

Reflexiones teóricas sobre el conocimiento didáctico del contenido (CDC) en profesores de ciencias naturales en formación¹

María Alejandra Narváez Gómez²

Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia

Jordi Solbes Matarredona³

Universidad de València, España

Recepción: 06/05/2022

Evaluación: 20/05/2022

Aprobación: 24/06/2022

Artículo de Investigación-Reflexión

DOI: <https://doi.org/10.22267/rhec.222828.101>

Resumen

Este escrito presenta reflexiones teóricas respecto al conocimiento didáctico del contenido (CDC) que forman parte de la investigación doctoral conocimiento didáctico del contenido sobre la estructura atómica en docentes en formación en Ciencias Naturales en Colombia. Su objetivo es desvelar las principales discusiones teóricas y utilidad práctica que conlleva la investigación que se adelanta en este campo de conocimiento y

¹ Este artículo es derivado de la investigación doctoral titulada: “Conocimiento didáctico del contenido sobre la estructura atómica en docentes en formación en ciencias naturales en Colombia”, programa de Doctorado en Ciencias de la Educación-RUDECOLOMBIA, CADE NARIÑO.

² Profesora en la Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia. Magister en educación. Grupo de investigación: para el Desarrollo de la Educación y la Pedagogía – GIDEP. Línea de investigación: Enseñanza de las Ciencias. Correo electrónico: alejnarvaez27@gmail.com.  <http://orcid.org/0000-0003-1115-1456>

³ Catedrático del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de València, España. Director del GIUV2013-175. Grupo de investigación en educación científica y formación del profesorado en ciencias – GIUV2013-175. Línea de investigación: La formación del profesorado de ciencias, Didáctica de la Física y Química, Cuestiones sociocientíficas CSC y pensamiento crítico en la Educación científica, Utilización de la historia de la ciencia y de las relaciones ciencia- tecnología-sociedad (CTS). en la enseñanza de la ciencia, Enseñanza de las ciencias por indagación en educación primaria y Secundaria, Neurociencias aplicadas a la educación científica. Correo electrónico: Jordi.Solbes@uv.es.  <http://orcid.org/0000-0002-8220-209X>

cómo, al comprenderlas, pueden contribuir a los procesos formativos de los Licenciados en ciencias naturales. En cuanto a lo metodológico, se elaboró un análisis documental en tres etapas, teniendo en cuenta un análisis heurístico y hermenéutico, lo que incluye la necesidad de explicar cómo se articula el saber disciplinar, el saber del contexto, el saber sobre la naturaleza de la ciencia y el saber didáctico en la didáctica de las ciencias. Uno de los principales resultados destaca el hecho de que tanto el conocimiento didáctico como el pedagógico (que forman parte del CDC) son exclusivos del profesor y han sido configurados a través de los procesos educativos formales e informales y las experiencias prácticas en el aula de clases.

Palabras clave: ciencias naturales, conocimiento didáctico del contenido, didáctica de las ciencias, formación en ciencias, profesores en formación.

Theoretical reflections on the didactic knowledge of the content (CDC) in natural science teachers in training

Abstract

This paper presents theoretical reflections on didactic content knowledge (CDC) that are part of the doctoral research didactic content knowledge on the atomic structure of matter in teachers in training in natural sciences in Colombia. Its objective is to unveil the main theoretical discussions and practical usefulness of the research carried out in this field of knowledge and how, by understanding them, they can contribute to the training processes of natural science graduates. In terms of methodology, a documentary analysis was carried out in two stages, one heuristic and the other hermeneutic, which includes the need to explain how disciplinary knowledge, knowledge of the context, knowledge about the nature of science and didactic knowledge and its configuration in the didactics of science are articulated. One of the main results highlights the fact that both didactic and pedagogical knowledge (which are part of the TOT) are exclusive to the teacher, and have been configured through formal and informal educational processes and practical experiences in the classroom.

Keywords: natural sciences; didactic content knowledge; science didactics; science education, teachers in training.

Reflexões teóricas sobre o conhecimento didático do conteúdo (CDC) em professores de ciências naturais em formação

Resumo

Este trabalho apresenta reflexões teóricas sobre o conhecimento de conteúdo didático (CDC) que fazem parte do conhecimento de conteúdo didático de pesquisa de doutorado sobre a estrutura atômica da matéria em professores em treinamento em ciências naturais na Colômbia. Seu objetivo é revelar as principais discussões teóricas e a utilidade prática das pesquisas realizadas neste campo do conhecimento e como, ao compreendê-las, podem contribuir para os processos de formação dos graduados em ciências naturais. Em termos de metodologia, foi realizada uma análise documental em duas etapas, uma heurística e outra hermenêutica, que inclui a necessidade de explicar como se articulam o conhecimento disciplinar, o conhecimento do contexto, o conhecimento sobre a natureza da ciência e o conhecimento didático e sua configuração na didática da ciência. Um dos principais resultados destaca o fato de que tanto o conhecimento didático quanto pedagógico (que fazem parte do TOT) são exclusivos do professor, e foram moldados através de processos educacionais formais e informais e experiências práticas em sala de aula.

