con habilidad para tomar decisiones, comprender los avances científicos y tecnológicos de una manera crítica, con mayor respeto y reconocimiento del otro. Docentes capaces de liderar nuevas prácticas que contemplen la diversidad cultural, la responsabilidad y el respeto por todas las formas de vida, que enseñen y aprendan a asumir posiciones basadas en principios éticos y morales; con capacidad sensible, creadora y ante todo conscientes de su papel humanizador en una sociedad híperconsumista.

En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo realizar una discusión teórica sobre el CDC y sus aportes a la formación de profesores de ciencias. La discusión se realiza a partir de una revisión de investigaciones actuales publicadas en revistas especializadas en enseñanza de las ciencias. Para atender este objetivo, en primer lugar, se ofrece una conceptualización sobre el desarrollo profesional del profesor que constituye el marco general del CDC, luego se discuten las investigaciones recientes sobre este tipo de conocimiento y se puntualizan los aportes a la formación de profesores de ciencias.

Desarrollo profesional del profesor de ciencias

Según Varcárcel y Sánchez (2000) el término asociado a la formación (actualización, formación continua, perfeccionamiento, capacitación, etc.)

del profesorado en ejercicio es el de *desarrollo profesional*, que tiene como característica básica estar centrado especialmente en la labor que el profesor realiza en el aula de clase y en la institución educativa donde desempeña su práctica docente.

Imbernon (2013) señala que en la formación del profesorado se tiende a confundir los términos *formación y desarrollo profesional*:

A menudo, empleamos los conceptos formación y desarrollo profesional como sinónimos, y a veces se realiza una total equiparación entre formación permanente del profesorado y desarrollo profesional. Si aceptáramos tal similitud, estaríamos considerando el desarrollo profesional del profesorado de manera muy restrictiva, ya que la formación sería la única vía del desarrollo profesional del profesorado, lo que significa que no es cierto que éste se deba únicamente al desarrollo pedagógico, al conocimiento y comprensión de sí mismo, al desarrollo cognitivo o al teórico, sino que es todo eso y mucho más, lo que implica que hay que enmarcarlo, o sumarle, una situación laboral (salario, clima laboral, profesionalización) que permite o impide una carrera docente. [...]. El desarrollo profesional es un conjunto de factores que posibilitan, o que impiden, que el profesorado progrese en el ejercicio de su profesión. Una mejor formación facilitará sin duda ese desarrollo, pero la optimización de los otros factores (salario, estructuras, niveles de decisión y de participación, carrera, clima de trabajo, legislación laboral) también lo hará y de modo decisivo. Podemos disfrutar de una excelente política de formación docente y encontrarnos con la paradoja de un desarrollo profesional cercano a la proletarización, sólo porque los otros factores de desarrollo no están suficientemente garantizados en esa mejora (p. 3).

Por lo tanto, para propender por un desarrollo profesional docente adicional a la formación se deben garantizar nuevos sistemas laborales donde el papel del docente se reivindique socialmente, permitiendo establecer una reconciliación integradora entre formación y desarrollo profesional,

ya que son dos caras de la misma moneda (Imbernon 2011, 2013), de tal forma que los profesores sean reconocidos como agentes sociales, planificadores y gestores de la enseñanza y el aprendizaje, generadores de conocimiento pedagógico y por ende promotores de cambios sociales, con visión crítica de su desempeño profesional como formadores de ciudadanía.

En consonancia con lo anterior, se han generado propuestas de formación y desarrollo profesional que han intentado superar los modelos de formación docente con enfoque científico-tecnológico, que sitúan a la universidad en una posición preferente frente a la escuela, al pretender que los profesores generen determinadas prácticas a partir de las ideas de los expertos (docentes universitarios). El enfoque hermenéutico-interpretativo invierte la posición del modelo anterior y ve al profesor como un práctico reflexivo que va elaborando conocimiento, acumulando experiencias y mejorando su práctica por medio de la acción; en él se valora la práctica escolar por encima del conocimiento científico sobre la educación. Un tercer modelo propone relacionar dialécticamente el conocimiento educativo (teoría-universidad) y la acción docente (práctica-escuela). Esta perspectiva ha sido desarrollada en la tesis doctoral de Álvarez (2008); sus principios se resumen en la figura 7.1, donde el autor comenta que muchas de estas propuestas han sido asumidas como eslóganes aislados y no como un modelo articulado que promueva la formación y permita nutrir cierta epistemología sobre la construcción del conocimiento profesional docente.

La propuesta de Álvarez (2008) ilustra la diversidad de posturas que se han generado al tratar de relacionar la teoría y la práctica, donde los primeros planteamientos son de corte académico. En el plano intermedio aparecen propuestas que buscan vías de encuentro entre la teoría y la práctica, y en el último lugar las centradas en el ámbito escolar.

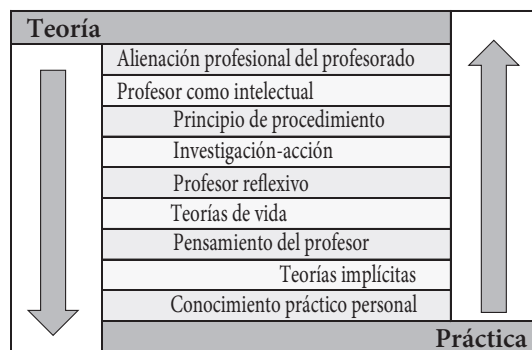


Figura 7.1. Propuesta de relación entre teoría y práctica.

Fuente. Álvarez (2008).

Para efectos de contextualizar el CDC en el desarrollo profesional, se enfatizará en las posiciones teóricas y prácticas. Las de corte teórico denuncian la alienación como una de las características frecuentes en el profesorado. Esta ha ocasionado que profesores de todos los niveles educativos se dediquen a enseñar sin ser conscientes de los fines a los que realmente están sirviendo con su práctica. Como lo plantea Álvarez (2008), esto conlleva al segundo nivel: luchar por la formación de profesores intelectuales críticos que conozcan la teoría académica para intervenir en la enseñanza y se comprometan con la innovación escolar de un modo más ilustrado que el sentido común; que sean capaces de pronunciarse ante las injusticias económicas, políticas y sociales dentro y fuera de las escuelas; que garanticen a los estudiantes la oportunidad de convertirse en ciudadanos con el conocimiento y el valor adecuado para luchar contra la desesperanza (Giroux, 1990).

Las posiciones prácticas, comprenden las teorías implícitas que están vinculadas directamente con el paradigma del pensamiento del profesor, cuestionado por ser idiosincrático, cuajado de prejuicios, generado en la experiencia y alimentado por la tradición, responden a la ideología dominante, a la estructura social y a la institución escolar en particular, rutinizada y basada en creencias subjetivas (Pérez y Gimeno, 1988), pero

permiten comprender el pensamiento, la acción y sus construcciones personales, que intervienen en los procesos de comprensión, memoria, razonamiento y planificación de su acción cotidiana (véase la figura 7.2). Por último se encuentra el conocimiento práctico personal, caracterizado por ser una forma de conocimiento surgido de la interiorización de las habilidades desarrolladas en el proceso de enseñanza, aplicado en su quehacer cotidiano escolar, donde genera normas y pautas de actuación que van consolidando su propio estilo docente en los diferentes contextos de trabajo escolar (Connelly, Clandinin y He, 1997; Elbaz, 1983).

