

El PCK, un espacio de diversidad teórica: Conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química

Diana Lineth Parga Lozano¹ y William Manuel Mora Penagos²

ABSTRACT (The PCK, a scenario of theoretical diversity: Concepts and unifying experiences on teaching contents in chemistry)

This article attempts to show that international literature on PCK research shows a great theoretical diversity that far from generating unanimity, seems to be generating tensions, and in some cases lack of clarity that leads to unsuccessful research results. From a brief analysis of this situation, an alternative conceptual basis articulator on Pedagogical Content Knowledge (PCK) is proposed, and its operation is shown with concrete examples of content teaching for chemistry. These examples reinforce some basic agreements in which the PCK can produce a general framework for curriculum design, development of teaching materials, initial training and continuing teacher education.

KEYWORDS: PCK, CDC, transposition, transformation and integration didactic, training chemistry teacher

Resumen

Este artículo intenta mostrar que en la literatura internacional la línea de investigación sobre el PCK sigue siendo un espacio de gran diversidad teórica que lejos de generar unanimidad parece estar generando tensiones y en algunos casos falta de claridad, que hagan fecundos muchos de los resultados de investigación. A partir de un breve análisis de esta situación, se propone una alternativa conceptual básica y articuladora, en torno al Conocimiento Didáctico de Contenido (CDC), mostrando su funcionamiento en ejemplos concretos de contenidos de enseñanza de la química, que refuerzan algunos acuerdos básicos en el que el CDC puede generar un marco general para el diseño curricular, la elaboración de materiales de enseñanza y la formación inicial y permanente del profesorado.

Palabras clave: CDC, PCK, transposición, transformación e integración didáctica, formación del profesorado de química

Algunas dificultades y potencialidades asociadas al PCK

El PCK se ha convertido en una forma de entender la compleja relación entre pedagogía 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 PCK se acepta como una forma dinámica de conocimiento que está en constante evolución y expansión como alternativa a otras formas de entender el conocimiento del profesorado cuando planifica, implementa y reflexiona sobre la enseñanza y el aprendizaje.

Para los investigadores en educación, el PCK se ha vuelto 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, es cada vez más evidente, por la cantidad creciente de artículos publicados, que muchas interpretaciones sobre la composición, construcción, evaluación, desarrollo y contexto de aplicación, siguen siendo polémicas y controvertibles, particularmente por las formas en que se han identificado, desarrollado y medido, que generan algunas tensiones entre los investigadores. Por lo anterior es posible formular interrogantes como las siguientes:

- ¿Es el CPP (Conocimiento Profesional del Profesorado) un marco conceptual más general e incluyente que el PCK (Conocimiento Pedagógico del Contenido)?, ¿es el PCK un marco de interpretación del CPP? ¿qué relación existe entre CPP y PCK?
- ¿Es el PCK lo mismo que el CDC (Conocimiento Didáctico del Contenido)?

¹ Profesora de la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. **Correo electrónico:** dparga@pedagogica.edu.co

² Profesor del Doctorado en Educación DIE - UD. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Bogotá. **Correo electrónico:** wmora@udistrital.edu.co

- ¿Cuáles y cuántos son los conocimientos o componentes del PCK?, ¿es posible plantear un número mínimo que sea fácil de manejar en la investigación?
- ¿El PCK es personal o es compartido? Es decir: ¿está centrado en las experiencias personales de cada profesor, o es canónico y posible de ser compartido entre muchos profesores?
- ¿Es el PCK un conocimiento exclusivo del profesorado en ejercicio, o se puede aceptar como un conocimiento que está presente en quienes se forman para ser profesores pero que no han tenido práctica docente en las aulas?
- ¿En verdad es posible de ser evaluado el PCK?, ya que en gran medida es implícito, altamente contextualizado y de construcción compleja.
- ¿El PCK debe ser visto como una amalgama (mezcla) de conocimientos requeridos para la enseñanza general de una disciplina, o consiste en una hibridación de conocimientos, de manera puntual, específica e irreplicable para cada situación de enseñanza?
- En el PCK, ¿los conocimientos que lo componen sufren transformación, transposición o integración didáctica?

Estos cuestionamientos y una posible falta de unicidad en las respuestas hacen pensar que el conocimiento del PCK aun genera una visión no solo diversa sino amorfa y de estado preparadigmático, de lo que llamó Shulman el “paradigma perdido de la enseñanza”.

Al revisar la literatura existente sobre el PCK es posible mostrar una panorámica general de respuestas, a la cual pretendemos abordar someramente, sin pretender enfrentar todos estos interrogantes ni ser exhaustivos en el tratamiento, que pensamos más bien podrían ser una invitación a abrir un campo de discusión conceptual más preciso en otro momento.

Relaciones entre el CPP, PCK y CDC

Gairin, Marba-Tallada y Talavera (2013) consideran que el conocimiento de la materia y el PCK forman parte de una categoría más general, llamada CPP. En esta línea de ideas Martínez y Valbuena (2014), en un libro de compilación, muestran algunas relaciones existentes entre el Conocimiento Profesional del Profesorado (CPP) y el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK), y en uno de los capítulos los profesores españoles Solís y Rivera (2013), tomando como antecedente a Solís, Porlán y Rivero (2012), defienden el CPP como concepto fundamental que puede incluir al PCK, no considerado el CPP como únicamente conocimiento académico (donde están los conocimientos provenientes de las ciencias naturales, o las sociales, como la pedagogía), ni práctico (rutinas y guiones), tampoco solo transdisciplinar (epistemológico o histórico), sino que es un tipo de conocimiento integrador que se plasma en la resolución de problemas concretos que se presentan en el terreno de la práctica educativa y es fundamental en la formación del profesorado.

Por ser la formación docente uno de los campos de aplicación del PCK, gran parte de los investigadores de este campo (Barnett y Hodson, 2001; Cochran *et al.*, 1993; Laplante

1997; 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 requieren 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* (PCK), y el *experiencial*. El conocimiento académico se obtiene en procesos formativos mediante cursos universitarios formales; el PCK es desarrollado a partir del conocimiento de los contenidos vinculado a la manera como lo trabaja el profesorado en las aulas de clase, y el conocimiento experiencial (de naturaleza personal y situado, sobre la enseñanza y el aprendizaje), de naturaleza implícito o tácito, adquirido a través de la práctica docente.

