



## El conocimiento didáctico del contenido y su impacto en los conocimientos prácticos de los profesores de Ciencias y en la construcción de conocimientos científicos escolares

Didactic content knowledge, impact on the practical knowledge of science teachers and on the scholar scientific knowledge

O conhecimento didático do conteúdo e seu impacto no conhecimento prático dos professores de ciências e na construção do conhecimento científico escolar

Carlos Javier Mosquera-Suárez<sup>1</sup>

Maritza Ximena Alonso<sup>2</sup>

Ana maría García-Supelano<sup>3</sup>

Astrid Sisleny Marín-Velasco<sup>4</sup>

Luis Eduardo Prada-Murcia<sup>5</sup>

Juan Pablo Rincón-Núñez<sup>6</sup>

Luis Santiago Saldaña-Lozano<sup>7</sup>

**Recibido:** marzo de 2020

**Aceptado:** octubre de 2020

**Para citar este artículo:** Mosquera-Suárez, C. J., Alonso, M. X., García-Supelano, A. M., Marín-Velasco, A. S., Prada-Murcia, L. E., Rincón-Núñez, J. P., Saldaña-Lozano, L. S. (2021). El conocimiento didáctico del contenido y su impacto en los conocimientos prácticos de los profesores de ciencias y en la construcción de conocimientos científicos escolares. *Revista Científica*, 40(1), 45-62. <https://doi.org/10.14483/23448350.15711>

### Resumen

Se presentan algunos resultados obtenidos en el marco del proyecto de investigación titulado “Las prácticas de los docentes de Química en ejercicio y su relación con el desarrollo de actividades científicas escolares”, apoyado por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En este se buscó la aproximación a cuestiones teóricas fundamentales para comprender, desde el campo de conocimiento

de la didáctica de las Ciencias de la Naturaleza, el modelo del *conocimiento didáctico del contenido* y su relación, en el campo de la formación de profesores de Ciencias, con el desarrollo del conocimiento práctico en contextos de enseñanza-aprendizaje, con el fin de favorecer el desarrollo de conocimientos científicos escolares.

**Palabras clave:** conocimiento didáctico, conocimientos prácticos, profesores de ciencias, conocimientos científicos escolares.

1. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. cmosquera@udistrital.edu.co
2. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. maritzaalonso@gmail.com
3. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.: anyga\_17@hotmail.com
4. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. asmv538@hotmail.com
5. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. lui-small99@hotmail.com
6. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. jprinconn@correo.udistrital.edu.co
7. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. elpianista26@gmail.com

## Abstract

In this paper show some results achieved in the research project entitled "Practices of chemistry teachers training and their relationship with the development of scholar scientific activities", supported by Centro de Investigaciones Científicas from the Universidad Distrital Francisco José de Caldas. The approach to fundamental theoretical issues is sought to understand, from the field of knowledge in Teaching of Natural Sciences, the model of Didactic Content Knowledge and its relationship, in the field of science teacher education, with the development of practical knowledge in teaching-learning contexts to promote the development of scholar scientific knowledge.

**Keywords:** Didactic Content Knowledge, Science Teacher Training, Science Teacher Practical Knowledge, Scholar Scientific Knowledge.

## Resumo

Apresentam-se a seguir alguns resultados alcançados no âmbito do projeto de investigação intitulado "As práticas do exercício do professor de química e sua relação com o desenvolvimento da atividade científica escolar", apoiado para o seu desenvolvimento pelo Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico CIDC de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. A abordagem de questões teóricas fundamentais procura compreender, a partir do campo do conhecimento da Didática das Ciências Naturais, o modelo de Conhecimento Didático de Conteúdos e a sua relação, no campo da formação de professores de ciências, com os desenvolvimentos de conhecimentos práticos em contextos de ensino - aprendizagem para promover o desenvolvimento do conhecimento científico nas escolas.

**Palavras-chaves:** Conhecimento Didático de Conteúdos, Formação inicial de professores de ciências, conhecimento prático de professores de ciências, conhecimento científico escolar.

## Introducción

Como parte de los retos actuales de la investigación en didáctica de las ciencias se ha tornado prioritario estudiar e intervenir en cambios didácticos

del profesorado, lo que impulsa el abordaje de las ciencias de la naturaleza desde nuevas perspectivas apoyadas en corrientes alternativas de la filosofía, epistemología e historia de las ciencias. Así como el desarrollo de conocimientos teóricos y prácticos fundamentados en el campo de la didáctica como saber distintivo de los profesores y base para lo que hoy se denomina conocimiento profesional de los profesores de ciencias (Martínez-Rivera, 2017). En particular, las unidades didácticas son uno de tantos productos que permiten caracterizar cambios didácticos (Mosquera, 2008) en el profesorado, entendidos como cambios conceptuales (cognoscitivos), actitudinales (cognitivos y afectivos) y procedimentales (prácticos) en torno a la naturaleza de las ciencias y a su enseñanza y aprendizaje (Sánchez y Valcárcel, 1993).

En este contexto entendemos una unidad didáctica como un proceso flexible en la planeación y decisión de los profesores, que se orienta a la enseñanza de conocimientos, siendo estas estrategias para coadyuvar a quien aprende a hacerlo mediante procesos de construcción de conocimiento. Dado que las unidades didácticas son desarrolladas en una secuencia concreta y en contextos culturales y sociales determinados, no son replicables, aunque se constituyen como referentes para repensar permanentemente la organización curricular de conocimientos y de su connotación como contenidos. Dichos conocimientos están relacionados con un campo de saber específico, como lo son, por ejemplo, las ciencias de la naturaleza. En tal sentido, el propósito fundamental de las unidades didácticas es favorecer que personas en actitud cognoscente aprendan a aprender con la elaboración de conocimientos y explicando diversidad de situaciones desde modelos y representaciones propias de culturas de una comunidad determinada.

El papel del profesor en el diseño de unidades didácticas es fundamental, pues es quien activa tanto sus conocimientos sobre la disciplina que enseña como los conocimientos didácticos generales y didácticos específicos. De manera que el pensamiento del profesor, su nivel de experticia,

sus actitudes hacia los conocimientos que enseña y hacia la enseñanza son definitivos. En este orden de ideas, la articulación debida de los conocimientos de una disciplina y los conocimientos de la didáctica de la disciplina con otros conocimientos como los propios de la naturaleza de las disciplinas (producto de la articulación de la historia, la filosofía y la sociología de las disciplinas), los conocimientos previos de los estudiantes (Mosquera, 2008), los conocimientos pedagógicos, los conocimientos en torno a políticas educativas, los conocimientos sobre el currículo y la evaluación y los conocimientos sobre el uso de medios convencionales y no convencionales como apoyo a los procesos de aprendizaje (Mosquera, 2016), forma parte del gran bagaje de lo que debe saber, saber hacer y hacer un profesor de ciencias (Gil, 1991) para acompañar a los estudiantes en su misión de aprender a aprender.

Fourez nos recuerda que las disciplinas son “una manera de clasificar, organizar, enseñar y seriar los problemas. Éste, se dice, concierne a la química, éste a la psicología, etc.” (2015, p. 70). En este sentido, cada disciplina se institucionaliza con la circulación de conocimientos que se desarrollan en comunidades especializadas de práctica en la que se acuerdan, más o menos unánimemente, problemas a tratar, fundamentos, principios, métodos, supuestos, estrategias, etc. Una disciplina se configura entonces por un entramado de conocimientos teóricos y prácticos que exige el reconocimiento mutuo de quienes la practican, el desarrollo de estrategias para formar nuevas generaciones de personas que trabajan en la disciplina y el reconocimiento social de otras personas que no pertenecen o trabajan en la disciplina. En palabras de Fourez:

[...] cada disciplina aborda el mundo desde su ángulo, lo que quiere decir que cada comunidad ve y vive su mundo. Estos mundos no son equivalentes. No se puede traducir lo que ve el sociólogo en el lenguaje del psicólogo o lo que ve el botánico en el lenguaje en el lenguaje y la mirada del cazados furtivo, y viceversa” (2015, p. 71).