Palavras-chave: ciências naturais; conhecimento de conteúdo didático; didática da ciência; educação científica; professores estagiários.

Introducción

A continuación, se presentan algunas reflexiones teóricas relacionadas con el conocimiento didáctico del contenido (CDC), que forman parte de la investigación doctoral titulada: Conocimiento didáctico del contenido sobre la estructura atómica en docentes en formación en ciencias naturales en Colombia, que se ha desarrollado en el Doctorado en Ciencias de la

Educación (Rudecolombia) de la Universidad de Nariño y en el Doctorado en Didácticas Específicas de la Universidad de Valencia.

Ahora bien, pese a que el CDC es un campo amplio de investigación, lo que se entiende por él no se ha especificado lo suficiente, asunto por el que, en estas reflexiones, se sostiene que las temáticas que han identificado Shulman,⁴ y otros investigadores⁵, son clave para la investigación sobre la enseñanza y la formación del profesor. Esto, de forma ineludible, incluye la explicación de los procesos de articulación del saber disciplinar, el saber del contexto, el saber sobre la naturaleza de la ciencia y el saber didáctico, como también la configuración en la didáctica de las ciencias.

Así las cosas, es claro que existe una problemática respecto a la formación de formadores en ciencias naturales respecto a la enseñanza-aprendizaje, es decir, con la capacidad de comprender y aplicar las teorías del aprendizaje de las ciencias, que cuentan con particularidades propias de su naturaleza —experimentación—. Asimismo, con la transformación del contenido conceptual que, de acuerdo con Fensham,⁶ debe seleccionarse por la coherencia y vinculación de las ideas, es decir, todo se relaciona con todo.

Pues bien, otro de los dilemas presentes, tanto en la formación de formadores en ciencias naturales como en los escenarios donde se desempeñan laboralmente, tiene que ver con la incapacidad de aplicar, adecuar, contextualizar y posibilitar las teorías del aprendizaje de las ciencias. Esto, en gran parte, por las dificultades presentadas al momento de entender la didáctica que implica este campo, que se limita en muchos casos a estrategias de enseñanza de las ciencias atemporales a las situaciones y los sujetos del siglo XXI.

De este modo, para nadie es un secreto que el mundo de hoy ha cambiado vertiginosamente, en gran medida a causa de las ciencias y su incidencia en la tecnología, pero en los programas de formación de formadores todavía se

⁴ Lee Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”, *Educational Researcher*, vol. 15, No. 2 (1986): 4-14. <https://www.jstor.org/stable/1175860>. Lee Shulman, “Knowledge and teaching”, *Harvard Educational Review*, vol. 57, No. 1 (1987):1-21. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r.56455411>

⁵ Suzanne Wilson, Lee Shulman y Anna Richert, “150 different ways’ of knowing: Representations of knowledge in teaching”, en: *Exploring Teacher Thinking*, eds. James Calderhead (London: Cassell, 1987), 104-124. <https://www.bibsonomy.org/bibtex/2babcb3b63f310862d6ca77beca014768/clachapelle>

⁶ Peter Fensham, “Issues for schooling in science”, en: *Science and the citizen for educators and the public*, eds. Roger Cross y Peter Fensham (Melbourne: Arena Publications, 2000), 73-77.

exploran o atienden problemas y conceptos que han sido lo suficientemente refutados e incluso reconsiderados. Por eso, nos planteamos la pregunta: ¿dónde están esos conocimientos y prácticas en ciencias naturales que atienden o preparan al profesor de ciencias naturales para el mundo de hoy? En relación con esto, es destacable la incapacidad de resolver problemas en ciencias, el uso de herramientas y escenarios como el laboratorio escolar, incidir en las ideas intuitivas de los alumnos sobre algunos temas propios de las ciencias, no contar con la actitud o motivación suficiente para enseñar y, asimismo, presentar una inmadurez intelectual que le impide cuestionar su propia práctica, entre otros.

Para responder, se realiza una búsqueda de bibliografía con una metodología sistemática, que pasamos a describir.