Algunos investigadores coinciden en que el PCK es más específico que el CPP y que se utiliza en el contexto de la enseñanza de un contenido específico (Ball, Thames y Phelps, 2008; Lee y Luft 2008; Loughran *et al.*, 2001; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999), siendo el término “contenido específico” un tema de debate, pues algunos investigadores se refieren al término “contenido” del PCK como constructo del conocimiento de la enseñanza de una materia específica (de Jong y Van Der Valk, 2007; Henze, Van Driel y Verloop, 2008; Loughran, Berry y Mulhall, 2008; Van Driel *et al.*, 1998), otros se refieren a él como “el conocimiento para la enseñanza de todos los temas” y como un “mapa conceptual” que guía las decisiones de enseñanza (Magnusson *et al.*, 1999), o “el conocimiento educativo y de enseñanza específico de una disciplina” como podría ser el de la química.

Tomando partido a favor de esta última acepción, en un trabajo anterior (Mora y Parga, 2008), hemos asumido el PCK en el campo de la didáctica por hacer referencia específica a la enseñabilidad de los contenidos; además, porque incluimos el conocimiento metadisciplinar de manera explícita como una categoría más del CDC; así, preferimos llamarlo *Conocimiento Didáctico del Contenido* (CDC). El CDC lo interpretamos como un marco teórico de gran potencial para la interpretación del CPP, 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. Esta concepción será ampliada a lo largo de este artículo y será nuestro marco de referencia para los ejemplos de investigación que se mostrarán adelante.

Si bien en el contexto iberoamericano la palabra PCK ha sido usada de manera similar al término CDC, para el caso de este escrito, el PCK va a ser usado cuando hagamos referencia a la literatura en inglés y el CDC a los trabajos en contextos latinoamericanos y en concreto, cuando éste se asume desde la didáctica de las disciplinas, como un conocimiento de integración y de hibridación.

Conocimientos y componentes del PCK

Shulman (1986), al referirse a las formas de representar y formular un tema de enseñanza para hacerlo comprensible mediante analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones, requirió identificar siete componentes de conocimiento: curricular; del contenido; pedagógico general; pedagógico del contenido; de los alumnos; de los contextos educativos, y de los fines educativos, propósitos y valores. Desde entonces, los investigadores del PCK han definido el conocimiento profesional de los profesores mediante la adición de descripciones detalladas o nuevas categorías que incluyen otras.

Una postura dominante entre investigadores del PCK ha sido la propuesta de Magnusson, Krajcik y Borko (1999) y Park y Chen (2012), quienes consideran cinco componentes: 1) las orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia, 2) el conocimiento y las creencias sobre el plan de estudios de la ciencia, 3) el conocimiento y las creencias acerca de la comprensión de los estudiantes de temas específicos de la ciencia, 4) conocimientos y creencias acerca de la evaluación en la ciencia, y 5) el conocimiento y las creencias acerca de las estrategias de instrucción para la enseñanza de la ciencia.

Desde nuestra perspectiva, la clasificación de Shulman y Magnusson, orienta la constitución del CPP y tiene un gran potencial como indicadores de las grandes categorías que conformarían el PCK, que se requieren identificar. Un ejemplo de éstas se presenta en los trabajos de Grossman (1990) y organizados en cuatro categorías: el conocimiento *disciplinar* (de la materia a enseñar, conocimiento *pedagógico general* (principios generales de la enseñanza, el aprendizaje, gestión del aula, fines y objetivos de la educación), el conocimiento del *contexto* (incluye el conocimiento del entorno escolar, por ejemplo, la cultura y el conocimiento de los estudiantes individuales), y el *PCK* (dominio único que se informa de las otras tres categorías de conocimiento del anterior listado).

Resumiendo, podemos decir que una cosa son los componentes de los conocimientos del CPP que puede ser visto como la piedra angular para la enseñanza y la formación del profesorado en general (el *conocimiento pedagógico*, el *contexto*, la *materia* y el *PCK*), y otra cosa son las categorías generales que conforman el PCK, 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 metadisciplinar (histórico, epistemológico y sociológico de las ciencias) (Mora y Parga, 2008).

El PCK individual o compartido, para docentes en formación o en ejercicio

Si tomamos como ejemplo la definición de PCK (CPC) del profesor Garritz (2013, p. 462) en su editorial: «PCK for dummies», ésta se muestra a favor de una concepción personal para cada docente y particularizada en aquellos que están en ejercicio, cuando nos dice:

Se puede pensar en el CPC como un atributo personal del profesor, considerado en dos aspectos: el conocimiento básico de un tema y cómo lo enseña en acción. Este conocimiento es producto del razonamiento, la planeación para enseñarlo y la forma de enseñar un particular tema, en una forma particular, por razones particulares también, para lograr incrementar el aprendizaje como resultado en un grupo particular de alumnos.

Resultados investigativos en los programas de desarrollo profesional del profesorado, centrados en el PCK, sugieren que los conocimientos/creencias docentes logradas en las prácticas de aula reflejan conexiones teórico-prácticas que pueden ser asumidas para todo un profesorado como algo común (Parke y Coble, 1997). Por ello, se ha recomendado que el diseño de programas formativos de docentes, particularmente en formación inicial, tengan de base un proyecto de PCK general y común para luego especificar en los PCK de cada docente, en experiencias de aprendizaje, en contextos significativos, para ayudar a cada uno de los profesores a desarrollar su propio PCK.

Es claro que cada docente posee una tendencia natural a permanecer en un estado rígido y resistente al cambio, por lo que cualquier intento de cambio didáctico interrumpe su status personal (Smith *et al.*, 1993), por lo que cualquier proceso formativo por más general y de base teórica común es visto con precaución y solo se aceptará si los resultados percibidos añaden valor y significado a cada individuo (Hanley, Maringe y Ratcliffe, 2008).

Basándonos en las reflexiones de Rozenszajn y Yarden (2014) consideramos que uno de los efectos más destacados en el desarrollo de PCK, en profesores de ciencias en ejercicio, es hacer sus propias prácticas más reflexivas. Por ello, sus procesos formativos inician primero aplicando sus conocimientos a través de la enseñanza y reflexionando sobre su práctica, examinando el diseño, implementación y evaluación de nuevos materiales curriculares de enseñanza-aprendizaje. Esta estrategia se orienta a la retención, mejora y ampliación del rango de acción del PCK de cada profesor, teniendo como guía estas preguntas: ¿Qué componentes PCK aparecen antes de un programa formativo, y cuáles se modifican con mayor frecuencia, en el transcurso del programa?, ¿qué componentes PCK se hibridizan y cómo ocurre a lo largo del programa formativo?