Este asunto es un reto interesante para la educación en ciencias, pues se reconoce en la profesión del docente de ciencias una disciplina de conocimiento (la didáctica de las ciencias) la cual no solo debe aprender, poner en práctica y circular. Sino que requiere de la integración, por parte del profesor, de otras disciplinas necesarias para orientar desde nuevas visiones y con nuevos propósitos acciones pertinentes en los procesos de interacción que se dan en la enseñanza de las ciencias, tales como la pedagogía, la historia y la filosofía de la ciencia que enseña; la historia y la filosofía de la didáctica y de la pedagogía; la ciencia misma objeto de enseñanza, otras ciencias auxiliares y necesarias para comprender la disciplina objeto de enseñanza; el currículo, la evaluación, la política educativa; los conocimientos ancestrales, los conocimientos escolares resultantes del aprendizaje, entre otros. De igual manera, para quien aprende ciencias es también un reto pues, además de reconocer explícitamente conocimientos cotidianos, ha de reconocer conocimientos ancestrales, conocimientos científicos, conocimientos de otras ciencias auxiliares y los conocimientos científicos escolares que son producto de sus actos de aprendizaje.

Tal como lo indican Sánchez y Valcárcel (1993, p. 40), en una situación de enseñanza-aprendizaje desde una perspectiva constructivista el docente tiene la función de propiciar situaciones que le permiten al estudiante construir significados activamente. Desde este punto de vista, las ideas que tiene el estudiante están fuertemente arraigadas debido a sus propias vivencias culturales, las cuales, en los procesos de enseñanza y aprendizaje (dependiendo de lo significativo y relevante que puedan ser), podrían o no ser modificadas o complementadas. Entendiendo el aprendizaje como proceso que permite en los entornos educativos construir conocimientos conceptuales, actitudinales o prácticos, las situaciones externas propiciadas por los libros, el profesor, los experimentos y las acciones internas de exploración y uso de las ideas previas que anteceden a cualquier situación de enseñanza son

determinantes. No propiciar estas situaciones nos llevaría indefectiblemente a mantenernos en resultados de aprendizaje entendidos como captura y asimilación de información. Esto no favorecería la transformación de información en representaciones y de representaciones en conocimientos de alto nivel explicativo (Pozo, 2003). En perspectiva constructivista, la enseñanza procura modificar, sustituir o ampliar ideas existentes para dar paso a nuevas ideas que resulten potencialmente más heurísticas para quien las elabora. Así, el conocimiento lo construye cada individuo, pues este es un acto individual e idiosincrático, y su evaluación está dada tanto por el docente como por el estudiante, quienes en conjunto controlan metacognitivamente los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Ahora bien, la formación de profesores de ciencias y, en particular, el desarrollo de habilidades y capacidades para elaborar y direccionar unidades didácticas, no es un acto de información conceptual sobre la enseñanza, pues así como se concibe el aprendizaje como cambios conceptuales, actitudinales y prácticos, la elaboración de conocimientos sobre la enseñanza implica aprendizajes que se dan por cambios conceptuales, actitudinales y prácticos sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación; es decir, por cambios didácticos (Mosquera y Furió, 2008).

Por ello, resulta pertinente, como un referente teórico posible para intervenir en la formación de profesores de ciencias, aproximarnos al modelo del conocimiento didáctico del contenido (CDC) para valorar su impacto en el conocimiento práctico (aquel que se despliega en las actividades de la práctica docente) y en la enseñanza orientada a la construcción de conocimiento científico escolar.

### **El cambio didáctico como estrategia para favorecer el desarrollo del conocimiento profesional del profesor de ciencias**

De acuerdo con Furió (2001), la mayoría de los investigadores en didáctica de las ciencias no

proceden del campo de la psicopedagogía, ni tampoco del dominio de la investigación en ciencias duras (Física, Química y Biología). Siguiendo a Jenkins (2001), la investigación en didáctica de las ciencias, y en general la mayoría de los investigadores en este campo, son profesores de ciencias que desarrollan su actividad docente en los distintos niveles educativos. Algunos provienen de las ciencias propiamente dichas y otros han sido formados como expertos en la enseñanza de las ciencias. En esta medida, podemos afirmar que a los investigadores que trabajan en el campo de la educación científica les compete una doble actividad profesional dados los marcos epistemológicos que sustentan sus actividades. Por una parte, desempeñándose como estudiosos de las ciencias de la naturaleza, investigando y siendo parte de las comunidades especializadas en ciencias naturales; se desempeñan en consecuencia, siguiendo las estrategias derivadas desde una *epistemología científica*. Por otra parte, como profesores, procurando encontrar desde la enseñanza caminos adecuados que conduzcan a aprendizajes eficaces de conocimientos científicos. Se desempeñan, entonces, activando una *epistemología docente* (Mosquera, 2008).

En este sentido, diversos autores (Lederman y Zeidler, 1987; Milne y Taylor, 1995; Anderson y Mitchener, 1994) reconocen diferencias en los estatutos epistemológicos de la de un experto en ciencias, en tanto que son miembros de comunidades científicas y de comunidades en educación científica. Las dos epistemologías, aunque relacionadas entre sí, poseen también sus especificidades propias en cuanto a finalidades, metodologías y contexto de aplicación, principalmente (Mosquera, 2008).

Hoy en día las comunidades académicas especializadas en educación en ciencias, cuyo eje teórico y práctico de actuación es la didáctica de las ciencias, incluye profesionales provenientes de otros campos de conocimiento, sobre todo expertos en pedagogía, psicología cognitiva, historia de las ciencias, filosofía de las ciencias y científicos.

De hecho, vale mencionar que en la literatura especializada y en los medios de difusión y eventos especializados en educación científica encontramos autores de otras disciplinas que desde sus investigaciones e innovaciones aportan significativamente al campo disciplinar de la educación científica. Lo cual da cuenta del interés cada vez mayor por este ámbito de conocimientos, dado el impacto social que tiene buscar resultados prometedores de una educación científica de calidad en el sentido amplio de la palabra.

En este contexto, una de las líneas prioritarias en educación en ciencias, la cual se ha venido desarrollando desde variadas investigaciones, es la relacionada con la formación inicial y continuada de los profesores de ciencias. Desde esta línea, el docente es considerado como un profesional de la educación y, para el caso particular del profesorado de ciencias, un especialista en el dominio de un cuerpo de conocimientos didácticos propios de la educación científica. En el Handbook editado por Gabel (1994) se encuentra una sección dedicada a *Research on Science Teaching Education*, en la cual se hacen referencias a investigaciones sobre la formación del profesorado de ciencias. Igualmente, en el Handbook editado por Fraser y Tobin (1998) se encuentra un amplio apartado (*Teacher Education*) dedicado a mostrar avances en las investigaciones sobre la formación inicial y continuada de los profesores de ciencias (Mosquera, 2008). En la obra editada por Perales y Cañal (2000), Porlán *et al.* también abordan aspectos importantes en la actualidad relacionados con *investigaciones en formación de profesores*.

El desarrollo de la didáctica de las ciencias como cuerpo de conocimiento nos ha permitido, paulatinamente, evidenciar cómo hoy en día ya se encuentran en desarrollo nuevos modelos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Los cuales emergen como alternativas a los modelos convencionales y procuran una enseñanza que apunta a cambios conceptuales simultáneos con cambios de naturaleza metodológica y actitudinal mediados por la actividad constructiva consciente de

los sujetos que aprenden. Como lo sugieren Linn (1987), Duschl y Gitomer (1991), Jiménez y Sanmartí (1997), Porlán (1998) y Gil *et al.* (1991), todo ello apunta a la necesidad de desarrollar y evaluar nuevas estrategias de formación del profesorado de ciencias.