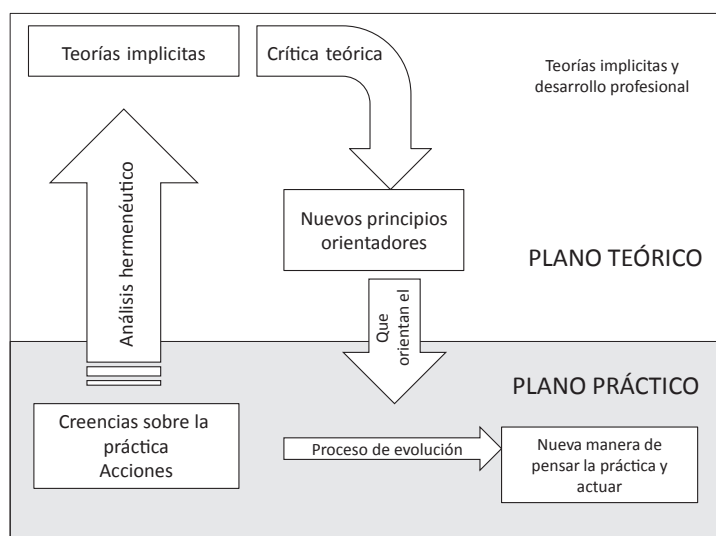


Figura 7.2. Teorías implícitas y desarrollo profesional.

Fuente. Ballenilla (2003).

Los aportes de Álvarez (2008) sobre el desarrollo profesional pueden ampliarse con la propuesta de Mosquera (2008), quien, apoyado en el modelo de enseñanza por investigación con enfoque constructivista, plantea la necesidad de tener en cuenta la epistemología personal del docente, la que ha construido a lo largo de su vida como estudiante y como profesor, y ha estado mediatizada por actitudes y comportamientos explícitos en el

trabajo de aula, para que no sean un obstáculo en los cambios didácticos que se espera de un docente en la sociedad actual.

Parga y Mora (2014) plantean la necesidad de fortalecer la formación docente y el desarrollo profesional conforme a la resolución de problemas de la vida cotidiana, tal como los plantean las pruebas externas:

Frente a los resultados de evaluación de competencias de estudiantes de ciencias de la educación secundaria, como de los profesores en formación, se manifiesta por parte de políticos y expertos en educación gran preocupación por las facultades de educación y de los programas que forman al profesorado, que cuestionan su pertinencia y existencia futura. Aunque admitimos que buena parte de estos resultados depende de una inadecuada formación docente y de la falta en la práctica de alternativas como el CDC que permitan diseñar currículos alternativos, son los componentes particularmente contextuales frente a la cultura colombiana y a las políticas educativas donde se debe poner mucha atención, nada ganamos con “satanizar” el papel del profesorado en estos resultados negativos si no se admite que son muchas variables que intervienen. En este sentido, nos preguntamos qué sabe el profesorado frente a los contenidos de la materia que enseña en contextos actuales reales de aplicación social, cómo los enseña y para qué; estas preguntas se hacen a propósito de fortalecer una formación en torno a resolver problemas de la vida cotidiana, tal como están dirigidas las pruebas Pisa (p. 339).

Parga y Pinzón (2014) resaltan la importancia de trabajar en la formación docente el CDC de temas controvertidos (cuestiones sociocientíficas, socioambientales o socialmente vivas), como la contaminación química en la minería, en la fumigación de sustancias ilícitas, los agrotóxicos; las implicaciones de la nanotecnología, los alimentos transgénicos, la explotación de fuentes alternativas de energía como la nuclear, entre otras, que son resultado de las actividades tecno-científicas que requieren de la participación de todos los ciudadanos, en especial los afectados. Se necesita un profesorado que configure su CDC de acuerdo con los continuos cambios

de los sistemas sociales, capaces de diseñar materiales curriculares alternativos, donde los contenidos respondan por la sustentabilidad de los recursos, el cambio climático global, los ecosistemas y la salud humana.

El CDC constituye un elemento esencial del desarrollo profesional del profesorado, en la medida que posibilita la construcción de conocimiento a partir de la práctica docente, conforme a la epistemología de la práctica que se va configurando en la reflexión autónoma sobre los contenidos de enseñanza, que además de tratar aspectos disciplinares, abarca conocimientos metadisciplinarios esenciales para el mejoramiento profesional en los contextos escolares en los que actúa el profesor.

Conocimiento didáctico a la luz de las investigaciones actuales

Algunos autores entienden el CDC como una construcción didáctica que integra distintos conocimientos que se relacionan entre sí. Por un lado el CDC se puede entender como un conocimiento integrado por distintos conocimientos (modelo integrador), y por otro, como conocimiento transformador, es decir donde la combinación de los diversos conocimientos conforma un conocimiento nuevo, no la suma de las partes. Estas posiciones pueden afectar la formación docente si se dan por separado; se espera que en la práctica se integren, o puede suceder que otorguen más relevancia a alguno, y en consecuencia se desvirtúen el modelo y el docente. De esta manera no se puede consolidar su desarrollo profesional. En el segundo modelo (transformador) se permite superar las limitaciones del primero, pero el maestro puede considerar que tiene una maleta de trucos como el CDC de los expertos (Cruz, 2011).

Según Shulman (1986), comprender la enseñanza exige comprender el pensamiento y la acción del profesor, el cual debe ser consciente del papel que desempeña en la calidad de la enseñanza, debe ser reflexivo y determinar qué ciencia enseñar, cómo hacerlo, cómo seleccionar y diseñar los materiales necesarios para el desempeño de las clases, qué tareas

de aprendizaje diseñar, pero ante todo debe saber la materia por enseñar (conocer la historia, evolución epistemológica y construcción del conocimiento científico); establecer relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA); y conocer las nuevas investigaciones y controversias científicas. Así el CDC se debe constituir en un eje articulador del proceso de formación y desarrollo profesional docente, que le permita asociar los aspectos psicopedagógicos generales a los más específicos que comprenden la enseñanza de las ciencias y el ejercicio del profesor orientado hacia su formación como investigador desde su aula de clase, que innove y tenga una posición crítica frente a lo que enseña, y a lo que le demandan la escuela y la sociedad.

Los anteriores criterios fueron definidos por Shulman como conocimiento pedagógico del contenido PCK (*Pedagogical Content Knowledge*) y traducido por Marcelo (1992) como conocimiento didáctico del contenido (CDC). Se considera un conocimiento específico, que va más allá del conocimiento disciplinar. Es una comprensión que hace el profesor pensando en ayudar al estudiante a entender un concepto específico. El CDC identifica diferentes aspectos del conocimiento para la enseñanza, en palabras de Shulman (1987):

Representa la mezcla entre materia y pedagogía por la que se llega a una comprensión de cómo determinados temas y problemas se organizan, se representan y se adaptan a los diversos intereses y capacidades de los alumnos, y se exponen para su enseñanza. El conocimiento didáctico de la materia es la categoría que con mayor probabilidad permite distinguir entre la comprensión del especialista en un área del saber y la comprensión del pedagogo (p. 8).

A nivel investigativo el CDC no se puede examinar a partir del estudio de uno de sus componentes sin considerar los demás, ya que todos los temas se interrelacionan y se transforman en representaciones ideales que pueden facilitar la comprensión del mismo. Por lo menos se deben

considerar tres componentes básicos: el conocimiento del contenido de la disciplina por enseñar, el conocimiento de la didáctica específica (representaciones o estrategias de enseñanza) y el conocimiento del estudiante (Grossman, Shulman y Wilson, 2005; Shulman, 1986).