Es posible evaluar el PCK

Fischer, Borowski y Tepner (2012) plantean que no hay instrumentos que midan directamente el PCK y una razón de ello es que se hace referencia a situaciones específicas y las pruebas de la eficacia de ciertas medidas son difíciles de llevar a cabo. Nilsson y Loughran (2012) han señalado que si bien es factible identificar el PCK de los profesores en temáticas específicas de enseñanza, ello ha sido una tarea difícil, ya que existen pocos ejemplos concretos de PCK en la literatura de la enseñanza de las ciencias. Esto no quiere decir que al ser general, no sea posible evaluarlo por sus razones

contextuales y específicas al sistema de conocimientos-creencias de cada docente. En el campo del PCK se han desarrollado instrumentos específicos, tanto por quienes solo intentan describirlo en procesos de reflexión para poder hacer cambios de la práctica, y por quienes intentar modelar o teorizar los PCK generales.

Los investigadores del PCK han desarrollado una serie de instrumentos y técnicas como las evaluaciones de lápiz y papel, cuestionarios, mapas conceptuales, dibujos, entrevistas, observaciones aulas, matriz de valoración, y rúbricas, siendo las Representación de Contenidos y los Repertorios de Experiencias profesionales Pedagógicas, las de mayor aceptación en su uso (Baxter y Lederman, 1999; Loughran, Mulhall y Berry, 2004).

Loughran *et al.* (2006) han desarrollado los Representaciones de Contenido (ReCos o CoRes por sus siglas en inglés) y los Repertorios de Experiencia Pedagógica y Profesional (REPP o PaP-eRs por sus siglas en inglés). Los ReCos muestran las ideas clave de contenido, las concepciones alternativas conocidas, formas interesantes de los análisis para la comprensión, las zonas conocidas de confusión, y las formas de elaboración de ideas para apoyar aprendizaje de los alumnos, presentados en el formato de Folios de recursos; los núcleos se acompañan de documentos, que ilustran cómo se ponen los aspectos concretos del tema alineados con el núcleo de la vida en la enseñanza por profesores expertos. Los PaP-eRs son narraciones diseñadas para ilustrar casos específicos de cómo ha funcionado el PCK en la acción educativa (Hume y Berry, 2011). Ambos instrumentos han mostrado gran potencial para mejorar la capacidad de los estudiantes a ser profesores para reconocer y articular los aspectos de la naturaleza de su PCK y elevar su conciencia y comprensión como una forma especializada de conocimiento profesional.

Según Mantyla y Nousiainen (2013) la estrategia de *Reconstrucción Didáctica* (ReDi) tiene ocho componentes relacionados con la construcción del conocimiento de las ciencias que se enseña: observación e identificación de fenómenos, experimentación cualitativa, dependencia cualitativa, sistema de modelo y de medición, representación, leyes experimentales y representación del modelo, la extensión de la teoría y las interpretaciones y predicciones. Estas ReDi afectan las formas en que los profesores en formación pueden consolidar su conocimiento de la materia. El desarrollo de esta propuesta tiene en cuenta aspectos didácticos de la enseñanza-aprendizaje y las competencias profesionales de los profesores de física. Al implementarlos, los profesores en formación logran organizar los conocimientos, considerando que el aprendizaje se da cuando las ideas generales se contextualizan y se aplican en detalle. Este concepto pone de relieve la importancia de la enseñanza-aprendizaje contextualizada. Las ReDi también ayudan a organizar su conocimiento a partir de los fragmentos que ellos han estructurado y a alcanzar una visión reflexiva y metacognitiva que afecta su conocimiento.

Si pensamos en examinar transiciones evolutivas y com-

plejizantes del CDC, ¿qué metodologías e instrumentos serían posibles de proponer? En la actualidad creemos que existen pocos trabajos que usen metodologías claves como podría ser las de tipo *Investigación Acción-Participación* (IAP) que orienten los procesos hacia su mejora. La mayoría de lo que existe se dedica más a “fotografiar” un estado específico, pero no procesos de cómo medir la evolución progresiva hacia un estado deseable de CDC. Es claro que dentro de la línea del CDC se debe pasar de la caracterización de sus componentes hacia planteamientos de movilización y de hibridación contextualizados en modelos didácticos específicos en el cual la relación entre la teoría y la práctica sean evidentes.

Mezclas e Hibridaciones de Componentes en los marcos de la transformación, transposición e integración didáctica del contenido

Si bien existen trabajos investigativos que asumen el PCK como una amalgama (mezcla) de dominios de conocimiento, recientemente se han comenzado a ver publicaciones donde es evidente la postura de PCK como producto de hibridación. En este sentido Abell (2008), ha mostrado cómo el concepto de PCK ha evolucionado a partir de las ideas de Shulman, haciendo hincapié en que el PCK debe ser visto como algo más que la suma de sus componentes, apuntando a que su naturaleza es sinérgica al emplearse los componentes en forma integrada a medida que planifican y llevan a cabo la enseñanza, ya que cada profesor involucra distintos componentes fusionándolos para abordar sus propias problemáticas de la enseñanza.

Aunque creemos que los PCK son hibridaciones de conocimientos-creencias que pueden ser integrados implícita o explícitamente por el profesorado, y que requieren de la práctica docente real en las aulas, para el trabajo reflexivo colectivo entre docentes e investigación en la acción es necesario investigar cómo se llevan a cabo dichas hibridaciones y qué componentes son los de mayor integración.

Transformaciones, Transposiciones e Integraciones en PCK y CDC

El principio básico de que los *contenidos de enseñanza no pueden ser los mismos contenidos que producen los científicos*, ni tampoco los que producen los agentes externos a las instituciones educativas, como pueden ser las editoriales que producen libros de texto (Parga y Martínez, 2007), subyace en la *idea de dependencia de contextualización del contenido* hacia los escenarios específicos de la escuela y del modelo didáctico que tiene cada profesor. Los contenidos en sus múltiples transformaciones en el tiempo, al paso de varios años, viéndose a otros enseñar, incluso en la misma práctica personal docente, pueden tener procesos progresivos como regresivos que podemos denominar transiciones complejizantes, las cuales se pueden adaptar a la planeación curricular como hipótesis de transición que van hacia modelos deseables de enseñanza del contenido. 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.