Dadas las características del mundo actual, permeado por el acceso permanente a toda clase de información, los retos y las expectativas de la educación han tenido cambios trascendentales en los últimos años. De hecho, es cada vez más una necesidad cultural entender las relaciones entre la enseñanza y el aprendizaje, no como relaciones causales sino como relaciones ontológicas que promueven el papel del estudiante como sujeto en actitud cognoscente que aprende a aprender construyendo colectivamente conocimientos teóricos y prácticos, a la par que desarrolla actitudes y emociones positivas con la intención de explicar mejor el mundo y de solucionar, o al menos, comprender, problemas de interés para la humanidad y para contextos socioculturales específicos. Ello ha implicado pensar nuevas alternativas curriculares para la formación de profesores de ciencias, con el propósito de superar el reduccionismo que acarrea una formación basada en impartir instrucciones en cuanto a aspectos pedagógicos generales y científicos, con poca conexión y fundamento con la denominada nueva naturaleza de las ciencias y su impacto en la nueva naturaleza de la educación científica. Estas visiones habituales conducen a suponer que enseñar es fácil y que es cuestión de técnicas que solo requieren saber la materia que se enseña sumado a un poco de destrezas metodológicas (Gil, 1991).

Sin embargo, como ha podido evidenciarse, estos cambios no son fáciles. No es sencillo sacar a las personas de sus "zonas de confort" y, por ello, es todo un reto para la investigación en didáctica de las ciencias proponer y desarrollar estrategias que favorezcan cambios importantes en la epistemología docente y en las prácticas docentes, considerando además el contexto cultural y social de los centros educativos. Una estrategia que parece

conducir a logros prometedores para el favorecimiento del cambio didáctico es poner en marcha el modelo de enseñanza y de aprendizaje por investigación orientada durante los procesos de formación de profesores de ciencias (Mosquera, 2008).

La actividad profesional del docente es esencialmente práctica. En este sentido, la epistemología del profesor de ciencias y la práctica docente conforman lo que Kuhn (1962) denomina “matriz disciplinar”, la cual da cabida a la estructura global en la que se funda la actuación profesional de los profesores de ciencias. Esta matriz implica aspectos conceptuales y actitudinales necesarios para desarrollar estructuras complejas de conocimientos, ideas, creencias y representaciones acerca de la enseñanza de las ciencias, así como aspectos metodológicos en lo que tiene que ver con los esquemas de acción propios de la práctica docente del profesorado. La matriz disciplinar puede, entonces, ser caracterizada como un modelo didáctico habitual, si es que es compatible con esquemas habituales de enseñanza, o como un modelo alternativo cuando este es más cercano a modelos de enseñanza contemporáneos (Mosquera, 2008).

Según Copello y Sanmartí (2001), la extensión de la idea de epistemología personal docente a la formación permanente del profesorado de ciencias se comprende en la medida en que el cambio didáctico logrado por un profesor depende fundamentalmente de su sistema personal de valores y de actitudes iniciales, así como de las interacciones que este sistema pueda tener en las prácticas docentes (Mosquera, 2008). En este supuesto resulta lógico suponer que la epistemología personal docente impacta en las actitudes y en los valores asumidos socialmente en la enseñanza (Gil, 1983; Furió, 1994).

En este punto creemos necesario precisar el sentido de lo que en este artículo conceptualizamos por *epistemología docente* y por *práctica docente*. La *epistemología docente*, como modo de entender la elaboración y puesta en escena por parte de los profesores de ciencias de conocimientos

sobre la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y el currículo, está conformada por tres ejes indispensables en la actividad del profesor y que se corresponden entre sí a la manera de un sistema complejo (Bertalanffy *et al.*, 1984). El eje conceptual, que es el conjunto de conocimientos que un profesor de ciencias ha elaborado sobre la disciplina o el área específica de la disciplina que enseña (Física, Biología, Química, productos naturales, etc.), sobre la naturaleza de las ciencias (filosofía, epistemología e historia de las ciencias) y sobre la didáctica de las ciencias (Mosquera, 2008).

En el eje conceptual de la actividad profesional de un profesor de ciencias se reconoce la estructuración teórica que favorece en el profesor la fundamentación necesaria para comprender y usar los conceptos y los principios de las ciencias (sean aspectos generales, básicos o propios de programas y líneas específicas). Este andamiaje está estructurado por aspectos “visibles” (teorías, conceptos, líneas de investigación, objetos de estudio, estrategias de investigación, etc.) y por aspectos “implícitos” que dan cuenta de cómo los conocimientos científicos se han producido, transformado y validado por parte de comunidades académicas especializadas. Estos aspectos “implícitos” provienen de los aportes de la filosofía, de la epistemología y de la historia de las ciencias. Se trata, especialmente, de aportes contemporáneos, de conocimientos indispensables en la estructura conceptual de la actividad profesional del profesor de ciencias, que habitualmente se han ignorado y que explican, en buena medida, las razones por las cuales cuesta mucho alejarse de una enseñanza de las ciencias centrada casi exclusivamente en la transmisión de teorías y conceptos; cuya esencia filosófica de base corresponde a posturas empiristas y positivistas de la ciencia y cuyos soportes psicológicos son próximos al paradigma conductista y behaviorista (Mosquera, 2008).

Otro componente del eje conceptual corresponde al conocimiento del profesor de ciencias en relación con los saberes propios acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias; saberes que

dependen fundamentalmente de su conocimiento e implicación sobre los resultados que se han producido en el campo de conocimiento de la didáctica de las ciencias. Al igual que sucede con los conocimientos científicos, los cuales a lo largo de su desarrollo han requerido de interrelaciones con otros campos de conocimiento, la didáctica de las ciencias, además de su desarrollo intrínseco, ha venido ampliando sus relaciones transdisciplinarias e interdisciplinarias (Resweber, 2000) con otros campos de conocimiento interesados en resolver problemas educativos y, en particular, de la educación científica, tales como la psicología cognitiva, la sociología, la pedagogía, las ciencias del lenguaje y la comunicación.

Un segundo eje de la actividad profesional del docente de ciencias es el actitudinal, el cual es necesario para comprender las predisposiciones de un profesor hacia la enseñanza de las ciencias. Nos da pautas para reconocer lo que debemos ser, sentir y saber hacer los profesores de ciencias. Desde este eje podemos: a) comprender el conjunto de ideas y creencias que el profesor manifiesta y asume en relación con la investigación y la innovación en la enseñanza de las ciencias (dimensión cognitiva de las actitudes); b) identificar el sistema de valores y principios que el profesor de ciencias pone en explícito cuando define grados de aceptación o rechazo hacia sus actividades como enseñante o hacia las actividades docentes que otros colegas desarrollan en el acto educativo, así como para valorar y desde allí aceptar o rechazar resultados de la investigación y la innovación en educación científica (dimensión valorativa de las actitudes); y, c) comprender las decisiones que el profesor toma al diseñar, desarrollar y evaluar actividades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias de modo que permiten reconocer esquemas de acción que orientan la praxis educativa (dimensión conativa de las actitudes) (Mosquera, 2018).

Estos dos ejes como ya se ha advertido, estructuran conceptual y teóricamente el conjunto de conocimientos que el profesor debe saber, permiten reconocer y desarrollar las actitudes y esquemas

de acción que se pueden derivar de dichos conocimientos que, en suma, dan cuenta de lo que el profesor debe ser y saber hacer, por lo cual caracterizan la *epistemología docente*.

El tercer eje (procedimental) caracteriza las actividades prácticas y los esquemas de acción que desarrolla un profesor. Corresponde a lo que en este artículo presentamos como conocimientos prácticos; los cuales, sumados a la epistemología docente, conforman el andamiaje de lo que debe saber, saber hacer y hacer u profesor. En otras palabras, su estudio e intervención nos permite identificar aquello que sabe, piensa y dice un profesor al desplegar su actividad profesional como docente de las ciencias.