Berthiaume (2009) postula que el PCK emerge y se consolida paulatinamente como el resultado de una interacción, consciente o inconsciente, de tres conocimientos a lo largo del tiempo, teniendo como base el trabajo del aula, tal como se ilustra en la figura 7.3. Allí se establece que el CDC se constituye en una intersección entre el conocimiento base para la enseñanza (metas, conocimientos y creencias relacionadas con la enseñanza), el conocimiento disciplinar (estructura epistemológica, características socioculturales) y la epistemología del docente (creencias sobre el conocimiento y el saber, la construcción del conocimiento y del conocimiento de la evaluación).

Garritz y Trinidad Velazco (2004) consideran el CDC como una amalgama entre lo disciplinario y lo pedagógico, como un complejo que le permite al profesor desarrollar con éxito su trabajo de enseñanza, tener herramientas y criterios para seleccionar analogías, ejemplos y demostraciones para ayudar en la comprensión de los conceptos a los estudiantes. Garritz (2011) suma a este híbrido un nuevo componente: la afectividad, por lo que dice que como parte del CDC el maestro debe generar un clima de aula favorable para el aprendizaje.

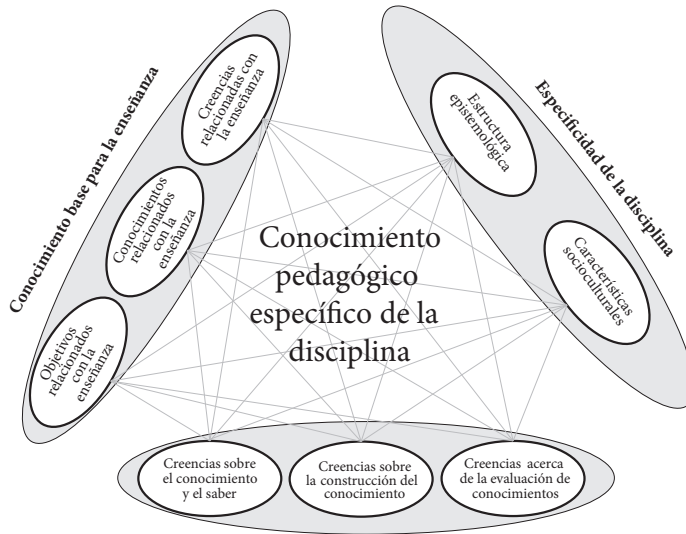


Figura 7.3. Modelo de Berthiaume.

Fuente. Berthiaume (2009).

Koehler y Mishra, 2006 (citados por Ortega y Perafán, 2012) basados en la propuesta de Shulman alrededor del PCK (CDC) argumentan la necesidad de integrar a este tipo de conocimiento producido por el profesor el conocimiento tecnológico, cuyo saber se fundamenta en el uso de diferentes recursos tecnológicos para facilitar la enseñanza y los procesos de aprendizaje, denominado *Pedagogical Technological Content Knowledge* (TPCK o TPACK), formado por el amalgamiento del conocimiento pedagógico, el conocimiento del contenido y el conocimiento tecnológico, tal como se ilustra en la figura 7.4.

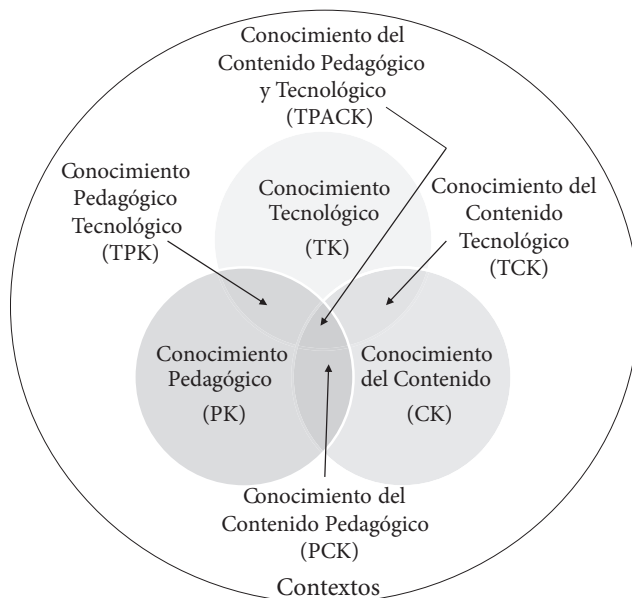


Figura 7.4. Componentes del TPACK.

Fuente. Tomado de <http://tpack.org>

Otros autores, como Park y Oliver (2008), consideran además de los cinco elementos tradicionales del CDC¹ la autoeficacia del profesor, referida como la capacidad de mejorar los resultados que obtienen los estudiantes y desempeñarse exitosamente en la enseñanza estratégica de determinados temas. Por lo tanto, para estos autores el modelo que mejor describe el CDC estaría representado en la figura 7.5, donde se muestra una interacción contextualizada de los seis referentes mencionados y la reflexión en la práctica planificada y evaluada metacognitivamente. Así, los docentes no son considerados receptores de información, sino creadores de conocimiento producto de la interacción de cada una de las dimensiones mencionadas y que solo se evidenciará en la medida en que se genere reflexión permanente antes, durante y después del trabajo desarrollado en las aulas de clase. Este CDC es

1 Visión y propósito de la enseñanza, conocimiento y creencias del currículo, del entendimiento estudiantil sobre tópicos específicos, sobre estrategias e instrucciones para la enseñanza y sobre la evaluación utilizada en ciencias contemplados por Magnusson, Krajcik y Borko, 1999 (citado por Garritz, 2011).

entonces un conocimiento particular, generado gracias a la transformación de los dominios del conocimiento, entre los cuales el conocimiento disciplinar es el eje central y las diferentes categorías interactúan simultáneamente alrededor de la práctica de aula, para dar origen a un nuevo conocimiento dinámico y que varía según el contexto de la misma. Estos saberes docentes son conocimientos prácticos, en acción, que se enriquecen con nuestro propio crecimiento profesional y que se podrán socializar, compartir y modificar.

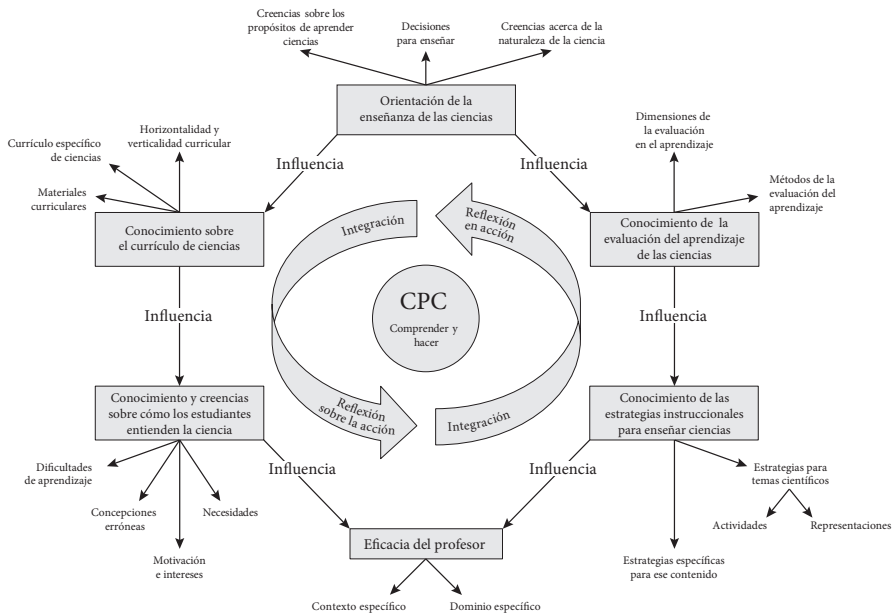


Figura 7.5. Modelo hexagonal del PCK (CDC) para la enseñanza de las ciencias.