El enfoque que Shulman (1986) y Wilson y Shulman (1987) propusieron para la enseñabilidad de los contenidos lo podemos reconocer como *transformación*, en el cual el contenido científico se cambia en representaciones didácticas que utiliza el profesorado en la enseñanza, pasando de la lógica de la disciplina a la lógica de la enseñanza (esquema 1); este modelo de transformación se ha aplicado más en la secundaria y en los primeros cursos de educación superior, que en la escuela básica. Las concepciones y conocimientos del profesor respecto a preguntas tales como para qué enseña química, qué modelos y estrategias usaría para la enseñanza, cómo aprenden los estudiantes los contenidos químicos, qué caracteriza el currículo, le permiten pasar de una lógica a otra, es decir, hacer la transformación; cuando él hace esto, aparece y se pone en acción su CDC.

Un ejemplo de esta representación podría ser el planteado por Johnstone (1992) quien ha propuesto tres niveles para la química: *macroscópico* (como los experimentos y experiencias), el *submicroscópico* (electrones, iones, moléculas, átomos) y el *simbólico* (enlaces, fórmulas estructurales, imágenes en computador, ecuaciones químicas, diagramas); estos niveles serían los objetos de trabajo didáctico de los conocimientos químicos. Chittleborough (2014) plantea un modelo de triada de representaciones compuesto por el *objeto físico* (que es el referente), del *significado* (que es el concepto) y la *representación simbólica* (que es lo verbal, visual, símbolo); estos tres son estadios o niveles para la comprensión de los contenidos.

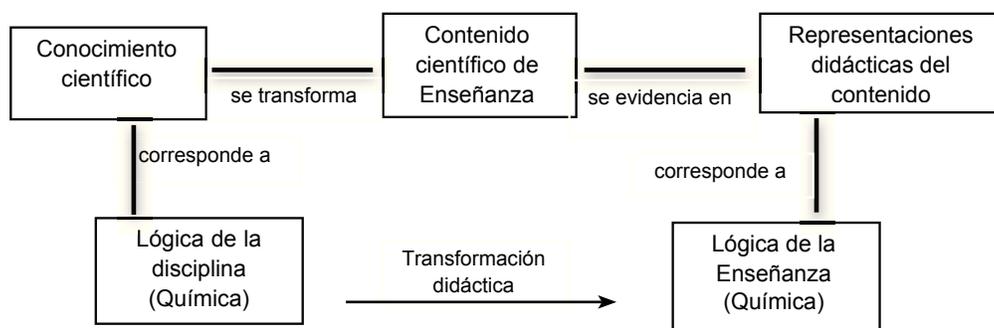
Para Chamizo (2010) la *transposición didáctica* es una *transformación* del conocimiento científico en un conocimiento posible de ser enseñado en un aula específica a unos alumnos particulares. En palabras de Perrenoud (2008, p. 96) la transposición didáctica es la sucesión de transformaciones que transfieren elementos de la cultura en vigor en

una sociedad (saberes, prácticas, valores, etc.) a lo que se incorpora en los objetivos y programas de la escuela, luego a lo que queda de ello, en los contenidos efectivos de enseñanza y del trabajo escolar y, finalmente, en el mejor de los casos, a lo que se construye en la cabeza de los alumnos.

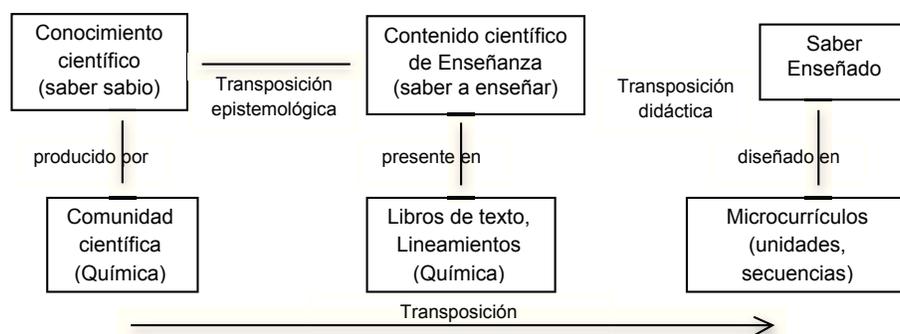
Sin embargo, es posible puntualizar que a diferencia del enfoque de transformación didáctica en que se destaca la suma de conocimientos diversos, y en particular lo que se transforma es el conocimiento de la materia y no los demás conocimientos, la *transposición* le apunta todo su esfuerzo a generar las bases para formar futuros científicos. Así, en el enfoque de *transposición didáctica* planteado por Chevillard (1991) y Bolívar (2005), propone como meta el aproximar el conocimiento que tienen los estudiantes sobre las ciencias, al conocimiento científico como tal. Para ello, el profesor intenta aproximar la lógica del estudiante a la lógica de la disciplina (conocimiento sabio), requiriendo de constantes superaciones de obstáculos epistemológicos en el contexto de la didáctica específica. Como este proceso no es directo, el profesor selecciona el “saber que hay que enseñar”, el cual está por lo general en los libros (“saber sabio”), realizando una transposición epistemológica —pasando del saber sabio al saber para la enseñanza— que termina siendo una transposición didáctica, donde se toma un contenido de las ciencias y lo modifica en contenido didáctico como “objeto de enseñanza” (esquema 2).

En el modelo de *integración didáctica* se pretende integrar y complejizar el pensamiento de los estudiantes y del profesorado, desde visiones simples y cotidianas. Aquí, el tratamiento de los problemas científicos escolares es la meta de trabajo de las ciencias en la escuela. La integración se aborda desde perspectivas amplias y el conocimiento científico es solo un referente más, no la meta como en el caso de la trasposición didáctica (Mora y Parga, 2008). La integración se da cuando el profesor reconoce la existencia del conocimiento científico, del conocimiento cotidiano y del conocimiento escolar, y establece la pertinencia del conocimiento científico en la solución de problemas socio-ambientales del contexto de la escuela (esquema 3).

Dentro de las investigaciones relacionadas con el CDC, muy pocos trabajos, han hecho referencia a cuál de estos tres enfoques usa el profesor para caracterizar y mejorar su CDC,



Esquema 1. Enfoque de *transformación didáctica* del conocimiento disciplinar.