## El conocimiento didáctico del contenido

El CDC es un modelo para el desarrollo de la actividad profesional de los profesores de ciencias que busca reconocer y explicitar la relación que existe entre conocimientos científicos, pedagógicos y didácticos ante la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Dichos conocimientos resultan determinantes para llegar a caracterizarlo y comprenderlo (Parga *et al.*, 2015). Tal y como varios autores lo han señalado, el CDC se desarrolla en el mundo hispanohablante como una comprensión del modelo del PCK propuesto por Shulman (1986; 2005) y no puede ser tratado como un concepto básico que da explicación a asuntos de un contexto particular. Por el contrario, este está constituido por acciones, pensamientos y creencias que determinan la forma en la que un profesor enseña; asunto que puede ser observado e identificado solamente durante la práctica educativa misma.

El CDC ha sido ampliamente investigado; aunque una de las principales críticas que se señalan es el querer caracterizarlo identificando y singularizando por separado cada uno de sus componentes, lo que deja de lado la relevancia de verlo en conjunto para comprender sus propósitos y resultados en lo que al conocimiento profesional de los docentes refiere. Por el contrario, el estudio

integrado e integrador del modelo del CDC permite articular la epistemología y la práctica docente al igual que comprender significativamente las relaciones entre los conocimientos del contenido, los conocimientos de los estudiantes, los conocimientos sobre el currículo y los conocimientos escolares, entre otros, con los conocimientos didácticos de los contenidos.

No debemos olvidar que la enseñanza y el aprendizaje, entendidos como situaciones problema, requieren para su solución del abordaje desde perspectivas teóricas y prácticas. En este contexto, en las aulas se identifican diversas problemáticas asociadas con el aprendizaje de conocimientos, caracterizados en el plano individual como saberes enseñables (objetos de enseñanza). Pensar la enseñanza implica el despliegue de estrategias y metodologías que relacionan conocimientos disciplinares, pedagógicos, didácticos, curriculares y contextuales, por lo que resulta necesario analizar y reflexionar acerca del papel del profesor, tanto en el plano de la epistemología como de la práctica docente.

El modelo de CDC es considerado por Marcelo (2001) como un elemento central de los saberes del profesor, representando la combinación entre el conocimiento de la materia a enseñar y el conocimiento pedagógico y didáctico referido a cómo enseñarla.

Con el interés de investigar y transformar las concepciones de los profesores en torno a cómo enseñar, surge el trabajo realizado por Shulman (1986), quien propone concentrar la reflexión sobre los saberes que el docente posee de los contenidos que enseña, teniendo en cuenta aspectos intrapersonales del profesor como los son sus creencias y las teorías que conforman su pensamiento e influyen en su desarrollo profesional. Estos aspectos, según este modelo, se encuentran delimitados dentro de la actividad docente y los conocimientos del profesor, destacando que la integración de estos componentes da paso al conocimiento pedagógico del contenido, conocido por sus siglas en inglés como PCK (Pedagogical Content Knowledge).

El PCK, según Bolívar (1993), fue formulado en el marco de la investigación denominada *Knowledge Growth in a profession: development of knowledge in teaching*, realizada por Shulman y sus colaboradores en la Universidad de Stanford. Esta investigación tuvo como finalidad el análisis del conocimiento profesional de un objeto enseñable en los docentes y de cómo los profesores generaban transformaciones para hacer los contenidos más comprensibles a los estudiantes. En la investigación realizada se presentó el caso de una profesora de Literatura, la cual fue expuesta a las observaciones realizadas por el equipo de trabajo de Shulman, identificando que la docente realizó articulaciones entre los conocimientos de la disciplina a enseñar y generó espacios de aprendizaje más comprensivos y significativos para sus estudiantes.

Inicialmente, Shulman había distinguido dos tipos de conocimiento: el primero, el conocimiento del profesor sobre los estudiantes como aprendices, en el cual se caracterizan las ideas previas de los estudiantes frente a temas nuevos, las dificultades en la construcción de conocimientos científicos y las motivaciones e intereses que presentan los estudiantes con respecto a los contenidos a aprender. El segundo corresponde al conocimiento sobre la enseñanza de temas concretos, permitiendo que el conocimiento detallado de las temáticas a desarrollar facilite al profesor anticipar y desarrollar estrategias para la enseñanza de contenidos, en los cuales se presentan problemas o dificultades en el momento de ser enseñados (Acevedo, 2009).

En el desarrollo progresivo de este modelo han venido proponiéndose e integrándose otros conocimientos claves en la integración de lo que entenderíamos por los conocimientos que fundamentan la profesión del docente. Entre ellos, cabe citar:

- I. Conocimiento del contenido.
- II. Conocimiento didáctico general.
- III. Conocimiento sobre el currículo.
- IV. Conocimiento didáctico del contenido.

- V. Conocimiento del contexto educativo.
- VI. Conocimiento de las características de los estudiantes.
- VII. Conocimiento de las finalidades educativas.

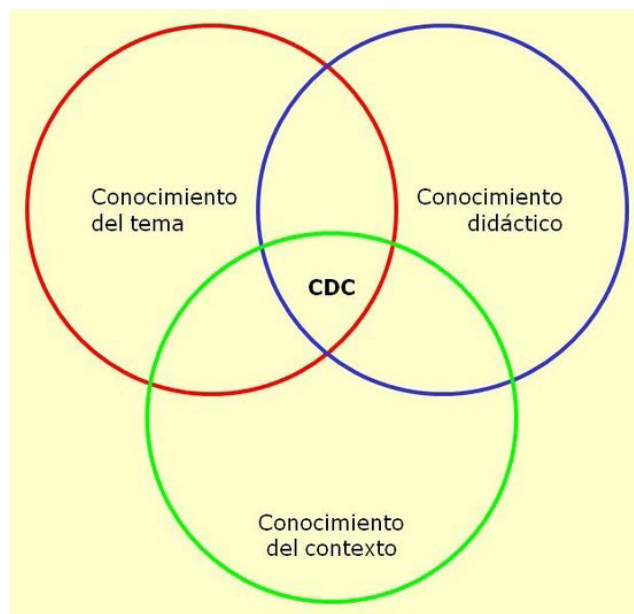
La integración de estos conocimientos puede hacerse evidente en la práctica de docentes expertos y, a su vez, puede servir como marco referencial para pensar al docente como un ser social consciente de la necesidad de reflexionar para el mejoramiento de sus prácticas, promoviendo el desarrollo de profesores novatos en “maestros de la materia” mediante la reflexión consciente sobre el desarrollo de estrategias que otorgan la posibilidad de generar espacios para la apropiación de contenidos que resulten más significativos para los estudiantes (Shulman, 2005). Sin embargo, en trabajos posteriores se puede observar que Shulman simplifica en tres los conocimientos mencionados, siendo estos conocimientos imprescindibles en un docente para tomar con responsabilidad su papel como formador en la sociedad:

- Conocimiento del contenido temático de la materia.
- Conocimiento pedagógico del contenido, es decir, el tema de la materia para enseñar.
- Conocimiento curricular.

Cuando se habla de conocimiento sobre el contenido de la materia toman lugar las teorías, leyes y principios que sirven como raíz dentro del área o campo de estudio. Pero, también resulta necesario que el docente conozca cómo se originó este contenido, qué problemas se presentaron al momento de intentar llegar a este, incluso de aquellos paradigmas que con su evolución abrieron las puertas a nuevas ideas y posibles soluciones a situaciones fenomenológicas. En este sentido, los contenidos de enseñanza los comprendemos como conocimientos que son incorporados en los currículos de ciencias según criterios espaciotemporales.