1. Metodología

Este escrito utiliza una metodología de análisis documental, que tuvo como propósito clasificar, sistematizar y reflexionar sobre el conocimiento didáctico del contenido (CDC) y su relación con la formación de profesores; de este modo, a partir de la revisión de artículos científicos, capítulos, libros, conferencias y similares, se establecieron algunas tendencias, vacíos y problemáticas sobre el tema en cuestión. De este modo, a partir de los aportes de Cuesta⁷ y Morales,⁸ se constituyó el análisis en tres fases:

Primera fase: selección y clasificación de la información: al tomar en cuenta el objeto de esta reflexión, se procedió a establecer la categoría de búsqueda que, para este caso, fue: conocimiento didáctico del contenido (CDC).

Ahora bien, los criterios de selección de los documentos fueron los siguientes: documentos académicos (artículos científicos, libros académicos, capítulos de libros, conferencias documentadas a través de memorias y tesis); documentos académicos encontrados en las siguientes bases de datos: Google Académico, *Scopus*, *Scielo*, *Web of Science*, *Springer*, entre otros catálogos en línea, indistintamente del idioma (principalmente español e inglés); en una ventana temporal enfocada en los últimos 30 años (1992 -2022) y, no obstante, documentos o fuentes se reseñan por su preponderancia.

⁷ Yeison Cuesta, “Estado da arte: tendências do ensino da física quântica entre 1986 e 2016”, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. No. 44 (2018): 147-166.

⁸ Oscar Morales, *Fundamentos de la investigación documental y la monografía. Manual para la elaboración y presentación de la monografía* (Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes, 2003).

Por otra parte, los criterios de exclusión implementados fueron: documentos que no fuesen de carácter académico; documentos en idiomas complejos de traducir; documentos que no se encuentren en óptimas condiciones de digitalización; documentos que no referencien de forma amplia las categorías y subcategorías temáticas. Por último, todos aquellos documentos seleccionados se clasificaron de acuerdo con su categoría y se ficharon y salvaguardaron en formato PDF, en carpetas virtuales.

Segunda fase: lectura analítica y reflexiva: a partir de una primera lectura de los documentos previamente seleccionados y clasificados, se diligenció una matriz de análisis y reflexión, que suministró la siguiente información: autoría, país, año de publicación, título del documento, bibliografía, título del recurso que contiene el documento, resumen y reflexiones del investigador. De este modo, no solo se sustraen los datos informacionales básicos, sino, además, se establece un tratamiento analítico de la información y se proponen algunas reflexiones generales que proporcionan dichos recursos.

Tercera fase: análisis e interpretación: a partir del análisis e interpretación de los documentos, se establecieron puntos de encuentro, recurrencias, tendencias y diferencias frente a la categoría de estudio; por consiguiente, se establecieron categorías emergentes, mejoramiento y ampliación del objeto de estudio, conclusiones y nuevas preguntas que se proyecten a futuro.

Así las cosas, a continuación, se presentan los apartados resultantes de la búsqueda y análisis documental. Como resultado de esa búsqueda, hemos desarrollado los siguientes apartados:

2. Contextualizando Shulman

El interés por las ideas de Shulman y otros investigadores fue inmediato y generalizado y, desde que se presentaron por primera vez en el discurso de Shulman⁹ y en el artículo de la *Harvard Education Review*¹⁰, han gozado de una amplia aceptación por las comunidades académicas y científicas —en diversas áreas, disciplinas y niveles—.

Gran parte del interés se ha centrado directamente en el CDC. Así, artículos, capítulos de libros e informes utilizan o pretenden estudiar la noción de CDC, en una amplia variedad de áreas temáticas: ciencias,

⁹ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”, *Educational Researcher*.

¹⁰ Shulman, “Knowledge and teaching”.

matemáticas, estudios sociales, inglés, educación física, comunicación, religión, química, ingeniería, música, educación especial, enseñanza superior y otras.

Esto evidencia el interés que sobre este tema se ha ido incrementando y, asimismo, se propone la siguiente pregunta: ¿Qué contribuciones puede realizar a la formación del profesorado? Esto se aborda como objetivo de este artículo: desvelar las principales discusiones teóricas y utilidad práctica que conlleva la investigación en este campo de conocimiento y cómo pueden contribuir a los procesos formativos de los Licenciados en ciencias naturales.

Gran parte de los trabajos que siguieron a las propuestas de Shulman mostraron cómo las orientaciones de los profesores hacia el contenido influían en la forma en que enseñaban ese contenido. Grossman¹¹ mostró cómo las orientaciones de los profesores hacia la literatura determinaban la forma en que se acercaban a los textos con sus alumnos. Wilson y Wineburg¹² describieron cómo los antecedentes disciplinarios de los profesores de ciencias sociales, ciencias políticas, antropología, sociología, geografía e historia determinaban la forma en que representaban el conocimiento histórico a los alumnos de secundaria. Por su parte, Loewenberg¹³ introdujo la frase “conocimiento sobre las matemáticas” para contrastar con el “conocimiento de las matemáticas” y resaltar la naturaleza del conocimiento sobre la disciplina, de dónde procede, cómo cambia y cómo se establece la verdad científica.