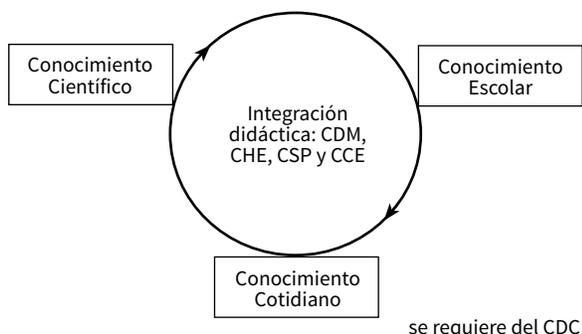
Esquema 2. Enfoque de *transposición didáctica* para el conocimiento disciplinar.

lo cual sería importante pues ayudaría sobre todo a identificar las intenciones de enseñar los contenidos de las ciencias o de la química como tal.

En este contexto de integración consideramos al CDC como conocimiento profesionalizado resultado de la hibridación de diferentes tipos de conocimientos y creencias personales del profesor, que se expresan tanto en sus teorías implícitas como en sus rutinas y guiones de acción. La integración de conocimientos es propia del campo didáctico, pues está orientado a la enseñanza de contenidos, y su resultante es una emergencia de la combinatoria de distintos elementos que se encuentran haciendo parte de cuatro categorías que hemos descrito en un trabajo anterior (Mora y Parga, 2008): el conocimiento disciplinar o conocimiento de la materia (CDM), el histórico-epistemológico (CHE), el sicopedagógico (CSP) y el conocimiento del contexto escolar (CCE), se expresan en los saberes metadisciplinares, disciplinares y experienciales. Como hemos dicho anteriormente, la integración de los componentes con cada una de las cuatro categorías no es igual y depende del tema a enseñar como del dominio de cada profesor, por lo que es posible no solo variaciones en la proporción de cada uno de los cuatro componentes, como también la exclusión de uno o varios de dichos componentes.

El CDC más que una definición, un marco teórico

Luego de definir y caracterizar el CDC como un conocimiento propio del profesorado, sustentado en producir emergen-



Esquema 3. Enfoque de integración didáctica.

cias de contenidos a la medida de las necesidades contextuales e históricas de cada docente para cada aula, pasamos a mostrar cómo este conocimiento trasciende su significado para mostrar su potencial como marco teórico importante para la formación del profesorado de ciencias, la elaboración de materiales curriculares y como marco de investigación didáctica. Por todo lo dicho, es posible que exista una distinción entre el CDC como un concepto educativo orientado a la integración de los contenidos para hacerlos enseñables y el CDC como un enfoque teórico de conocimiento sustentado en las didácticas específicas (ejemplo de ello es la didáctica de la química) articuladas a los modelos didácticos del profesorado que son fundamentales en los procesos formativos del profesorado.

El CDC y la formación del profesorado

En términos de Kind (2009), el CDC como enfoque teórico ha aportado criterios importantes a la formación del profesorado y en la profesionalización de la enseñanza, asumiendo que los profesores son especialistas cualificados y con idoneidad. Para lograr tener estos profesores no basta con *transformar los contenidos de forma sumativa o los distintos tipos de conocimiento* que permitirían la enseñabilidad de los contenidos —abordados como islas en materias de los planes de estudio— sino que se requiere articular e integrar construyendo teóricamente propuestas curriculares y de planes de estudio, desde la formación inicial hasta la formación continuada para profesores en ejercicio. En la literatura es posible encontrar trabajos en los cuales se ha caracterizado el CDC del profesorado en formación inicial (PFI) de química, a partir del diseño curricular y su puesta en práctica, muchos de ellos planteados desde la perspectiva de Loughran, Berry y Mulhall (2006) utilizando los ReCo y los ReEPP.

Los futuros profesores no pueden aprender directamente del CDC de profesores expertos, sino que partiendo de un diseño curricular general, sustentado en un CDC común y producto de la investigación didáctica, se pueden generar “propuestas formativas a la carta”. Por lo tanto, el CDC de los profesores en formación debe ser reestructurado, con el fin de aprovechar el potencial del CDC de los profesores expertos (Van-Dijk y Kattmann, 2007). Utilizando los fundamentos de la integración didáctica y de los procesos formativos a

la carta, en uno de nuestros trabajos (Villamizar y Parga, 2008) se realizó un estudio en el cual caracterizan los conocimientos que el PFI de química considera al diseñar e implementar los contenidos de enseñanza, encontrándose que el conjunto de contenidos a enseñar son seleccionados por el profesor titular y por otras autoridades escolares, los cuales no constituyen un plan consensuado con los estudiantes y estableciéndose sin modificaciones, incluso para varios años en que se enseñará de forma inamovible dicho contenido. Estos contenidos son básicamente de tipo conceptual y no poseen ninguna articulación con las ideas previas, preguntas e intereses del alumnado, y son puestos en práctica con estrategias que son asumidas como un conjunto de actividades esporádicas tales como talleres, laboratorios, ejercicios de lápiz y papel y lecturas que no se encuentran especificadas en un proceso de planeación o en un diseño curricular formal. En cuanto al uso de la historia y la epistemología convergen en contenidos para enseñar, pero no como metadisciplinas importantes que intervienen en el diseño curricular. Por lo tanto, lo que caracteriza el CDC en química en los PFI está centrado en un conocimiento disciplinar propio de la química y el diseño curricular dentro de un modelo didáctico tradicional de transmisión-recepción. De esta forma se puede concluir que el CDC de los PFI en química, aunque se encuentra en una etapa de configuración y estructuración, los profesores en ejercicio que son titulares no reconocen en la práctica alternativas basadas en el CDC. Esta conclusión es importante pues permite revisar aspectos sobre los cuales los programas de formación inicial y permanente pueden fortalecerse en las facultades de educación.

El CDC como marco de investigación didáctica: el caso de los conceptos de estructura y mol-cantidad de sustancia

En un trabajo realizado con un grupo de siete profesores de un colegio distrital de Bogotá indagamos sobre su CDC cuando enseñan los conceptos de *cantidad de sustancia* y *mol* (García y Parga, 2009) fundamentados en trabajos anteriores de Mora y Parga (2007). Los resultados obtenidos mediante los diversos instrumentos aplicados en este trabajo (entrevistas, encuestas, análisis de documentos de diseño) permitieron definir que el diseño curricular hecho por el profesorado al enseñar el concepto mol se enfoca desde la aplicación de ejemplos y ejercicios algorítmicos, mostrando que son pocas las estrategias didácticas aplicadas y que esto afecta el proceso de aprendizaje del estudiantado, y que existe en él un desconocimiento del concepto cantidad de sustancia, de su uso y de su relación con el concepto mol.