Finalmente, puede decirse, siguiendo a Gess y Lederman (citados por Parga *et al.*, 2015), que el

poseer dichos conocimientos puede impactar positivamente en la práctica profesional del docente, dada su condición de modelo integrador fundamentando el conocimiento base para la enseñanza (Acevedo, 2009; Parga *et al.*, 2015).



**Figura 1.** Modelo integrador del CDC según Gess-Newsome.

**Fuente:** tomado de Acevedo (2009).

## El conocimiento práctico de los profesores de ciencias

El desarrollo del conocimiento práctico de los profesores ha sido uno de los principales hitos en la discusión de la educación en la actualidad, pues es un referente apropiado para reconocer y caracterizar el papel del docente en los procesos de enseñanza-aprendizaje. El estudio de la práctica docente busca identificar su impacto en el ambiente de aprendizaje, asunto estudiado por Shulman (1989), quien buscaba investigar el desarrollo del conocimiento profesional durante la formación del profesorado; entendiendo la necesidad de articular los procesos de investigación en los docentes que pronto tomarían el curso de la educación en Estados Unidos. De otra parte, porque al ser docentes noveles (Mosquera, 2016), sus procesos

cognitivos y metacognitivos, favorecerían una mayor flexibilidad a la hora de realizar cambios en su desarrollo práctico (Marcelo, 2001), logrando así representar los contenidos de formas más cercanas al contexto de los estudiantes (Bolívar, 1993).

A mediados de 1983 en EE. UU. se presentaron informes alarmantes acerca del lamentable estado de la educación pública. Destacándose el alto nivel de fracaso de los estudiantes y la necesidad de establecer nuevas maneras de enseñanza con el fin de alcanzar mayores niveles académicos. Para entonces irrumpieron innovadores trabajos, como el realizado por Lee Shulman y expuesto durante su conferencia en la Universidad de Texas en Austin, el cual plantea la importancia del conocimiento pedagógico sobre la materia, proponiendo así el inicio de una línea de investigación del PCK (Acevedo, 2009).

Para favorecer la integración de dichos conocimientos en el ejercicio práctico del docente, Shulman propuso el modelo de razonamiento y acción pedagógica en el que sugiere que el docente antes de llevar a cabo el proceso de enseñanza de una temática en particular ha de realizar un análisis de los objetivos de enseñanza y de lo que se quiere alcanzar. Posteriormente, desarrolla el proceso práctico en el cual, a partir de distintas estrategias, se enseñe el conocimiento de los contenidos de forma más representativa a los estudiantes y, finalmente, realice las reflexiones para configurar un nuevo pensamiento desde lo desarrollado y la generación de nuevas estrategias a favor del aprendizaje de los estudiantes (Shulman, 2005; Salazar, 2005; Acevedo, 2009). Es por ello por lo que el modelo de razonamiento y acción pedagógica de Shulman busca señalar un ciclo a través de actividades de razonamiento, ejercicio práctico y nuevas reflexiones donde el punto de partida y de llegada de cada ciclo es un acto de comprensión sobre la actividad docente ([figura 2](#)). Dicho modelo de razonamiento y acción pedagógica se encuentra integrado por las siguientes actividades propias del docente: comprensión, transformación, enseñanza, evaluación, reflexión y nueva comprensión.

Elbaz (1991, citada en Clarà y Mauri, 2010) se refiere al conocimiento práctico personal “como implícito, complejo e impregnado de significado personal” (p. 10). Este conocimiento, para Connelly y Clandinin (1988, citados en Tamir, 2005), “puede ser descubierto en las acciones de la persona y bajo algunas circunstancias por el discurso o la conversación” (p. 5). Para esta autora el factor experiencial es el eje central del conocimiento práctico; por esta razón, lo define como un conocimiento que está sujeto al cambio y a la transformación. Para Tamir, “es un conocimiento que los profesores usan en su enseñanza” (2005, p. 4).

Para Angulo *et al.* (1999, citados en Perafán, 2013), el conocimiento práctico es el resultado de la interacción entre el docente y el medio escolar y su formación teórica. Para Schön, “el Conocimiento Práctico de un docente se ve representado en las habilidades y destrezas que tiene un profesor para manejar las diversidades, complejidades y singularidades en el aula, así como para resolver los problemas que allí se presentan” (1987, citado en Sánchez, 2015, p. 34).

Independientemente de las diferentes definiciones que le han dado algunos autores al conocimiento práctico, este se puede identificar por algunas características descritas a continuación por Mingorance (1989, citado en Blanco *et al.*, 1995). Este señala que el conocimiento práctico tiene cuatro características principales: experiencial (en la cual el docente se enfrenta a los diferentes problemas del aula, teniendo en cuenta que este es un escenario incierto y complejo); personal (ya que los sentimientos, creencias, actitudes, aptitudes y valores son propios de cada docente); grupal (en donde los diferentes docentes socializan las diferentes experiencias del aula con sus colegas); y, finalmente, contextual (ya que la experiencia tiene lugar en contextos sociales diferentes). El conocimiento práctico orienta las acciones del docente, es implícito, no suele expresarlo a través de enunciados, pero se puede evidenciar en las acciones que realiza ya que el docente siempre dirige sus acciones a partir de este conocimiento; es decir, puede hacerse explícito.