Una segunda línea de investigación, con algunos trabajos anteriores a la introducción del CDC, ha contribuido a la comprensión del conocimiento que los profesores necesitan sobre las concepciones alternativas y los conceptos erróneos que los estudiantes traen al aula o desarrollan a medida que aprenden una asignatura. Por ejemplo, el análisis de Gallego,

¹¹ Pamela Grossman, *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education* (New York: Teachers College Press, 1990).

¹² Suzanne Wilson y Samuel Wineburg, “Peering at history through different lenses: The role of disciplinary perspectives in teaching history”. *Teachers College Record*, vol. 89, No. 4 (1988): 525-539. <https://eric.ed.gov/?id=EJ378238>

¹³ Deborah Loewenberg, “Prospective Elementary and Secondary Teachers. Understanding of Division”. *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 21, No. 2 (1990): 132-144. <https://doi.org/10.2307/749140>

Pérez, Torres y Torres¹⁴ sobre los esfuerzos naturales de los alumnos por comprender los motivos y las explicaciones de los acontecimientos pasados pueden ser contradictorios con la naturaleza especial de la comprensión histórica.

Ahora bien, impulsadas por los avances de la ciencia cognitiva y por la mayor atención que se presta al papel de los conocimientos previos en las teorías del aprendizaje, han florecido las investigaciones, que se recapitulan en Furió, Solbes y Carrascosa,¹⁵ sobre lo que los profesores necesitan saber acerca de las concepciones y los conceptos erróneos de los alumnos sobre determinadas materias. Esta línea de investigación elabora el concepto de CDC al mostrar las formas especiales en que la enseñanza exige una integración simultánea de las ideas clave del contenido con las formas en que los estudiantes las aprenden.

En otra línea de trabajo provocada por Shulman al prestar atención al contenido, los investigadores documentaron la falta de conocimiento del contenido de la materia y del contenido pedagógico de los profesores. Loewenberg, Hill y Bass¹⁶ elaboraron preguntas para entrevistas que revelaban, por un lado, las insuficiencias de los conocimientos de los profesores y futuros profesores sobre los conocimientos para la enseñanza. Al respecto, Magnusson, Krajcik y Borko¹⁷ emplearon las tareas desarrolladas por Ball para sus estudios con el fin de profundizar en la naturaleza especial del conocimiento del contenido necesario para la enseñanza, que va más allá de simplemente “conocer” el contenido. La noción de CDC ha impregnado

¹⁴ Rómulo Gallego, Royman Pérez, Gallego Torres y Luz Torres, “Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia. Un estudio a partir de programas acreditados”. *Ciencia y Educación*, Vol. 10, No. 2 (2004): 219-234. <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WHgCmsKTLY5z8nMCJt3QYPv/abstract/?lang=es>

¹⁵ Carles Furió, Jordi Solbes y Jaime Carrascosa, “Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación”. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, No. 48, (2006): 64-77. https://www.researchgate.net/publication/39215661_Las_ideas_alternativas_sobre_conceptos_cientificos_tres_decadas_de_investigacion_resultados_y_perspectivas

¹⁶ Deborah Loewenberg, Heather Hill y Hyman Bass, “Knowing mathematics for teaching: Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide?”, *American Educator*, vol. 29, No. 1, (2005): 14-46. <https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/65072>

¹⁷ Shirley Magnusson, Joseph Krajcik y Hilda Borko, “Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching”, en *Examining Pedagogical Content Knowledge*, eds. Julie Gess-Newsome y Norman Lederman (Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999), 95-132. https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47217-1_4

los estudios sobre la enseñanza y la formación del profesorado, pero lo ha hecho de forma desigual en los distintos campos.

Por esto, se necesita describir un marco teórico coherente para el conocimiento del contenido de la enseñanza, ya que, por el número amplio de trabajos realizados sobre el tema en cuestión, la tarea de llegar a un consenso es compleja y amerita la articulación de diversas posturas al respecto. Dado que los investigadores tienden a especializarse en un solo tema, gran parte del trabajo se ha desarrollado en líneas aproximadamente paralelas, pero independientes. A menudo no está claro cómo se relacionan las ideas de un área temática con otra o incluso si los hallazgos dentro de la misma materia adoptan puntos de vista similares o diferentes sobre el conocimiento que el profesor tiene sobre la materia.