Fuente. Park y Oliver (2008).

Aportes del CDC a la formación y el desarrollo profesional de los profesores de ciencias

A través de las investigaciones de Cruz (2011), Bolívar (2005), Medina y Jarauta (2011), Ortega y Perafán (2012), entre otros, se ha ido consolidando el trabajo que realiza el docente como profesional con un estatus epistemológico propio. Cruz (2011) hace un recuento histórico de las

investigaciones alrededor del conocimiento de los docentes, aclarando que el hecho de comprender las investigaciones actuales sobre el conocimiento docente implica conocer los trabajos realizados con anterioridad, sin que esto signifique que la construcción del conocimiento haya sido lineal; por el contrario, es necesario dejar en claro que ningún conocimiento parte de cero y que por el contrario conocer los paradigmas anteriores a las actuales investigaciones permite reflexionar y resignificar dichas prácticas a la luz de los paradigmas teóricos vigentes.

Las primeras investigaciones sobre conocimiento del profesor surgen bajo el paradigma de “proceso-producto” (conductismo), enmarcadas bajo una visión positivista, en la que se caracterizaba la conducta del docente en el aula (proceso) y se relacionaba con los resultados de aprendizaje de los estudiantes (producto). Si los resultados obtenidos eran positivos, eran evidencia de una enseñanza eficaz (Sacristán citado por Cruz, 2011). Se establecía así una relación lineal y causal que influyó en la formación docente, la cual estuvo direccionada a brindar a los profesores estrategias y habilidades para desempeñarse en el aula de clase, aspecto que no respondía a las necesidades de la práctica. Esto llevó a proponer investigaciones sobre los procesos cognitivos y el pensamiento del profesor de tal manera que se pudiera evidenciar la influencia de estos procesos en el comportamiento docente, su sistema de creencias y su forma de planificar la clase (Carter citado por Cruz, 2011).

Otras líneas de investigación, de corte cualitativo, son las que se centran en el conocimiento del experto, que conducen a algunos investigadores a plantear que el conocimiento del profesor era un criterio para valorar la enseñanza efectiva, interpretación reduccionista (Carter citado por Cruz, 2011). Otras investigaciones se orientaron por la vida dentro de las aulas, hasta centrarse en las basadas en la comprensión del conocimiento propio de la práctica docente, donde el interés pasa de querer caracterizar los conocimientos necesarios para una docencia eficaz a la comprensión de los saberes de los docentes desde su propia práctica. Un ejemplo es el trabajo

desarrollado por Connelly y Clandinin (1985), quienes se interesan por el conocimiento de los docentes frente a las circunstancias prácticas en las que se desenvuelven.

En la década de los 80 surge una línea de investigación que se sigue desarrollando en la actualidad, el PCK (*Pedagogical Content knowledge*) propuesto por Shulman (1987). Este autor plantea la necesidad de indagar sobre el desarrollo del conocimiento del docente en la enseñanza, conocido actualmente como conocimiento didáctico del contenido (CDC) y conceptualizado como un constructo que describe la capacidad de un docente para transformar pedagógicamente el conocimiento del contenido disciplinar que posee, en formas y estructuras comprensibles para los estudiantes (Bolívar, 2005; Grossman, 2005; Marcelo, 2009; Shulman, 2005).

Las conexiones entre el conocimiento de la materia y los didácticos del profesor permiten la transformación del contenido para su enseñanza, es decir, la transposición didáctica del contenido (Chevalar citado por Acevedo, 2009).

La investigación de Medina (2013) permite conocer las manifestaciones del CDC en las prácticas de enseñanza, y cómo a partir de la reflexión se logra el desarrollo profesional del docente. En el mismo trabajo se evidencia cómo a través de la observación de los expertos se determina que uno de los recursos que utilizan los docentes expertos son las analogías y los ejemplos. Esto puede dar lugar a problemas de concepciones alternativas cuando el estudiante no percibe la analogía como ayuda de aprendizaje y por lo tanto se queda con ella. También se hace evidente la comprensión que los docentes tienen del conocimiento, el cual influye en el modo de secuenciar y presentar los diferentes temas de una asignatura, así como las estrategias y dinámicas que utiliza en el aula.

Consideraciones finales

Para lograr un desarrollo profesional, de acuerdo con los planteamientos de Imbernon (2013), se debe garantizar un proceso de formación de docentes que se ajuste a las necesidades y exigencias del siglo XXI, donde los formadores de docentes realicen propuestas y programas que permitan la construcción y reconstrucción permanente de los conocimientos de los docentes, donde se construyan alternativas de aprendizaje como pares académicos, donde la universidad garantice a la escuela profesionales capaces de superar las brechas existentes entre los docentes que investigan y los que realizan la práctica escolar, donde se generen nuevos conocimientos didácticos y formas alternativas de resolver problemas contextualizados. Es decir, se debe plantear espacios de formación permanente de docentes, libres de intereses particulares o de direccionamiento externo, para que el docente en el contexto de su práctica profesional y laboral desarrolle nuevas estrategias y planteamientos curriculares que les permitan mantener un diálogo horizontal con sus pares académicos, con los estudiantes y con las problemáticas propias del mundo globalizado. Así, el profesor podrá ser un investigador y constructor crítico de su propio CDC.

Abell, 2008 (citado por Garritz, Daza y Lorenzo, 2014) afirma que el CDC no solo es importante para hacer una investigación educativa, sino que es un insumo útil para los formadores de formadores, quienes al conocer el tipo de conocimiento que ponen en juego los buenos profesores cuando planean y desarrollan el trabajo en el aula suministran información valiosa para definir metas de programas y cursos para preparar nuevos profesores o para favorecer su desarrollo profesional.

Lo anterior permite afirmar que la formación de profesores es uno de los pilares del desarrollo de la sociedad, ya que al tener docentes creativos, con capacidad de decisión, reflexivos, críticos, humanos, investigadores y soñadores estos pueden proponer y generar nuevas estrategias de aprendizaje, nuevas formas de organización social con

capacidad transformadora, propositiva y activista frente a los problemas que afronta la sociedad actual. Para ello es necesario que los formadores de formadores también planteen nuevas alternativas, nuevas investigaciones encaminadas a articular los resultados de investigaciones del CDC con los de formación de docentes para promover así el desarrollo profesional de los mismos y resignificar la labor del profesorado de la escuela.

Sin embargo, no basta con conocer o develar el CDC de los docentes cuando realizan el trabajo práctico del aula. No se debe olvidar la trayectoria a través de la cual el profesorado ha construido sus conocimientos, el contexto en el que desarrollaron sus prácticas de enseñanza, ya que al ser prácticas sociales se inscriben en una institución que las condiciona y al mismo tiempo las determina, bien sea por las políticas externas de las que tiene que dar cuenta o por las que ha creado localmente. Además, los docentes como sujetos tienen sus propios intereses, ocupan una determinada posición en el área de trabajo, en la escuela misma y se realizan con otros docentes que también tienen intereses particulares, es decir que están mediadas por las condiciones institucionales y sociales en las que se han consolidado sus trayectorias de vida y de trabajo.