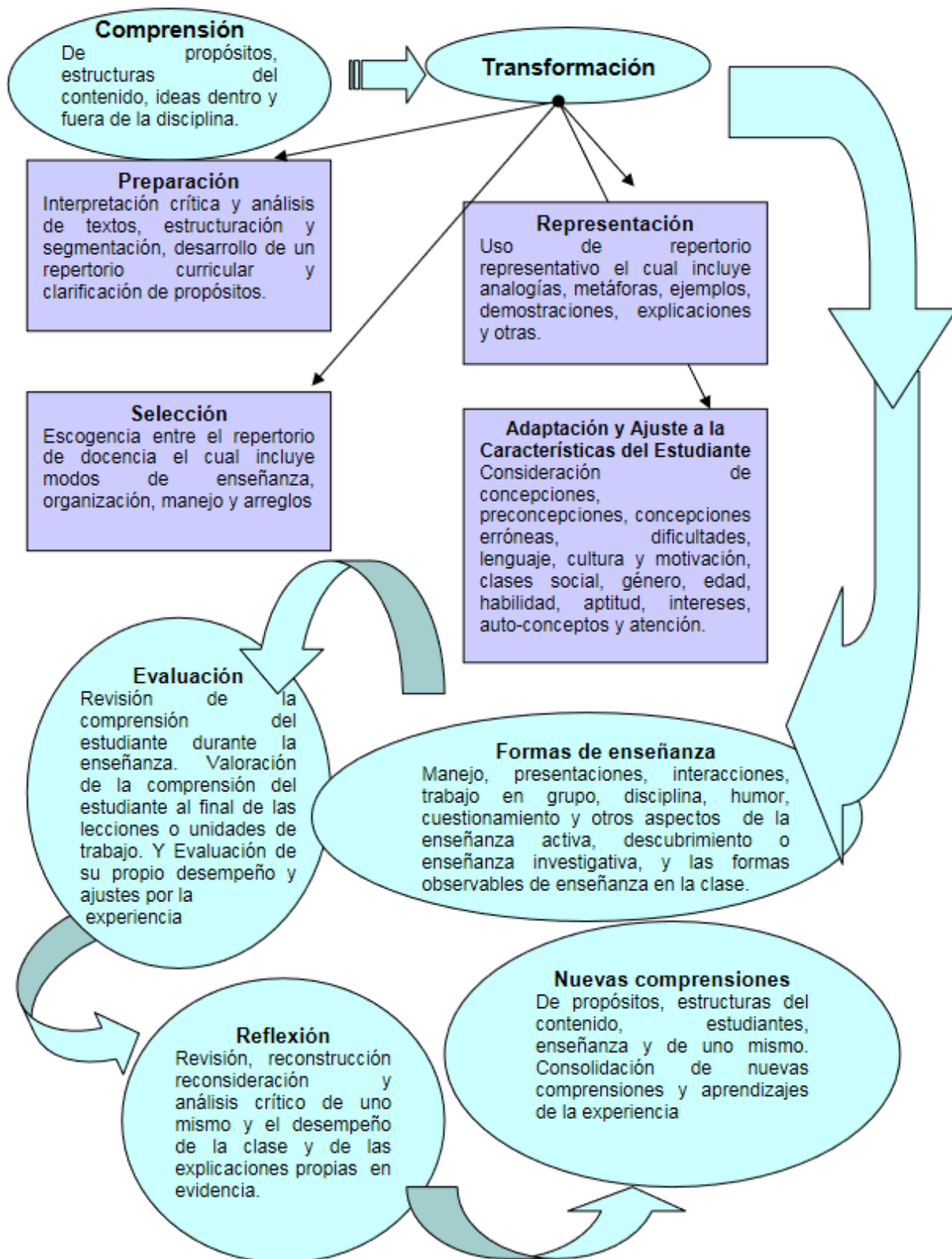


Figura 2. Modelo de razonamiento y acción pedagógica.

Fuente: tomado de Salazar (2005).

Cabe aclarar que este conocimiento también se puede evidenciar en el discurso del docente, en el cual pone en evidencia sus formas de pensamiento (creencias, teorías, imágenes y demás). Por otro lado, Meijer *et al.* (1999), manifiestan otras características como un conocimiento tácito, dinámico y orientador de las acciones del docente.

En la práctica educativa los docentes no solo requieren de los conocimientos disciplinares para enfrentar las diferentes situaciones que se presentan en el aula, ya que estas son dinámicas, cambiantes e impredecibles. Es por este motivo por el cual cuando el docente se enfrenta a la realidad escolar desarrolla un conocimiento práctico que le permite tomar decisiones y solucionar las diferentes situaciones que se puedan presentar. De esta manera, para Bullough (1995) y Craig (2000) (citados en Sánchez, 2015), el conocimiento práctico es un constructo personal ya que cada docente vive experiencias diferentes en el aula. Es decir, está mediado por los escenarios en los que se desarrolla; es entonces el resultado de una compleja interacción del docente con los diferentes integrantes de la comunidad educativa: alumnos, otros docentes, padres de familia y autoridades educativas. Por esta razón, se dice que estos saberes son constructos sociales ya que se elaboran con los alumnos y compañeros de trabajo. La historia de vida, las experiencias como estudiantes y, posteriormente, como docentes en las instituciones en las que ha laborado, todos estos factores influyen en la construcción del conocimiento práctico; en consecuencia, el contexto también es un factor determinante.

En suma, el conocimiento práctico deriva, como se ha anotado, de la acción pedagógica y para comprenderla, caracterizarla e incluso procurar modificarla, un referente apropiado lo es el modelo de Shulman (1986). De otra parte, y como es el interés de la investigación que se fundamenta en este artículo, la relación entre el modelo del CDC y su impacto en el conocimiento práctico de los profesores de ciencias se constituyen en herramientas valiosas para favorecer en los docentes

actividades innovadoras. En particular, para favorecer aprendizajes que procuran la construcción de conocimientos científicos escolares y que van más allá del solo reconocimiento de los conocimientos científicos convencionales.

## El conocimiento científico escolar

Ante la pregunta ¿qué enseñar en clase de ciencias?, convergen cuestiones acerca de la visión de ciencia y la actividad científica, finalidades de su enseñanza, tipos de conocimientos presentes en el aula, hechos que trascienden más allá de ser inconvenientes epistemológicos. De no ser así, disciplinas como la didáctica de las ciencias no señalaría las serias dificultades en cuanto a los resultados de la escolarización, como lo son: visiones deformadas de la ciencia, complejización del conocimiento, prevalencia de explicaciones simplistas a fenómenos naturales, poca apropiación del conocimiento para tomar decisiones informadas en materia de sociedad y ambiente (Occelli, 2013).

Como lo señalan Porlán *et al.* (2000), “el grado de complejidad y organización acerca de la naturaleza de la ciencia, favorece procesos de integración, generalización y transferencia en el conjunto de sistemas cognitivos que se suscitan en el aula: docentes y estudiantes”. Las concepciones de los docentes se asumen como un suceso notable y decisivo en el aula, producto de un proceso constructivo en el transcurso de su vida personal en donde dichas creencias, posteriormente actitudes, generan huellas en el aprendizaje de los alumnos y se caracterizan por estar influidas, a su vez, con la experiencia debida al ejercicio mismo (Porlán *et al.*, 2000).

La investigación en la enseñanza centrada en el modelo proceso-producto contemplativo de aspectos asociados al comportamiento y rendimiento académico del educando, ha evolucionado para forjarse en una búsqueda a partir del modelo basado en el pensamiento del profesor (creencias, experiencia práctica y conocimientos disciplinares) y concepciones de los alumnos.

En este orden de ideas, los contenidos de la clase son asumidos como un problema central en la didáctica de las ciencias. La buena intención de diversos proyectos educativos con miras a replantear la enseñanza tradicional, se han visto entorpecidos por el desajuste debido a situaciones como nuevos tiempos, nuevas audiencias y nuevos valores educativos que ponen en evidencia la necesidad de diseñar nuevos temas de enseñanza y maneras de enseñar en las clases de ciencias.

¿Qué enseñar en ciencias? La pregunta y su respuesta gira en torno a las implicaciones que tienen lugar entre la relación de factores como los contenidos de clase, las metodologías de enseñanza y las concepciones de los docentes acerca de aquel conocimiento para enseñar. El conocimiento científico (CC) no se trata de una visión del mundo en la que cuanto más detallado sea mejor, por el contrario, es el resultado de una intención precisa: intervención experimental y cognitiva mediada por un grupo de científicos (Rodrigo, 1994).

Algunos términos se destacan más que otros en su utilización para la investigación en didáctica. Temas tales como las concepciones de los estudiantes y, más recientemente, las concepciones de los profesores, en relación con el desarrollo del conocimiento científico escolar (CCE). Las investigaciones sobre los términos más comunes presentados en las publicaciones de los últimos años indican que no hay unanimidad en los distintos nombres, pero que, en muchos casos, estos convergen en la especificación de un determinado contexto o especialidad. Tal como ocurre con conocimiento escolar, CCE, ciencia escolar, (Martínez, 2013). Más aún, a partir del CCE se pueden encontrar varias terminologías asociadas, tales como: contenidos escolares, conocimiento en la escuela, ciencia en primaria, saber escolar y currículo escolar (Martínez *et al.*, 2013).

En la búsqueda por crear una sociedad crítica ante las explicaciones de los fenómenos del mundo, surgen investigaciones que indagan la relación del conocimiento de la escuela y el expuesto por la comunidad científica (en textos, artículos e

investigaciones). Las problemáticas que se evidencian en el acto de la trasposición de conocimientos en el aula recaen en la falta de relación y coherencia de los conocimientos aprendidos con la realidad. El conocimiento especializado (científico) no se puede enseñar bajo la forma en que fue elaborado por los especialistas, pues los alumnos se plantean otras preguntas y tienen otras finalidades. Bajo este enfoque se llega a que los currículos han de ser renovadores, es decir, que no presenten una ciencia de los conocimientos indiscutibles y descriptores del mundo, pues los mismos ya están a disposición para los alumnos en los libros de texto. Antes bien, el conocimiento que ahora interesa es el que permite discutir y tomar decisiones en donde la escuela es el garante y mediador de esta finalidad.