Aún más, de acuerdo con lo que se infiere de Loewenberg, Hoover y Phelps,¹⁸ en la literatura referida al CDC una proporción importante se refiere al conocimiento del profesorado, la formación del profesorado o a los asuntos propios de la política, para dejar en un segundo plano al contenido específico de la materia. Por otra parte, los estudiosos han utilizado el concepto de conocimiento pedagógico como si sus fundamentos teóricos, sus distinciones conceptuales y pruebas empíricas ya se hubieran definido bien y se comprendieran universalmente. En este sentido, el CDC a menudo no se distingue de otras formas de conocimiento del profesorado y, a veces, se refiere a algo que es simplemente conocimiento del contenido o conocimiento o destreza pedagógica.

En relación con esto, y de acuerdo con Niess,¹⁹ el conocimiento didáctico se ha definido como “la intersección entre el conocimiento de la materia y el conocimiento de la enseñanza. Conocimiento de la asignatura con el conocimiento de la enseñanza y el aprendizaje”²⁰ o como: “ese dominio de conocimiento de los profesores que combina el conocimiento de la materia

¹⁸ Deborah Loewenberg, Marck Hoover y Geoffrey Phelps, “Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special?”. *Journal of Teacher Education*, vol. 59, No. 5 (2008): 389-407. https://www.research_gate.net/publication/255647628_Content_Knowledge_for_Teaching_What_Makes_It_Special

¹⁹ Margaret Niess, “Preparing Teachers to Teach Science and Mathematics with Technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge”. *Teaching and Teacher Education*, vol. 21, No. 5 (2005): 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>

²⁰ Margaret Niess, “Preparing Teachers to Teach Science and Mathematics with Technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge”, 510.

y el conocimiento de la pedagogía”.²¹ En términos más amplios, el CDC se define como: “el producto de la transformación de la materia en una forma que facilite el aprendizaje de los alumnos”.²²

Sin embargo, la brevedad de la definición no es el único factor que contribuye a la falta de claridad sobre lo que puede considerarse CDC. Las definiciones más cuidadosas y detalladas siguen sin dejar claro dónde está el límite entre el CDC y otras formas de conocimiento docente; por ejemplo, Magnusson, Krajcik y Borko lo definieron así:

*El conocimiento didáctico del contenido es la comprensión que tiene el profesor de cómo ayudar a los alumnos a comprender una materia específica. Incluye el conocimiento de cómo pueden organizarse, representarse y adaptarse a los diversos intereses y capacidades de los alumnos determinados temas, problemas y cuestiones de la materia, y cómo se presentan para su enseñanza... La característica que define el conocimiento didáctico del contenido es su conceptualización como el resultado de una transformación del conocimiento de otros dominios.*²³

Al respecto, según Solbes, Domínguez-Sales, Fernández, Furió, Cantó y Guisasola²⁴ y Solbes, Fernández-Sánchez, Domínguez-Sales, Cantó y Guisasola,²⁵ algunas de estas definiciones se emplean para realizar observaciones del profesorado y así establecer perfiles de docencia.

²¹ Norene Lowery, “Construction of teacher knowledge in context: Preparing elementary teachers to teach mathematics and science”. *School Science and Mathematics*, Vol. 102, No. 2 (2002): 69. <https://www.proquest.com/openview/073f095ead7cef6604c6b7ff3c9b012a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=41443>

²² Anna Graeber, “Forms of knowing mathematics: What pre-service teachers should learn”. *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 38 (1999): 200. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1003624216201>

²³ Magnusson, Krajcik y Borko, “Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching”, 96.

²⁴ Jordi Solbes, María Domínguez-Sales, José Fernández, Carlos Furió, José Cantó y Jenaro Guisasola, “¿El profesorado de física y química incorpora los resultados de la investigación en didáctica?”. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, No. 27 (2013): 155-178. <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2617/3317>

²⁵ Jordi Solbes, José Fernández-Sánchez, María Domínguez-Sales, José Cantó y Jenaro Guisasola, “Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente”. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 36, No. 1, (2018): 25-44. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2355>

Ahora bien, Shulman,²⁶ originalmente se refiere a siete elementos en el *teacher knowledge* (que ahora algunos denominan conocimiento profesional docente): conocimiento del contenido (SMK), conocimiento del currículo (CUK), conocimiento pedagógico del contenido (PCK), conocimiento pedagógico general (GPK), conocimiento de los estudiantes y sus características (LK), conocimiento del contexto educacional (CK), y conocimiento de los valores, propósitos y fines de la educación (VAK); es decir, el CDC (o PCK, en inglés) es una parte del conocimiento profesional docente (junto al conocimiento del contenido, el conocimiento didáctico general y el conocimiento del contexto); asimismo, según algunos autores,²⁷ incluye cinco aspectos constitutivos:

- Las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, que se refieren al conocimiento general para enseñar, así como también a la visión y los propósitos de la enseñanza de las ciencias.
- El conocimiento sobre el currículo de ciencias, es decir, la programación de la materia a enseñar, materiales, características y, en sí, determinantes particulares para su desarrollo o ejecución.
- Los conocimientos sobre estrategias de instrucción para enseñar las ciencias, que facilitan el entendimiento de un concepto a partir del cambio conceptual y el enfoque hermenéutico de las ciencias.
- El conocimiento sobre los estudiantes de ciencias, es decir, lo que saben los estudiantes, las concepciones y aspectos que generan confusiones epistemológicas y, de igual forma, las motivaciones, estilos de aprendizaje, intereses y niveles de desarrollo.
- El conocimiento sobre la evaluación en ciencias, donde se destaca la relevancia del acto evaluativo, así como, también, las tipologías de evaluación y la identificación de los aprendizajes adquiridos mediante la evaluación formativa.

²⁶ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”. Shulman, “Knowledge and teaching”.

²⁷ Magnusson, Krajcik y Borko, “Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching”, 96. Sandra Abell, “Research on Science Teacher Knowledge”, en: *Handbook of Research on Science Education*, eds. Sandra Abell y Norman Lederman (New York: Routledge, 2007), 1105-1150. Kathleen Roth, “Science Teachers as Researchers”. En *Handbook of Research on Science Education*, eds. Sandra Abell y Norman Lederman (New York: Routledge, 2007), 1205-1259.

En síntesis, está clara la necesidad de estudiar con mayor profundidad el asunto de la enseñanza en ciencias en clave del conocimiento del contenido que, si bien se promueve a partir de las ideas que han gestado Shulman,²⁸ y otros investigadores²⁹, es perentorio especificar la naturaleza del conocimiento del contenido y, no obstante, dicha especificación exige una mayor precisión sobre los conceptos y métodos implicados.

3. El conocimiento de los contenidos y su papel en la definición de la enseñanza como profesión

Uno de los principales aportes de Shulman,³⁰ y otros investigadores,³¹ fue replantear el estudio de los conocimientos de los profesores de forma que se tuviera en cuenta el papel del contenido en la enseñanza. Esto supuso un cambio radical con respecto a la investigación de la época, que se centraba casi exclusivamente en los aspectos generales de la enseñanza. Del mismo modo, la didáctica de las ciencias contemporánea surge en diversos países europeos para completar la investigación en Ciencias de la Educación, que era curricular y psicológica³²; hasta los años 70's, las investigaciones dominantes en educación fueron de psicólogos y pedagogos, más atentos a los aspectos generales. En países europeos como Alemania (Reinders Duit), Francia (Laurence Viennot) o España (Daniel Gil), empezaron con la didáctica de las ciencias a finales de los 70's y principios de los 80's. Por otra parte, los anglosajones empezaron con Lillian C. McDermott (EEUU), Rosalind Driver (RU), pero ellos se refieren a *science education* (educación científica), aunque su contenido es similar.

En relación con esto, cabe mencionar que son pocos los estudios que han relacionado directamente este conocimiento en didáctica del contenido

²⁸ Shulman, "Those who understand: Knowledge growth in teaching". Shulman, "Knowledge and teaching".

²⁹ Wilson, Shulman y Richert, "150 different ways' of knowing: Representations of knowledge in teaching".

³⁰ Shulman, "Those who understand: Knowledge growth in teaching"; Shulman, "Knowledge and teaching".

³¹ Wilson, Shulman y Richert, "150 different ways' of knowing: Representations of knowledge in teaching".

³² Agustín Adúriz-Bravo y Mercè Izquierdo Aymerich, "Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1. No. 3, (2002): 130-140. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_3_1.pdf

(o CDC) con la práctica docente de los profesores en formación o en servicio o con su eficacia; no obstante, algunos de los más destacados son los que han propuesto Solbes, Domínguez-Sales, Fernández, Furió, Cantó y Guisasola,³³ así como también Solbes, Fernández-Sánchez, Domínguez-Sales, Cantó y Guisasola.³⁴

De hecho, se prestó tan poca atención al examen de los contenidos y su papel en la enseñanza, que Shulman³⁵ lo denominó el “paradigma ausente” en la investigación sobre la enseñanza y el conocimiento del profesorado. Una segunda contribución de Shulman³⁶ consistió en representar la comprensión de los contenidos como un tipo especial de conocimiento técnico clave para la profesión de la enseñanza. A finales de la década de 1980, realizaron estudios de casos de profesores principiantes de secundaria como parte de su investigación en el proyecto *Knowledge Growth in Teaching*. Cabe mencionar que los participantes eran recién Licenciados con una sólida preparación en matemáticas, ciencias, literatura inglesa e historia.