Se trata de revisar, junto al profesorado, las razones y motivos que orientan sus actuaciones en el aula, ayudándoles a hacer explícito aquello que saben, intuyen o anhelan para buscarlo, transformarlo o intensificarlo. En definitiva, prácticas de formación que potencien el desarrollo de la dimensión intelectual de la docencia y la adquisición de capacidades de reflexión y análisis, que conduzcan a una mayor comprensión de la propia práctica docente y del contexto científico, social y cultural en el que se desarrolla. (Jarauta y Medina, 2012, p. 196).

Investigaciones del CDC en el campo tecnológico mencionan la importancia de utilizar la tecnología como medio de especialización de manejo de contenidos que favorecen la parte disciplinar y la investigación. Desde el planteamiento de los modelos CDC y TPACK se ha encontrado que los

docentes al participar en propuestas de formación en torno a contenidos, métodos y herramientas del campo disciplinar, reflexionan sobre el contenido mismo, conocen nuevos materiales, equipos y formas de abordar temáticas tradicionales. De otro lado, al posibilitar el abordaje de cuestiones de frontera, tales como los aspectos socio-científicos, le permiten al docente cuestionarse sobre sus propios conocimientos y asumir una postura crítica frente a la información presentada por los medios masivos de comunicación, lo cual se devela al seleccionar el material que utilizan en el diseño de los recursos tecnológicos.

Referencias

- Abell, S. (2008). Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Álvarez, C. (2008). *La relación teoría-práctica en la enseñanza y el desarrollo profesional docente. Un estudio de caso en primaria*. (Tesis doctoral). Universidad de Oviedo. España.
- Alvarado-Zamora, C.; Mellado, V. y Garritz, A. (2013). Dificultades en el aprendizaje de acidez y basicidad y el conocimiento didáctico del contenido de profesores mexicanos de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, pp. 107-112. Disponible en: http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_539.pdf
- Ariza, L. y Parga, D. (2011). Conocimiento didáctico del contenido curricular para la enseñanza de la combustión. *Educación Química*, 22(1), 45-50.
- Bernal, I. (2012). *El conocimiento profesional del profesor de ciencias. Estudio sobre el conocimiento disciplinar en futuros profesores de Biología* (pp. 25-43). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ballenilla, F. (2003). *El practicum en la formación inicial del profesorado de ciencias de Enseñanza Secundaria. Estudio de caso*. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla.

- Berthiaume, D (2009). Teaching in the disciplines. En F. Heather, S. Ketteridge y S. A. Marshall, (eds.). *Handbook for teaching and learning in higher education. Enhancing academic practice* (pp. 215-225). 3rd. edition. Nueva York London: Routledge. Taylor And Francis Group.
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Revista de Currículum y Formación del profesorado*, 9(2), 1-35. Disponible en: <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART6.pdf>
- Connelly, M.; Clandinin J. D. y He, M. (1997). Teachers' personal practical knowledge on the professional knowledge landscape. *Teaching and Teacher Education*, 13(7), 665-674.
- Cruz, L. (2011). *El conocimiento práctico docente del profesor universitario en su interrelación con el marco epistemológico personal*. (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona, España.
- Drechsler, M. y Van Driel, J. (2008). Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid-base chemistry. *Research in Science Education*, 38(5), 611-631.
- Espinosa-Bueno, J.; Labastida-Pina, D.; Padilla-Martínez, K. y Garritz, A. (2011). Pedagogical Content Knowledge of Inquiry: An instrument to assess it and its application to high school in-service science teachers. *Education Review*, 8(5), 599-614.
- Garritz, A. (2011). Conocimiento didáctico del contenido. Mis últimas investigaciones: CDC en lo afectivo, sobre estequiometría e indagación. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 30, 68-81.
- Garritz, A. y Talanquer, V. (2012). Las áreas emergentes de la educación química: naturaleza de la química y progresiones de aprendizaje. *Educación Química*, 23(3), 328-330.
- Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido, *Educación Química*, 15(2), 98-101.
- Garritz, A.; Lorenzo, M. y Daza S. (2014). *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Academia Española.

- Giroux, H. (1990). Los profesores como intelectuales transformativos. En H. Giroux, P. Freire, I. Arias y MacLaren (1990). *Los profesores como intelectuales: hacia una pedagogía crítica del aprendizaje* (pp. 171-178). Barcelona: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación de Ciencia.
- Henze, I.; Van Driel, J. y Verloop, N. (2007). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 37(2), 99-122.
- Loughran, J.; Mullhall, P. & 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*, 41(4), 370-391.
- Imbernon, F. (1994). *La formación y el desarrollo profesional del profesorado. Hacia una nueva cultura profesional*. Barcelona: Graò.
- Imbernon, F. (2011). Un nuevo desarrollo profesional del profesorado para una nueva educación. *Revista de Ciencias Humanas*, 12(19), 75-86.
- Imbernon, F. y Canto, P. J. (2013). La formación y el desarrollo profesional del profesorado en España y Latinoamérica. *Sinéctica*, 41. Recuperado de <http://www.sinectica.iteso.mx/?revista=41&lang=es&seccion=articulos>
- Jarauta, B. y Medina, J. L. (2012). Saberes docentes y enseñanza universitaria. *Estudios sobre educación*, 22, 179-198.
- Justi, R. y Gilbert, J. (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.
- Marcelo, C. (1992). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre conocimiento didáctico del contenido. Ponencia presentada al Congreso "Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado", Santiago, 6-10 de julio.
- Medina, J. y Borrascas, B. (2013). Análisis del conocimiento didáctico del contenido de tres profesores universitarios. *Revista de Educación*, 360, 600-623.
- Mora, W. y Parga, D. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto aprendizaje, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81.

- Mosquera, C. J. (2008). La didáctica de las ciencias. Fundamento del conocimiento profesional de los profesores de ciencia. *Electrónica el Educador*, 16-18.
- Ortega, J. y Perafán, G. (2012). Algunas tendencias en la investigación sobre el conocimiento profesional docente: antecedentes y estado actual de la cuestión. *Revista EDUCYT*, número extraordinario. Disponible en: <http://dintev.univalle.edu.co/revistasunivalle/index.php/educyt/article/view/2158>
- Parga, D. L.; Mora, W. y Martínez, L. (2009). El conocimiento didáctico del contenido como programa de investigación: un contexto para la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario, 3146-3149.
- Parga, D. L. y Mora W. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: Conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación Química*, 25(3), 332-342.
- Parga, D. L. y Pinzón, Y. (2014). El currículo del programa de formación de profesores en la interfaz universidad-escuela. En L. Martínez, y D. Parga, (edit). *Formación permanente de profesores en la interfaz universidad-escuela: currículo, fundamentos y roles. Una experiencia en construcción*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers' professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Pérez, A. I. & Gimeno, J. (1988). Pensamiento y acción en el profesor: de los estudios sobre la planificación al pensamiento práctico. *Infancia y Aprendizaje*, 11(42), 37-63.
- Shulman, L. S. (1986/2005).): El saber y entender de la profesión docente. *Estudios Públicos*, 99, 195-224.
- Shulman, L. S. (1987/2005). Conocimiento y enseñanza: fundamento de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 9(2). Disponible en: <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART1.pdf>.
- Shulman, l. (1992). Renewing the pedagogy of teacher education: The impact of subject specific conceptions of teaching. Ponencia presentada en el Simposio sobre Didácticas Específicas en la Formación de Profesores, Santiago de Compostela.

- Talanquer, V. (2014). Razonamiento pedagógico específico sobre el contenido (RPEC). *Educación Química*, 25(3), 391-397.
- Valbuena, E. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico. Estudio de las concepciones disciplinarias y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid.
- Varcárcel, P. y Sánchez G. (2000). La formación del profesorado en ejercicio. En F. Perales y P. Cañal (dir.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. España: Marfil.