Para tratar de dilucidar cuestiones acerca del CCE, es necesario entrar en un debate del cual hacen parte el CC, el conocimiento cotidiano (CCo) y el conocimiento escolar (CE), con la intención de traer aspectos que sean mediadores o diferenciadores. Este debate gira en torno a dimensiones tales como epistemológicas, psicológicas, socio-históricas e ideológicas, en el cual la didáctica exige que se presenten las relaciones entre dichas dimensiones para que se logre pensar en una intervención educativa. Respecto a cómo entendemos estos tipos de conocimientos, un primer acercamiento en calidad de hipótesis indica que no hay incompatibilidad entre dichos conocimientos, que sus contenidos son transformables entre sí y transmisibles a diferentes contextos.

Cuando se menciona el CCE, tiende a confundirse con el CE, el cual, aunque para algunos autores sea la misma terminología, este último se destaca como un tipo de conocimiento obtenido y cambiante. Específicamente en el marco de la educación formal, teniendo como base el CCo (Benedetti y Arango, 2008).

El CCo es aquel que se construye a lo largo de la vida, que ha decir verdad es útil en el contexto de actividades diarias de cada persona; por lo cual, además de lo anterior, es un conocimiento individual. Sin embargo, es construido en un

ambiente sociocultural; está relacionado con las experiencias personales y se concibe como creencias, ideas o concepciones que dependen del entorno y, como tal, no pueden asumirse como universal este tipo de conocimiento (Benedetti y Arango, 2008). Cabe mencionar que para el CCo priman los razonamientos cualitativos para sacar conclusiones generales, se prioriza el conocimiento procedimental y explicativo de tipo empirista e inductivo y, por último, posee sus bases conceptuales en el proceso de observación e inducción (Benedetti y Arango, 2008).

Otra perspectiva acerca del CCo lo considera como base en la elaboración del CE, en tanto que el conocimiento que se elabora en la escuela no es un CC en sí (García, 1995). Entendiendo al CE como una recopilación de contenidos propios de la escuela elaborado a partir del CCo, que ocasionalmente llega a ser permeado por el CC como un marco de referencia para el desarrollo de contenidos curriculares.

Podemos referirnos entonces al CCE como un conocimiento que se desarrolla y se propone en un marco formal. Es decir, en la escuela propiamente, a pesar de su correlación con el CCo y el CC. En este sentido, el CCE resulta ser diferenciador de las características propias del contexto escolar (Benedetti y Arango, 2008). Este tipo de conocimiento se construye a partir de la interacción entre docentes y estudiantes.

No podemos dejar de un lado que en la escuela el CCE y el CCo, ambos con diferencias epistemológicas basadas en finalidades, formulación y organización de concepto como de procesos, contexto y formas de producción de conocimiento (Valbuena, 2007), presentan dificultad para su relacionamiento en cuanto a que el CCE se ha centrado en enfrentar pruebas evaluativas, mientras que el CC como tal desde hace bastante tiempo busca la manera de responder a problemas abiertos, de manera desarticulada.

El ideal de integrar el CC en un currículo para ser llevado a la escuela por los docentes es un reto y un objetivo del cual se han expuesto muchas

discusiones e investigaciones. Este conocimiento, también llamado conocimiento escolar, es una recopilación de todos los contenidos teóricos, enmarcados desde una perspectiva científica, que son modelados para ser enseñables; de manera que llega al punto de proponer secuencia en construcción del mismo.

Desde entonces, el CC se ha convertido en una meta a la cual no se ha podido llegar por parte de las universidades ni la escuela. Medio por el cual se pretende llegar a una “educación de excelencia”, inclusive permeada por la pretensión de ser introducida en una educación media y primaria con el objetivo de formar individuos competentes ante la información y la comprobación científica; recreando una postura de investigación fomentada por el estudiante.

No obstante, desde el punto de vista científico, el desligamiento de estos tres tipos de conocimiento (científico, escolar y cotidiano) ocasionaría que se tuviera que admitir muchas epistemologías de conocimiento asociadas a numerosas situaciones en las que se encontrase un individuo. Por otro lado, en diferentes contextos puede estar presente una misma pausa social o manera de actuar. En conclusión, ninguna de las tres posturas puede afirmar un conocimiento escolar alejado del CC o del CCo. Asimismo, es evidente que hay diferencias entre un pensamiento cotidiano simple y un pensamiento cotidiano complejo.

En este contexto, como CCE se entiende la teoría por la cual los contenidos de clase tienen aspectos en común con las disciplinas científicas, relación que se perfila mediante el diseño de una actividad científica escolar en la que se genere lenguaje, experiencia y representaciones del mundo (Izquierdo, 2008). Es así como la pregunta “¿qué enseñar a los alumnos?” puede resolverse mediante el diseño de una actividad científica escolar (ACE) que logre que vean la clase de ciencias como una oportunidad para entrar en una historia como protagonistas, como narradores de vivencias o guionistas de lo que se propongan hacer (Paz et al., 2008).

## Conclusiones

El CDC resulta ser un indicador del desempeño en el ejercicio docente, pues integra conocimientos y habilidades que el docente debe poseer para orientar procesos de enseñanza-aprendizaje. Caracterizar el CDC en un docente es una tarea compleja en la medida en que solo se le puede reconocer mediante las representaciones del docente y, además, resulta complicado saber si todo lo que el docente sabe es lo que realmente pone sobre la mesa en el momento de planear, ejecutar y reflexionar sobre sus prácticas. Esto, debido a que puede presentarse por etapas del desarrollo práctico en los que puede tener tanto periodos revolucionarios como también de resistencia al cambio (Parga *et al.*, 2015). Igualmente, todo ello puede ser permeado por las condiciones sociales, políticas, económicas o culturales, en las que se encuentre inmerso el ejercicio práctico del docente y pueda, en ocasiones, mejorar su práctica escolar, así como también desviarse de un ejercicio significativo.

Las perspectivas que los docentes tienen acerca de los procesos educativos y su experiencia inmersa dentro de los mismos impactan en el modo cómo planifican y desarrollan actividades para favorecer la generación y construcción de conocimientos científicos escolares en los estudiantes. Si transforman estas actividades en científicas escolares se facilita el cumplimiento de los objetivos de enseñanza y aprendizaje que se plantean. La conformación de un conocimiento propio del docente que le otorga una identidad profesional particular, haciéndole ver como un profesional que posee unos conocimientos propios y particulares para la enseñanza, permite fortalecer la idea de que es necesario, por parte de los docentes, construir un cuerpo de conocimientos profesionales del profesorado (CPP), en el cual el CDC sería uno de los conocimientos que integran el marco general del CPP y contribuiría al ideal de que no cualquier profesional puede enseñar, ya que la actividad de la docencia exige unos conocimientos propios de la labor (Leal, 2014; Parga *et al.*, 2015).

De otra parte, a pesar de la cantidad de investigaciones que se han realizado sobre el conocimiento práctico de los profesores, como lo afirman Meijer *et al.* (1999), aun no hay un acuerdo sobre las características o el contenido de este tipo de conocimiento. Son más estudiados los comportamientos adquiridos y llevados al aula por los aprendices para profesores, la relación entre la experiencia y el desarrollo del conocimiento práctico, así como la evolución del conocimiento práctico mediante la reflexión sobre la acción docente en el aula. En Colombia se han realizado investigaciones en torno a estas tres perspectivas en las áreas de Biología, Física y Química, en su mayoría, con docentes en formación inicial.

El camino hacia la construcción del CCE conlleva a plantearse: ¿cuál es el lugar que, si de una lista de prioridades se tratase, deben asumir las posturas epistemológicas de las ciencias, propósitos de la enseñanza, conocimiento sobre el contexto, desarrollo de habilidades, entre otros, acerca del hecho de enseñar en clase de Ciencias? Las posibles respuestas implicarán el papel activo que representa el docente en virtud de poder ser consciente y consecuente con dicha lista de prioridades.