Al examinar a estos principiantes en el proceso de aprendizaje de la enseñanza, el grupo trató de investigar si una sólida preparación en la materia se traducía en los conocimientos necesarios para enseñar esa materia. El objetivo del estudio fue la extracción de estas categorías de conocimiento docente, información para el desarrollo de un sistema de certificación de profesores por parte de la Junta Nacional que “se centraría en la capacidad del profesor para razonar sobre la enseñanza y para enseñar temas específicos, y para basar sus acciones en premisas que puedan soportar el escrutinio de la comunidad profesional”.³⁷

Por otra parte, en España, hasta 2010, el dominio en la materia a enseñar, acreditado por los cinco años de una Licenciatura, era el requisito básico para acceder a la docencia de secundaria. Solo se exigía un Certificado de Aptitud Pedagógica, de unas 150 horas, 45 de Pedagogía, 45 de didáctica específica y unas 60 de práctica. Actualmente, esto ha cambiado, con un grado de cuatro años de la materia y una Maestría de formación de

³³ Solbes, Domínguez-Sales, Fernández, Furió, Cantó y Guisasola, “¿El profesorado de física y química incorpora los resultados de la investigación en didáctica?”.

³⁴ Solbes, Fernández-Sánchez, Domínguez-Sales, Cantó y Guisasola, “Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente”.

³⁵ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

³⁶ Shulman, “Knowledge and teaching”.

³⁷ Shulman, “Knowledge and teaching”, 20.

profesorado de secundaria de 600 horas (de un año de duración). En éste, se considera que la formación en ciencias deberá orientarse hacia la reflexión colectiva sobre las preconcepciones didácticas y los aportes de la investigación didáctica. Asimismo, a la construcción de un enfoque de enseñanza de las ciencias basado en la alfabetización científica y la promoción permanente del diálogo entre docentes en formación en relación con las finalidades, naturaleza y dinámicas de la enseñanza de las ciencias.³⁸

En relación con esto, Gil³⁹ señala que la enseñanza de las ciencias es posible en la forma en que se aborden problemas de relativo interés; es decir, el desarrollo de actividades que promuevan la reflexión y crítica para la generación de conocimientos en relación con lo que la literatura científica ha establecido como resultado de la investigación e innovación didáctica.

Al retomar lo que ha expuesto Shulman,⁴⁰ la atención a la certificación se orientó deliberadamente a informar los debates sobre lo que constituye la experiencia profesional y lo que dicha experiencia implica para la preparación del profesorado y para las decisiones políticas. En particular, a Shulman⁴¹ le preocupaban las concepciones predominantes de la competencia docente, que se centraban en los comportamientos genéricos de la enseñanza. Por ello, sostuvo que “las definiciones incompletas y triviales de la enseñanza que actualmente tiene la comunidad política constituyen un peligro mucho mayor para la buena educación que un intento más serio de formular la base de conocimientos”.⁴² En estos comentarios está implícito el argumento de que la instrucción de alta calidad requiere un conocimiento profesional sofisticado, que va más allá de simples reglas, como el tiempo que se debe esperar para que los alumnos respondan.

³⁸ Jordi Solbes y Valentin Gavidia, “Análisis de las Especialidades de Física y Química y de Biología y Geología del máster de profesorado de educación secundaria de la Universidad de Valencia”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 10, (2013): 582-593. <https://doi.org/10498/15615>

³⁹ Daniel Gil, “La metodología científica y la enseñanza de las ciencias naturales, Relaciones controvertidas”. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 4, No. 2, (1986): 111-120. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50876/92880>

⁴⁰ Shulman, “Knowledge and teaching”.

⁴¹ Shulman, “Knowledge and teaching”.

⁴² Shulman, “Knowledge and teaching”, 20.

Para caracterizar los conocimientos profesionales para la enseñanza, Shulman,⁴³ y otros investigadores⁴⁴ desarrollaron tipologías. Aunque los límites específicos y las denominaciones de las categorías variaron según los enfoques de estudio, a continuación, se presenta una articulación integrada al respecto, con base en Shulman:⁴⁵

- Conocimientos didácticos generales, con especial referencia a aquellos principios y estrategias de gestión y organización del aula que parecen trascender la materia.
- Conocimiento de los alumnos y sus características
- Conocimiento de los contextos educativos, que van desde el funcionamiento del centro, el gobierno y la financiación de los distritos escolares, hasta el carácter de las comunidades y las culturas
- Conocimiento de los fines, propósitos y valores de la educación, y sus fundamentos filosóficos e históricos.
- Conocimiento de los contenidos
- Conocimiento de los Planes de estudio, con especial dominio de los materiales y programas que sirven de “herramientas del oficio” para los profesores
- El conocimiento didáctico del contenido, esa amalgama especial de contenido y pedagogía que es exclusiva de los profesores, su propia forma especial de comprensión profesional

Estas categorías pretendían destacar el importante papel del conocimiento de los contenidos y situar el conocimiento basado en los contenidos en el panorama más amplio del conocimiento profesional para la enseñanza. Las cuatro primeras categorías abordan las dimensiones generales del conocimiento docente, que eran el pilar de los programas de formación del profesorado de la época.