Frente a las cuatro categorías del CDC se encontró:

- Frente al *Conocimiento-creencias del contenido a enseñar*:
 - ✓ El conocimiento sustantivo, declarativo o cuerpos de interrelacionado de conceptos está desarticulado de las propias teorías (además porque estas teorías se desconocen).
 - ✓ El conocimiento sintáctico, es decir respecto de los mé-

todos e instrumentos desde donde se construyeron los conceptos analizados, no son abordados (por ejemplo, no se analiza cómo se pasó del mechero de Berzelius al de Bunsen en el marco de la teoría dual-estructural o por qué se hace por primera vez el uso del vaso de precipitados o se hizo énfasis en la cristalografía y la óptica).

- Frente al *Conocimiento-creencias de lo histórico epistemológico*:
 - ✓ Al enseñar los conceptos citados, se descontextualizaron de los modelos teóricos desde donde emergieron, no se presentaron debates ni controversias, por ejemplo entre el atomismo equivalentismo o entre dualismo-unitarismo.
 - ✓ Autores como Berzelius y Kekulé, por mencionar algunos, están minimizados dentro del contexto de los conceptos analizados.
 - ✓ Se desconocen textos originales relacionados con la del atomismo, equivalentismo, por ejemplo.
- Desde el *conocimiento-creencias de lo sicopedagógico*:
 - ✓ El diseño curricular del profesorado propuesto para enseñar los conceptos cantidad de sustancia y mol se enfocan desde ejemplos y ejercicios algorítmicos. Para ellos lo más importante es resolver ejercicios relacionados con el concepto de mol.
 - ✓ Al organizar las secuencias de aprendizaje se desconocen las concepciones alternativas relacionadas con estos conceptos.
 - ✓ Los conceptos se abordan de manera desarticulada de otros conceptos químicos (soluciones, reacción químicas, por ejemplo).
- Respecto al *conocimiento - creencias de lo contextual*, éste no fue considerado por el profesorado.

Con estos ejemplos vemos que al investigar el CDC de profesores de química se depende de la coherencia en el uso de sus categorías, así como la resistencia a su incorporación e hibridación dentro del modelo didáctico de cada profesor, este último aspecto investigativo aún por perfeccionar. Destacamos la importancia que ha tenido lo histórico-epistemológico en la constitución del CDC en nuestras propuestas de mejoramiento del CDC de profesores de química en formación.

El CDC para la elaboración de materiales curriculares

Para indagar cómo los libros de texto de química de los grados décimo y undécimo en Colombia se encontraban presentes las cuatro categorías del CDC, se realizó una investigación (Martínez, Téllez y Parga, 2013) donde escogieron los seis libros de texto más usados por un grupo de estudiantes de maestría en docencia de la química.

- Respecto al *conocimiento disciplinar de la química*, en la mayoría de los libros predominan los contenidos centrados en definiciones, datos, hechos dentro del marco de la

disciplina química en la cual hubo conceptos que predominaron dentro de varias definiciones); se encontraron pocas alusiones a las leyes químicas que predominaran en todo un modelo teórico; hubo pocos conceptos de *dominio ordenado, correlación y reglas*, que permitieran ordenar los elementos que dan sustento a la estructura de cuerpo teórico para los dos modelos analizados. Aunque los libros tratan de abarcar un poco más lo *sintáctico* en lo relacionado con el campo de aplicación, sería conveniente que el conocimiento disciplinar como eje estructurante de la enseñanza de la química se articulara con los fines de la educación científica y con la historia/epistemología, de manera que los estudiantes tuvieran más elementos para comprender en qué y cómo ha evolucionado el conocimiento químico.

- Desde el *conocimiento histórico y epistemológico* se encontró una historia lineal, mostrada como una sucesión cronológica de hechos, que en los textos son interpretados como hechos anecdóticos, que no resaltan aportes de la comunidad científica en la construcción del conocimiento; en este sentido, no se consideran como características que dan el fundamento a lo disciplinar y que aporten una visión favorable de la actividad científica. Por lo tanto, los libros de texto no desarrollaron modelos teóricos que dieran cuenta de la evolución del conocimiento, desconociendo así su importancia. De esta manera, priman en estos materiales visiones deformadas de ciencia y de la actividad científica, estableciendo la ciencia como producto, y no como una actividad sujeta a los cambios que demande la sociedad.
- Respecto al *conocimiento psicopedagógico* se encuentran metodologías superficiales que no demandan mayores esfuerzos por parte de los estudiantes para resolver problemas; se centran más en la aplicación de algoritmos (resultados mecánicos) y a la reproducción de las definiciones —mas no en el abordaje y comprensión de teorías— presentada en los libros de texto. Se presenta una relación de causa-efecto en el proceso de enseñanza y aprendizaje; es decir, que el libro de texto presenta una información y el estudiante la reproduce más que comprenderla. De igual forma, se plantean actividades para el “desarrollo de competencias”; sin embargo, por la manera en la que están diseñadas, se establecen como materiales que no permiten el desarrollo en las capacidades. Por otra parte, los libros de texto si bien plantean actividades al comienzo de las unidades, simulando que evalúan concepciones alternativas, en realidad no obedecen a éstas, sino que tienden a ser preguntas memorísticas.
- En lo que respecta al *conocimiento del contexto escolar* y otros contextos, se desarrollan lecturas y actividades en las que hay alguna relación CTS, limitándose a secciones específicas en las unidades y no a hilos conductores que estén ligados directamente a la evolución y pertinencia de la química para la sociedad actual. En este componente estos materiales poco contribuyen a mejorar la actitud e imagen poco positiva que se tiene frente a la química y su

aprendizaje (Mora y Parga, 2010), al encontrarse al margen de sus problemáticas que pueden llegar a ser familiares, y localizadas en sus grupos culturales en la sociedad donde se encuentran inmersos los estudiantes desconociéndose las recomendaciones de las políticas nacionales que propone el Ministerio de Educación Nacional (a través de los estándares) o la filosofía de la propia institución en la que se va usar como recurso educativo, lo que hace que no se identifique la forma cómo se organiza y se realiza la labor docente en condiciones específicas de la escuela y de los alumnos que asisten a ella.