Autores

Blanca Rodríguez

Licenciada en Química por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), magíster en Modelos de Enseñanza Problémica por la Universidad INCCA de Colombia (UNINCCA), especialista en Edumática por la Universidad Cooperativa de Colombia, técnica profesional en Alimentos (SENA), ingeniera de Alimentos (UNAD). Doctoranda del programa de Doctorado Interinstitucional en Educación en Enseñanza de las Ciencias (DIE-UPN). Actualmente es coordinadora de la jornada nocturna del Colegio Distrital de Bogotá IED-CEDID Guillermo Cano Isaza, y docente catedrática de la UPN, donde orienta espacios académicos en Pedagogía y Didáctica de la Química con enfoque en ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA) y cuestiones sociocientíficas (CSC) y Química Analítica. Orienta trabajos de grado en temas relacionados con la formación inicial y continuada de profesores en la interacción universidad-escuela. Es integrante del grupo de investigación Alternancias.

Diana Lineth Parga Lozano

Es licenciada en Biología y Química por la Universidad del Tolima. Magíster en Docencia de la Química por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

Doctoranda del programa de pós - graduação de Educação em ciências en la *Universidade Estadual Paulista: UNESP*, Júlio de Mezquita Filho em Bauru, SP, Brasil. Es profesora asociada en carrera docente en los programas de pregrado y posgrado del Departamento de Química de la UPN (Licenciatura en Química y Maestría en Docencia de la Química). Actuó como autora y editora de libros de texto de ciencias naturales (biología y química), como coordinadora de la Maestría en Docencia de la Química hasta febrero de 2015 y como editora de la revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología *Tecné, Episteme y Didaxis (TED)* hasta el mismo periodo. Su experiencia docente, investigativa y en publicaciones ha estado en el campo de la didáctica de la química en las líneas del conocimiento didáctico del contenido curricular, CTSA, e historia y epistemología de la química con el grupo Alternancias.

Jonatan López Castillo

Licenciado en Química y magíster en Docencia de la Química por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Actualmente es profesor catedrático del Departamento de Química de la UPN e instructor del Servicio Nacional de Aprendizaje. Hace parte del equipo de apoyo técnico editorial de la revista *Tecné, Episteme y Didaxis* y del equipo de coordinación del Programa de Desarrollo de Liderazgo de Compassion International a nivel nacional. Cuenta con experiencia y publicaciones en la enseñanza de las ciencias experimentales, en relación con el diseño curricular, la formación de profesores en química, el enfoque por investigación y CTSA.

Leidy Gabriela Ariza Ariza

Licenciada en Química por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, magíster en Docencia de la Química por la Universidad Pedagógica Nacional. Es candidata a Doctora en Educación Ambiental por la Universidade Federal de Rio Grande (Brasil), becaria de la OEA (Organización

de Estados Americanos). Profesora e investigadora en los campos de la didáctica de la química, formación de profesores y educación ambiental. Actualmente es integrante de los grupos de investigación Alternancias, Didaquim en Colombia y en Ceamecim en Brasil.

Leonardo Fabio Martínez Pérez

Licenciado en Química y magíster en Docencia de la Química por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Doctor en Educación en Ciencias por la Universidade Estadual Paulista, (UNESP), Brasil. Actualmente es profesor de planta del Departamento de Química de la UPN y coordinador del grupo Alternancias. Actúa como docente e investigador del programa de Licenciatura en Química, del programa de Maestría en Docencia de la Química y del Doctorado Interinstitucional en Educación. Editor de la revista *Tecné, Episteme y Didaxis* de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPN. Tiene experiencia y publicaciones nacionales e internacionales en el área de enseñanza de las ciencias en los temas del enfoque CTSA, la formación de profesores, las cuestiones sociocientíficas, la argumentación y la epistemología de las ciencias.

Raquel Jurado Arcos

Es licenciada en Química y magíster en Docencia de la Química por la Universidad Pedagógica Nacional. Actualmente es profesora de la Secretaría de Educación del Distrito. Tiene experiencia en la enseñanza de las ciencias y de la química a nivel de educación media.

Yolanda Gómez Poveda

Es licenciada en Química y magíster en Docencia de la Química por la Universidad Pedagógica Nacional. Especialista en Docencia de la Química de la Pontificia Universidad Javeriana. Actualmente es profesora de la

Secretaría de Educación, en el cargo de coordinadora en el Colegio Fernando Soto Aparicio. Tiene experiencia en la enseñanza de la ciencias a nivel de educación básica.

William Manuel Mora Penagos

Licenciado en Química y magíster en Docencia de la Química por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Especialista en Análisis Orgánico Estructural por la Pontificia Universidad Javeriana. Es magíster y doctor en Educación Ambiental por la Universidad de Sevilla, España. Profesor asociado de tiempo completo en la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales y en el Doctorado Interinstitucional en Educación (DIE) de la Universidad Distrital (UD) Francisco José de Caldas. Ha sido coordinador del Comité Institucional de Currículo en esta universidad y actualmente es coordinador del énfasis en Educación en Ciencias del DIE-UD. Integran- te de los grupos de investigación Didaquim (UD) y Alternancias (UPN). Su experiencia docente, investigativa y en publicaciones, se ha desarrolla- do en el campo de la didáctica de la química en las líneas del conocimiento didáctico del contenido curricular, historia y epistemología de la química; como también en el campo de la educación ambiental, en las líneas sobre ambientalización del currículo en la educación superior e inclusión de la dimensión ambiental en la educación en ciencias.

Índice temático

A

Alfabetización científica, 68

C

Cambio, 27, 32, 39, 49, 58, 63, 65-68, 73, 83-85, 87-92, 100, 116, 125, 130, 141, 142-143, 151, 157, 160, 165, 188

físico, 82, 88

químico, 73, 82, 88- 92, 100, 130, 143, 144, 148, 149, 152

Concepto(s), 9, 11, 13, 17-20, 28, 29, 32, 35, 37-41, 48, 49, 55-57, 63, 65, 66, 70- 74, 82, 83, 93, 94, 97, 98, 100, 106, 108, 109, 113, 118, 125-133, 135-137, 140, 141, 143, 145, 150, 152, 156, 162, 166, 179, 180, 181, 183, 189, 190

de combustión, 19, 82, 83, 93-95, 181,

de estructura, 20, 97-105, 113, 116, 118, 120, 128

de la química, 72, 127

Conocimiento(s)	
científico,	19, 36, 39, 56, 83, 97, 127, 171, 184, 189
contextual escolar,	163
cotidiano,	45, 56, 57, 141, 171
curricular,	36, 37
de la materia,	36, 38, 44, 195
del contenido temático,	36, 37
del contexto,	9, 19, 20, 37, 38, 47, 57, 69, 103, 108, 116, 117, 126, 129, 132, 137, 139, 142, 155, 156, 160, 161, 163, 164, 168, 180, 181
didáctico,	9, 17, 18, 20, 23, 24, 26, 31, 33, 35, 49, 55, 56, 63, 81, 83, 125, 127, 128, 133, 152, 155, 168, 179, 188, 189, 195
disciplinar,	9, 11, 12, 19, 43, 47, 50, 57, 60, 69, 70, 101, 103, 108, 109, 112, 119, 126, 129, 130, 131, 137, 139, 141, 142, 150, 151, 161, 189, 190, 193
específicos del profesor,	159
epistemológico,	44, 57
metadisciplinar,	57, 62, 64, 106, 181
pedagógico,	36, 43, 45, 58, 62, 69, 83, 159, 184, 191, 192
pedagógico del contenido,	24, 36, 41, 128, 179, 181, 189
pedagógico general,	37, 38
profesional del profesorado,	44, 57, 61, 62, 64, 74
psicopedagógico,	9, 19, 60, 101, 103, 106, 108, 109, 112, 120, 129, 131, 137, 139, 142
tecnológico,	191, 192
Construcciones pedagógicas	
del profesorado,	43