El conocimiento profesional de los profesores deberá favorecer, en virtud de la formación y la experiencia docente, el desarrollo de actitudes que contribuyan a una mejor enseñanza de la ciencia a favor de las bondades que representa un reconocimiento de los aspectos que la mejoran; explorando de esta manera una condición de reflexión, autogestión y reestructuración que gestionará el educador en el transcurso de su trayectoria docente. En el proyecto realizado se ha logrado evidenciar que favorecer cambios didácticos en profesores de ciencias en formación inicial (en este caso, apoyados por la comprensión y la interiorización del modelo de conocimientos del profesor sugeridos por Shulman) ha permitido hacer explícito y concederle mayor importancia a las actividades prácticas en la aulas de clase, entendiéndolas no como simples

ejercicios operativos y rutinarios, sino como una forma de conocimiento que forma parte del entramado de los conocimientos profesionales de los profesores. Como consecuencia de ello, ha logrado ser revelador para quienes hemos participado en la conducción de esta investigación, así como para los profesores de ciencias que fueron intervenidos, que es posible una enseñanza innovadora de las ciencias que procura el aprendizaje en términos de construcción de contenidos científicos escolares. Lo cual favorece el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y perspectivas de la educación en ciencias más motivantes y retadoras.

## Referencias

- Acevedo, J. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21-46. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2009.v6.i1.02](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i1.02)
- Anderson, R., Mitchener, C. (1994). Research on science teacher education. En D. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. MacMillan.
- Benedetti, E., Arango, M. (2008). *Construcción de conocimiento científico escolar, desde el conocimiento cotidiano y científico a través de la unidad didáctica los microbios*. Instituto Universitario de la Paz; Escuela de Ciencias.
- Bertalanffy, L. V., Ross Ashby, W., Weinberg, G., Milsum, J., Buckley, W., Orchard, A., Hammer, P., West-Churchman, C. (1984). *Tendencias en la teoría general de sistemas*. Alianza Editorial.
- Blanco, L., Mellado, V., Ruiz, C. (1995). Conocimiento didáctico del contenido en ciencias experimentales y matemáticas y formación de profesores. *Revista de Educación*, 307, 427-446.
- Bolívar, A. (1993). "Conocimiento didáctico del contenido" y formación del profesorado: el programa de L. Shulman. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 113-124.
- Clarà, M., Mauri, T. (2010). El conocimiento práctico. Cuatro conceptualizaciones constructivistas de las relaciones entre conocimiento teórico y práctica educativa. *Infancia y Aprendizaje*, 33(2), 131-141. <https://doi.org/10.1174/021037010791114625>
- Copello, M. I., Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 269-283.
- Duschl, R., Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implication for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280909>
- Fourez, G. (2015) *Cómo se elabora el conocimiento. La epistemología desde un enfoque socio-constructivista*. Narcea S.A. de Ediciones.
- Fraser, B., Tobin, K. (1998). *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publisher. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2>
- Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199.
- Furió, C. (2001). *Proyecto docente: didáctica de las ciencias experimentales*. Universitat de València; Estudi General.
- Gabel, D. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. MacMillan Pub Co.
- García, J. (1995). La transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo en la construcción del conocimiento escolar. *Revista Investigación en la Escuela*, 27, 7-20.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Horsori.

- Izquierdo, M. (2008). La organización y la secuenciación de los contenidos para su enseñanza. En C. Merino, A. Gómez y A. Adúriz-Bravo (ed.), *Áreas y estrategias de investigación en la didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Jenkins, E. (2001). Science Education as a field of research. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1(1), 9-21. <https://doi.org/10.1080/14926150109556448>
- Jiménez, M. P., Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: Objetivos y contenidos en la educación secundaria. En L. Del Carmen (coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Horsori.
- Kuhn, S. T. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Leal, A. (2014). El conocimiento didáctico del contenido (CDC): una herramienta que contribuye en la configuración de la identidad profesional del profesor. *Revista Magistro*, 89-110.
- Lederman, N. G., Zeidler, D. L. (1987). Science teacher's conceptions of the nature of science: do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71(5), 721-734. <https://doi.org/10.1002/sce.3730710509>
- Linn, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240302>
- Marcelo, C. (2001). Aprender a enseñar para la sociedad del conocimiento. *Revista Complutense de Educación*, 531-593.
- Martínez, C. (2013). El conocimiento del profesor de ciencias, una disyuntiva entre el conocimiento científico y el conocimiento escolar. En C. Martínez y E. Valbuena (eds.), *Conocimiento profesional del profesor de Ciencias de Primaria y Conocimiento Escolar*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Doctorado Interinstitucional en Educación.
- Martínez, C., Valbuena, E., Molina, A. (2013). El conocimiento profesional que los profesores de ciencias de primaria tienen sobre el conocimiento escolar, en el Distrito Capital: un problema de investigación. En C. Martínez y E. Valbuena, (edits.), *El conocimiento profesional de los profesores de ciencias sobre el conocimiento escolar: resultados de investigación*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Martínez-Rivera, C. (2017) *Ser maestro de ciencias: productor de conocimiento profesional y de conocimiento escolar*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://doi.org/10.14483/9789585434424>
- Meijer, P., Verloop, N., Beijaard, D. (1999). Exploring language teachers practical knowledge about teaching reading comprehension. *El-sevier*, 15(1), 59-84. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(98\)00045-6](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(98)00045-6)
- Milne, C., Taylor, P. (1995). Metaphors as global markers for teacher's beliefs about the nature of science. *Research in Science Education*, 25(1), 39-49. <https://doi.org/10.1007/BF02356459>
- Mosquera, C. J. (2008) *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de Profesores universitarios de Química* (tesis doctoral). Universidad de Valencia.
- Mosquera, C. J., Furió, C. J. (2008) El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 115-154.
- Mosquera, C. J. (2016) *El cambio didáctico en la formación Inicial de profesores de química. Estrategias para su desarrollo en la reflexión sobre la práctica*. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico; Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Ocelli, M., Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, 31(2). <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.761>

- Parga, D., Mora, W., Martínez, L., Ariza, G., Rodríguez, B., López, J., Gómez, Y. (2015). *Conocimiento didáctico del contenido (CDC) en Química*. Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
- Paz, V. A., Márquez, C., Adúriz-Bravo, A. (2008). Análisis de una actividad científica escolar diseñada para enseñar qué hacen los científicos y la función de nutrición en el modelo de ser vivo. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2).
- Perafán, G. (2013). El conocimiento profesional docente: caracterización, aspectos metodológicos y desarrollo. Aprobado para publicación en el libro: *Estado de la enseñanza de las ciencias: 2000-2011*. Ministerio de Educación Nacional; Universidad del Valle.
- Perales, F. J., Cañal, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- Porlán, R., Rivero, A., Martín del Pozo, R. (2000). El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En F. Perales y P. Cañal (comps.). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil.
- Pozo, J. I. (2003). *Adquisición de conocimiento*. Ediciones Morata S. L.
- Resweber, J. P. (2000). *La Méthode interdisciplinaire*. M. E. Rodríguez (trad.), *El método interdisciplinario*. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico; Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rodrigo, M. (1994). El hombre de la calle, el científico y el alumno: ¿un solo constructivismo o tres? *Investigación en la Escuela*, 23(1), 8-16.
- Salazar, F. (2005). El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 1-18.
- Sánchez, M. (2015). *Caracterización del conocimiento práctico de los profesores de Química: Aportes a la formación inicial* (tesis de maestría). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Sánchez, G., Valcárcel, M. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in Teaching. *Educational Research*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (1989). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea. En M. Wittrock, *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*. Paidós Educador.
- Shulman, L. S. (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 1-40.
- Tamir, P. (2005). Conocimiento profesional y personal de los profesores y de los formadores de profesores. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 9(2), 1-10.
- Valbuena, E. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico: Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)* (tesis de doctorado). Universidad Complutense de Madrid.