Este estudio nos lleva a pensar que si el libro de texto sigue siendo considerado como un material importante para el profesorado de química, su diseño y fundamentación debe ser transformado haciendo más participe en las condiciones propias colombianas y de la posibilidad de transformarse en libros talleres donde los docentes lo adapten a sus propias circunstancias contextuales.

De los contenidos disciplinares a los contenidos socialmente vivos

Finalmente, este apartado pretende mostrar hacia donde está evolucionando el campo de la investigación sobre los contenidos didácticos, particularmente en el marco de pruebas nacionales e internacionales sobre evaluación de competencias, en las que los estudiantes colombianos, no presentan “buenos resultados” ocupando los últimos lugares y se cuestiona la “calidad” de la formación de los profesores de ciencias.

En las pruebas internacionales Pisa se destaca el interés por evaluar las competencias de “*resolución creativa de problemas y habilidades de los alumnos para enfrentar problemas de la vida real*”, en la que los jóvenes latinoamericanos “solo pudieron resolver problemas muy simples en situaciones conocidas, utilizando ensayo y error para elegir la mejor alternativa de un grupo de opciones predeterminada”. Cuando se analizan los resultados de las pruebas nacionales, llamadas Saber Pro, que presentan los futuros profesionales docentes (faltándoles un semestre para graduarse), los resultados también son preocupantes. Los licenciados en educación fueron los que más bajos puntajes obtuvieron comparados con el resto de futuros profesionales. Ellos puntuaron por debajo de la media nacional en áreas como inglés, escritura, lectura crítica y razonamiento cuantitativo.

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 sino 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 dirigida las pruebas Pisa. Parga y Pinzón (2014) afirman que más que saber contenidos en los que se destacan conceptos, principios, teorías, modelos, leyes, sus experimentos, como tradicionalmente se trabaja la química en las aulas, hoy es fundamental trabajar el CDC de temas controvertidos (cuestiones socioambientales) que genera la tecnociencia y que demandan de la participación de todos los ciudadanos afectados con sus aplicaciones. Las problemáticas socioambientales concernientes a la química, como las implicaciones de la nanotecnología, los transgénicos, la contaminación química en la minería, entre otros, generan contenidos de enseñanza que podríamos decir que están vivos; es decir, que son necesarios para enfrentar los problemas sociales que hoy aquejan a la sociedad y donde la química tiene mucho que aportar. Se requiere un profesorado que configure su CDC en el que el conocimiento de lo contextual es fundamental y tal como lo plantea Chinn (2012), hoy se requiere un CDC en el profesorado de ciencias dinámico que se empieza a configurar y a reconfigurar frente a los múltiples cambios de los sistemas sociales, que aborde de manera amplia el progreso científico y la cultura científica de base, que mitigue la disminución en la participación de los estudiantes en la ciencia y la tecnología, que favorezca la equidad y la justicia social de los que hoy están desfavorecidos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería (tales como estudiantes indígenas o a los que económicamente están desfavorecidos), contenidos que respondan por la sostenibilidad de los recursos, el cambio climático global, los ecosistemas y la salud humana, por ejemplo.

Conclusiones

En este artículo hemos presentado un campo de problemáticas que en la literatura de la investigación del PCK puede estar generando tensiones y requieren de un espacio específico de discusión. A partir de esto, el escrito se estructuró en dos grandes partes: la primera, sobre las problemáticas centrales generadas por la investigación del PCK para permitir el desarrollo de un marco metodológico mínimamente unificado que nos dé claridad en nuestras investigaciones. En la segunda parte se muestran algunos ejemplos de cómo se han aplicado esos elementos de integración en la formación del profesorado, en los contenidos específicos de la química y en la elaboración de materiales curriculares.

El haber realizado este escrito nos ha permitido, como grupo, hacer un balance de ideas y establecer nuestras propias limitantes en los desarrollos conceptuales del CDC. Así, consideramos importante no solo haber aclarado, de alguna

manera, las relaciones entre el CPP, PCK y el CDC, sino haber planteado una postura frente a la necesidad de un CDC como integración de cuatro componentes, y que dependiendo de las necesidades específicas, permiten hibridar varios de estos elementos sin incluirlos todos; por ello el CDC se entiende como una emergencia compleja que es propia de cada profesor en su contexto y en su modelo didáctico.

Han quedado preguntas que pretendemos resolver en otro momento, para desarrollar los puntos unificadores a los cuales hemos pretendido llegar; en particular, es de gran interés pasar de identificar los componentes del CDC de cada profesor, o en los libros de texto, a las diferentes maneras de determinar las hibridaciones y complejizaciones a manera de hipótesis de transición que se pueden dar de manera permanente en la educación química.

Referencias

- Abell, S. K. Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea?, *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1405–1416, 2008.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G., Content knowledge for teaching what makes it special?, *Journal of Teacher Education*, **59**(5), 389–407, 2008.
- Barnett, J., & Hodson, D., Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know, *Science Education*, **84**, 426–453, 2001.
- Baxter, J. A. & Lederman, N. G., Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In: J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 147-161). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- Bolívar, A. Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas, *Profesorado: Revista de currículum y formación del profesorado*, **9**(2), 1-35, 2005.
- Chamizo, J.A., Los modelos en la enseñanza de las ciencias, En: Chamizo, J.A. y García, A. (eds.), *En Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales* (pp. 15-18). México: Universidad Autónoma Nacional de México, 2010.
- Chevallard, I., *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique, 1991.
- Chinn, P W., Chapter 23. Developing Teachers' Place-Based and Culture-Based Pedagogical Content Knowledge and Agency. En: B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 323-334). Springer International Handbooks of Education Vol. 24, 2012. DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7_23
- Chittleborough, G., The Development of Theoretical Frameworks for Understanding the Learning of Chemistry. Devetak, I and Glazar, S. (eds.), *Learning with Understanding, in the Chemistry Classroom*, DOI: 10.1007/978-94-007-4366-3_2, Springer Science + Business Media B.V., 2014.
- Cochran, K. F., De Ruiter, J. A., & King, R. A., Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation, *Journal of Teacher Education*, **44**, 263–272, 1993.
- de Jong, O., & Van Der Valk, A. E., Science teachers' PCK