Contenido(s),	
científico(s),	44, 58, 181
curricular,	20, 126, 128
curricular didáctico,	62
curricular en química,	24, 26, 49, 128
temático,	36, 37, 38
de enseñanza,	27, 29-31, 33, 36, 39, 46, 59, 62, 97, 101, 105, 110, 114, 116-118, 130, 188
de la química,	23, 27, 50
didáctico(s),	61-63, 128
pedagógico(s),	62, 192
Criterios etnometodológicos,	24
Didáctica,	
de la química,	24, 49, 72, 99
de las ciencias,	25, 26, 38, 44, 46, 81, 120, 171
de los contenidos curriculares en química,	29, 49, 125, 129
Discontinuidad de la materia,	20, 125, 126, 129, 130-133, 135-138, 140, 141, 143, 145, 150- 152
Diseño curricular,	18, 20, 23, 25, 27, 30-32, 45, 47, 48, 57, 60, 66, 71, 72, 101, 104, 106, 109-113, 130, 156, 161, 163, 166-168, 170-174
Docente en ejercicio,	125
Dominio,	37, 41, 44, 57, 83, 156, 160, 161, 165, 167, 172, 190
científico,	168
personal,	168, 171-174
profesional,	161, 168, 169, 171-173
social,	168, 169, 171-173

E

Enfoque metodológico,	24
Enseñanza,	9-11, 14, 18-20, 28-31, 33-43, 45, 47-49, 56, 59, 60-63, 65, 66, 69-71, 73-75, 81, 82, 93-95, 97, 98, 101, 103, 105, 110-112, 114, 116-118, 125-133, 135, 136, 139, 142, 150, 151, 155-159, 161, 162, 164-166, 168, 169, 171-173, 175, 179-181, 184-186, 188-192, 194, 195, 197
de la combustión,	19, 81, 84, 128
de la química,	19, 20, 40, 57, 72, 74, 97, 99, 100, 104, 108, 111, 115, 116, 126, 128, 139, 169, 171, 173
de la(s) ciencia(s),	11, 20, 38, 41, 42, 44, 59, 69, 75, 110, 155, 180-182, 189, 193
Entorno cognitivo,	164, 165
Epistemología,	24, 26, 44, 45, 57, 58, 72, 75, 108, 115, 120, 139, 141, 180, 184, 186, 188, 190
de la química,	25, 46, 47, 97, 98, 99, 120
de la(s) ciencia(s),	30, 61, 75, 115

F

Formación docente,	14, 32, 61, 182, 183, 184, 187, 188, 194
--------------------	--

I

Integración didáctica,	39, 47, 50, 71
Investigación didáctica,	25, 29, 33, 46, 49, 125, 129, 155, 163, 172

M

Métodos de enseñanza,	38
Modelo(s),	27, 30, 31, 36, 40, 48, 49, 56, 58, 65, 66, 69, 72-74, 84-87, 89, 90, 104, 106, 113, 115, 126, 129, 131, 134, 135, 137, 138, 140- 143, 151, 152, 156, 158, 162, 165, 166, 171, 173, 181, 182, 184, 186, 188, 191- 193, 197
atómicos,	20, 126, 130-133, 150-152
didáctico(s),	62, 63, 65

N

Naturaleza de las ciencias,	42, 44
Noción de dominio,	163, 174

P

Práctica,	10-14, 20, 21, 29, 36, 37, 40, 42, 44, 46, 48, 59, 61, 71, 81, 134, 136, 137, 140, 141, 152, 157, 159, 165, 166, 168, 171-174, 179, 180, 182-188, 192-194, 196, 197
pedagógica,	25-27, 46, 169
profesional,	20, 37, 49, 59, 161, 174, 180, 196
Procesos de aprendizaje,	157, 166, 167, 191
Profesorado,	18, 19, 21, 23-25, 27, 30-35, 43-48, 50, 57- 72, 74, 81, 93, 97-99, 106, 109, 116, 119, 127, 129, 130, 150, 158, 169, 181, 183, 185, 187, 188, 197
de ciencias,	45, 60, 179
de química,	18, 24, 45, 81, 93, 106

Profesor(es),	9, 10, 11, 13, 14, 17, 18-21, 23, 25, 26, 31, 36-42, 44-50, 55-57, 59-62, 65-67, 69-72, 75, 81-83, 93-95, 97-100, 109, 117, 119, 127, 128, 155, 157-160, 163, 164, 166-168, 170-174, 179-196
de ciencias,	12, 18, 40, 58, 82, 152, 182, 193
en formación inicial,	26, 46, 70, 71, 72, 83, 128
Q	
Química orgánica,	20, 40, 56, 73, 97-105, 108, 110-113, 115, 116, 118-120, 128
R	
Reflexión epistemológica,	44
S	
Saber(es),	12, 17, 29, 31, 34, 35, 39, 44, 45, 50, 57, 65, 67, 97, 98, 109, 110, 112, 118, 130, 139, 142, 152, 155, 156, 158- 167, 169, 171, 173, 174, 182, 189, 190, 191, 193, 194
contextual,	160, 168
experienciales,	160
Sociología de las ciencias,	44, 45
T	
Teoría(s),	19, 25, 27, 32, 38, 44, 48-50, 65, 66, 70, 72, 74, 82-87, 92, 94, 97-100, 103, 106, 108, 109, 111-116, 118-120, 127-129, 131, 133, 134, 136, 141, 146-150, 184, 185
dual,	20, 27, 46, 56, 98-101, 103, 104, 106, 112, 113, 115, 118

estructural,	20, 25, 48, 97-100, 106, 112, 120, 128
unitaria,	20, 98-100, 106, 115
del flogisto,	19, 81, 94
del oxígeno,	19, 81, 84, 88-92, 94
implícitas,	160, 185, 186
precuántica,	125, 126, 129, 145-149
Trama(s),	13, 19, 23, 28, 31, 32, 35, 46-48, 50, 58, 71-74, 93, 100, 108, 128, 145-149
conceptual evolutiva,	32, 129, 137, 138, 140, 143
conceptual(es),	11, 12, 23-28, 30, 33, 46, 49, 70, 74, 99, 120, 127-129, 132, 137, 138, 140, 143
didáctica de la combustión,	81
didáctica(s),	18, 20, 28, 32, 73, 83, 84, 88, 93, 100, 125, 128, 129, 133-135, 137, 140, 141, 143, 145
disciplinares,	73
histórico-epistemológicas,	18, 19, 25, 32, 59, 73, 83, 100, 125, 128, 133
Transposición didáctica,	39, 40, 45, 57, 58, 195

Índice onomástico

A

Alvarado-Zamora, C.,	180
Álvarez, C.,	184-186
Alzate, M.,	129
Anderson, L. M.,	158
Ariza, L.,	46, 56, 73, 81, 128, 181
Astolfi, J. P.,	27-29, 31, 127

B

Barnett, J.,	61
Benarroch, A.,	126, 128
Bensaunde, V.,	30
Berry, A.,	10, 56, 61, 127, 133, 180
Berthiaume, D.,	190, 191
Boesdorfer, S.,	42, 56
Böhr, N.,	87, 144, 145
Bonache-Pérez, J.,	26

C

Cabrera-Castillo, H.,	93
Campanario, J. M.,	33, 34
Cardona, M.,	102, 135

Carvajal, L.,	32, 100
Chevallard, I.,	39, 58
Chinn, P. W.,	68
Cochran, K. F.,	39, 61
Colasurdo, V.,	82
Corio, P.,	55, 56
Crespo, M. A.,	82
Cruz, L.,	179, 188, 193, 194

D

Dalton, J.,	86, 126, 130, 142, 143, 145-149
Daza, R.,	10, 55, 196
De Jong, O.,	41, 56, 82, 168
De Ruitter, J. A.,	39
De Vos, W.,	38, 61
Dewey, J.,	156
Dolfing, R.,	56
Domínguez, C.,	129
Doyle, W.,	157
Drechsler, M.,	10, 56, 181

E

Emmer, E. T.,	158
Espinosa-Bueno, J.,	181
Estany, A.,	83, 84, 125, 129, 134, 142
Everston, C.,	157, 158

F

Farré, A.,	55, 56, 98
Fernández, C.,	55, 56, 71, 107, 137
Flick, U.,	26
Freire, L. I.,	55
Furió, C.,	82, 129

G

Galagovsky, L.,	82
García Díaz, E.,	31, 32, 39, 44, 45, 58,71
García Martínez, A.,	28, 35, 44
Garritz, A.,	9, 10, 17, 24, 36-40, 55, 56, 82, 127, 129, 162, 180, 181, 190, 192, 196
Gess-Newsome, J.,	9, 13, 40
Gilbert, J.,	87, 181
Giroux, H.,	31, 185
Goes, L. F.,	55
Good, T. L.,	157
Grasselli, M.,	82
Grossman, P.,	39, 159, 180, 190, 195

H

Henze, I.,	181
Hernández , S.,	107, 137
Hilarión, D.,	100
Hodson, D.,	61

I

Imbernon, F.,	183, 184, 196
Idoyaga, I.,	56
Izquierdo, A.,	18, 44, 161

J

Jackson, P. W.,	158
Jarauta, B.,	193, 197
Jensen, W. B.,	33, 73, 161
Jurado, R.,	56, 97, 128, 205
Justi, R.,	181

K

King, R. A.,	39
Kossel, S.,	87
Kounin, J. S.,	158

L

Labastida-Pina, D.,	181
Largo, G.,	100
Lavoisier, A.,	19, 83-86, 89
Leal, S. H.,	55
Lederman, N.,	10, 36, 38, 40, 43
Lewis, G.,	87, 115
Llinares, S.,	160
Lorenzo, M.,	10, 55, 56, 196
Lorsbach, A.,	42, 56
Loughran, J.,	10, 56, 61, 127, 133, 155, 180

M

Marcelo, C.,	189, 195
Martín del Pozo, R.,	33
Mavhunga, E.,	56
Maximiano, F.,	56
Medina, J.,	193, 195
Mellado, V.,	18, 180,
Montaño, J.,	97
Mora, W.,	18, 28, 32, 35, 44, 46, 56-58, 60, 62, 64-66, 69, 72, 73, 100, 103, 105, 106, 125, 126, 128-132, 135, 143, 155, 161, 171, 181, 182, 187, 206
Morales, L.,	82
Mosquera, C.,	28, 34, 35, 44, 125-127, 129, 134, 142, 186
Mulhall, P.,	10, 56, 61, 127, 133, 180

N

Nugent, J., 61

O

Oliver, J. S., 180, 192, 193,

Orrego, C., 42, 44

Ortega, J., 191, 193

P

Padilla, K., 10, 55, 180

Padilla-Martínez, K., 181

Parga, D. L., 18, 28, 32, 44, 46, 48, 56-58, 60, 62, 64- 66, 69,
73, 81, 97, 99, 100, 103, 105, 106, 127, 132,
135, 143, 155, 161, 171, 181, 182, 187, 203

Park, S., 180, 192, 193

Pauling, L., 87

Perafán, G., 160, 191, 193,

Pérez, A., 159, 185

Pinzón, Y., 187

Piraban, M., 97

Ponce de León, A. M., 10, 55

Porlán, R., 31, 32, 39, 44, 45, 58, 160

Porto, P. A., 56

Pozo, J., 82, 83, 126, 129, 130, 133

Pozuelos., 127

R

Rembado, F. M., 10, 55

Reyes, F., 56, 82, 127

Rivero, A., 31, 32, 39, 44, 45, 58, 160

Rodríguez, F., 32, 71

Rollnick, M., 10, 56

Rutherford, E., 143, 145

S

Sánchez, G.,	44, 127, 182
Sanmartí, N.,	34
Shipman, V.,	158
Shulman, L. S.,	9, 24, 36-38, 43, 49, 61, 127, 159, 179, 180, 188, 189, 190, 191, 195
Stamati, N.,	82
Strübe, M.,	56
Sumfleth, E.,	56

T

Talanquer, V.,	9, 10, 12, 13, 17, 181
Tamayo, A. O.,	42, 44
Tepner, O.,	56
Thompson, J.,	11
Torres, L.,	32, 34, 100, 128, 162
Trinidad-Velasco, R.,	9, 36-40
Tröger, H.,	56

V

Valcárcel, M.,	44, 127
Van Driel, J.,	10, 38, 41, 56, 61, 180, 181
Vargas, M.,	56, 127
Veal, W. R.,	38
Verloop, N.,	38, 56, 61, 181
Vigotski, L.,	30
Villamizar, D.,	81, 128
Villaveces, J.,	126

Este libro se imprimió en los talleres de
Xpress Estudio Gráfico y Digital S. A.
con un tiraje de 200 ejemplares.

Este libro es una compilación de las investigaciones realizadas en la Universidad Pedagógica Nacional por el grupo Alternancias, en la línea del conocimiento didáctico del contenido. Se pone de presente que el profesor de hoy es un profesional —que enseña e investiga— que necesita reflexionar y actuar sobre lo que piensa —sus creencias y saberes— y sobre lo que hace. Precisamente, estos son aspectos fundamentales que el conocimiento didáctico del contenido (cdc) nos plantea. El cdc trata sobre la enseñabilidad de un contenido, se manifiesta de distinta manera en cada docente cuando enseña este de forma particular; es, además, un marco general para la investigación, para el diseño curricular, la elaboración de materiales de enseñanza y la formación inicial y permanente del profesorado de química.

Este libro presenta investigaciones y acciones realizadas por profesores frente a su cdc: unas que permiten comprender su naturaleza, las formas en las que lo hemos caracterizado y recomendaciones que el profesorado puede considerar para comprender su propio cdc. De acuerdo con lo anterior, se plantean principios conceptuales basados en tramas histórico-epistemológicas, tramas didácticas, unidades didácticas y referentes internacionales y nacionales que permiten comprender los fundamentos generales del cdc. Se explica cómo va evolucionando este modelo hacia unas características centradas en los principios del pensamiento complejo y sistémico.

Se presentan, asimismo, los aspectos que tienen en cuenta los profesores de química en ejercicio cuando seleccionan y diseñan los contenidos para enseñar conceptos como *combustión*; *estructura* en química orgánica y *discontinuidad de la materia*. Por último, presenta la caracterización del conocimiento del contexto escolar, e identifica su desarrollo histórico y el grado de articulación con los procesos de diseño curricular y las propuestas de enseñanza basadas en el contexto.

Colección Perspectivas Didácticas

ISBN 978-958-8908-34-2



9 789588 908342