- and teaching practice: Learning to scaffold students' open-inquiry Learning. In: R. Pinto & D. Couso (eds.), *Contributions from Science Education Research* (pp. 107–118). Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2007.
- Fischer, H., Borowski, A. & Tepner, O., Professional Knowledge of Science Teachers. En: B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education 24, DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7_30, pp.435-448, 2012.
- Gairin, J., Marba-Tallada, A., & Talavera, M., Evaluación del conocimiento didáctico y científico del profesorado: el caso del sistema educativo de Panamá, *Enseñanza de las Ciencias*, **31**(3), 229-247, 2013.
- García, A. y Parga, D. *Conocimiento didáctico del contenido curricular del profesorado de química. Enseñanza de los conceptos cantidad de sustancia y mol*. Tesis de maestría inédita. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2009.
- Garriz, A., PCK for dummies, *Educación Química*, **24** (e2), 462-465, 2013.
- Grossman, P., *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press, 1990.
- Hanley, P., Maringe, F., & Ratcliffe, M., Evaluation of professional development: Deploying a process focused model, *International Journal of Science Education*, **30**(5), 711–725, 2008.
- Henze, I., Van Driel, J. H., & Verloop, N. Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe, *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1321–1342, 2008.
- Hume, A. & Berry, A. Constructing CoRes—a Strategy for Building PCK in Pre-service Science Teacher Education. *Res Sci Educ* (2011) 41:341–355. DOI 10.1007/s11165-010-9168-3, 2011.
- Johnstone, A.H. Macro- and micro-chemistry, *School Science Review*, **64**(227), 377-379, 1992.
- Kind, V., Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potencial for progress, *Studies in Science Education*, **45** (2), 169-204, 2009.
- Laplanche, B. Teachers' beliefs and instructional strategies in science: Pushing analysis further, *Science Education*, **81**, 277–294, 1997.
- Lee, E., & Luft, J. A., Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge, *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1343–1363, 2008.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A., In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice, *Journal of Research in Science Teaching*, **41**, 370–391, 2004.
- Loughran, J.; Berry, A. & Mulhall, P. *Understanding and developing science teacher's Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publisher, 2006.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H., Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: PCK and Science Education* (pp. 95–132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, Academic Publishers, 1999.
- Mantyla, T. & Nousiainen, M., Consolidating pre-service physics teachers' subject matter knowledge using didactical reconstructions, *Science and Education*, 27 de septiembre, DOI 10.1007/s11191-013-9657-7, 2013.
- Martínez, C.A., & Valbuena, E., *Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar*. Bogotá: Universidad Distrital. DIE-UD. (En prensa) 2014.
- Martínez, D.E., Téllez, M.E. y Parga, D., *Análisis didáctico de libros de texto escolares de química contextualizado en el CDC*. Tesis inédita. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2013.
- Mora, W. y Parga, D., Tramas histórico-epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, **21**, 100-118, 2007. Recuperado de: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/370>
- Mora, W. y Parga, D. 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, 2008. Recuperado de: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/1083/1092>
- Mora, W. y Parga, D., La imagen pública de la química y su relación con la generación de actitudes hacia la química y su aprendizaje, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, **27**, 67-93, 2010. Recuperado de: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/996>
- Nilsson, P. & Loughran, J., Exploring the development of pre-service science elementary teachers' Pedagogical Content Knowledge, *Journal Science Teacher Education*, **23**, 699–721, 2012. DOI 10.1007/s10972-011-9239-y
- Parga, D. y Martínez, L., Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: una estrategia sustentada en el diseño de tramas conceptuales. Universidad Pedagógica Nacional. Colombia. Proyecto de investigación CIUP-DQU-025-07, 2007.
- Parga, D. y Pinzón, Y., El currículo del programa de formación de profesores en la interfaz universidad escuela. En: Martínez, D. et al., *Formación permanente de profesores en la interfaz universidad-escuela: currículo, fundamentos y roles. Una experiencia en construcción*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, 2014. En prensa.
- Park, S. & Chen, Y.Ch., Mapping Out the Integration of the Components of Pedagogical Content Knowledge (PCK): Examples From High School Biology Classrooms, *Journal of Research in Science Teaching*, **49**(7), 922–941, 2012.
- Parke, H. M., & Coble, C. R., Teachers designing curriculum as professional development: A model for transformational science teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, **34**(8), 773–789, 1997.
- Perrenoud, Ph., *Construir competencias desde la escuela*. Chile: JC-Sáez Editor, 2008.

- Rozenszajn, R. & Yarden, A., Expansion of biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) during a long-term professional development program, *Research in Science Education*, 44, 189-213, 2014. DOI 10.1007/s11165-013-9378-6
- Shulman, L. S., Those who understand: knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15(2), 4-14, 1986.
- Shulman, L. S., Knowledge and teaching: Foundations of the new reform, *Harvard Educational Review*, 57, 1-22, 1987.
- Smith, J. P. I., diSessa, A. A., & Roschelle, J., Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition, *The Journal of the Learning Sciences*, 3(8), 115-163, 1993.
- Solís, E.; Porlán, R. y Rivero, A., ¿Cómo representar el Conocimiento Curricular de los profesores de Ciencias y su evolución?, *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 9-30, 2012.
- Solís, E. & Rivera, A., La investigación en la formación inicial del profesorado: una aproximación a las concepciones curriculares del profesorado de ciencias de educación secundaria (pp. 143-178), 2013. En: Martínez, C. y Valbuena, E. (comp.), *Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar*. Bogotá: Javergraff, DIE - UD, 2014.
- Van Dijk, E. M., & Kattmann, U., A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education, *Teaching and Teacher Education*, 23, 558-897, 2007.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W., Developing science teachers' pedagogical content knowledge, *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673-695, 1998.
- Villamizar, D.P. y Parga, D., *Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: un estudio con profesores en formación inicial*. Tesis inédita. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2008.
- Wilson, S. & Shulman, L. "150 ways" of knowing: representations of knowledge in teaching. En: J. Calderhead (s.f.), *Exploring teacher thinking* (pp. 104-124). Eastbourne, Inglaterra, 1987.
- Yarrick, R., Park, H., & Nugent, J., Struggling to promote deeply rooted change: "The filtering effect" of teachers' beliefs on understanding transformational views of teaching science, *Science Education*, 81, 137-159, 1997.