En su lugar, funcionaban como marcadores de posición en una concepción más amplia del conocimiento del profesorado, que hacía hincapié en el conocimiento del contenido. Sin embargo, al mismo tiempo,

⁴³ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”. Shulman, “Knowledge and teaching”.

⁴⁴ Wilson, Shulman y Richert, “150 different ways’ of knowing: Representations of knowledge in teaching”.

⁴⁵ Shulman, “Knowledge and teaching”.

que estas categorías generales eran cruciales y que el énfasis puesto en las dimensiones de contenido de los conocimientos del profesorado no pretendía minimizar la importancia de la comprensión y la habilidad pedagógica. Shulman⁴⁶ sostenía que “el mero conocimiento del contenido es tan inútil desde el punto de vista pedagógico como una habilidad sin contenido”.⁴⁷

Las tres categorías restantes definen las dimensiones de contenido y, en conjunto, constituyen lo que Shulman⁴⁸ denominó el paradigma que falta en la investigación sobre la enseñanza: “un punto ciego con respecto al contenido que caracteriza la mayoría de investigación sobre la enseñanza y, en consecuencia, la mayoría de nuestros programas estatales de evaluación y certificación del profesorado de profesores”.⁴⁹ El primero, el conocimiento del contenido, incluye el conocimiento de la materia y sus estructuras organizativas (véanse, también, Grossman, Wilson y Shulman⁵⁰, Wilson, Shulman y Richert⁵¹). Al basarse en Schwab,⁵² Shulman⁵³ argumentó que conocer una asignatura para su enseñanza requiere algo más que conocer sus hechos y conceptos.

Los profesores también deben comprender los principios y estructuras de organización y las normas para establecer lo legítimo de hacer y decir en un campo. El profesor no solo debe entender que algo es así; además, debe comprender por qué es así, en qué se basa su justificación y en qué circunstancias puede debilitarse o negarse nuestra creencia en ella. Además, “se espera que el profesor comprenda por qué un tema concreto es especialmente importante para una disciplina mientras que otro puede ser algo periférico”.⁵⁴

⁴⁶ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

⁴⁷ Schulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”, 8.

⁴⁸ Schulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

⁴⁹ Schulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”, 7-8.

⁵⁰ Pamela Grossman, Suzzane Wilson y Lee Shulman, “Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching”. En: *Knowledge Base for the Beginning Teacher*, eds. M.C. Reynolds (Oxford: Pergamon Press, 1989), 23-36.

⁵¹ Wilson, Shulman y Richert, “150 different ways’ of knowing: Representations of knowledge in teaching”.

⁵² Joseph Schwab, “Education and the structure of the disciplines”. En *Science, curriculum, and liberal education*, eds. I. Westbury & N. Wilkof (Chicago: University of Chicago, 1978), 167-183.

⁵³ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

⁵⁴ Schulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”, 9.

La segunda categoría, conocimientos curriculares, está:

*... representada por toda la gama de programas diseñados para la enseñanza de materias y temas particulares en un nivel determinado, la variedad de materiales didácticos disponibles en relación de esos programas, y el conjunto de características que sirven como indicaciones y contraindicaciones para el uso de determinados materiales curriculares o programas en circunstancias particulares.*⁵⁵

Además, Shulman⁵⁶ señaló otras dos dimensiones del conocimiento curricular importantes para la enseñanza, aspectos que denominó conocimiento curricular lateral y conocimiento curricular vertical. El conocimiento lateral relaciona el conocimiento del conocimiento del currículo que se enseña con el currículo que los alumnos aprenden en otras clases (en otras asignaturas).

El conocimiento vertical incluye la “familiaridad con los temas que se han impartido y se impartirán en la misma materia durante los años anteriores y posteriores en escuela, y los materiales que los encarnan”.⁵⁷ La última, y posiblemente la más influyente, de las tres categorías relacionadas con el contenido fue el nuevo concepto de CDC.

La reivindicación del conocimiento del contenido pedagógico se basó en la observación de que los profesores eficaces en el estudio del Crecimiento del Conocimiento en la Enseñanza representaban las ideas clave mediante metáforas, diagramas, modelos y explicaciones que estaban en sintonía con el aprendizaje de los alumnos y con la integridad de la materia (véanse, también, Carlsen,⁵⁸ Grossman,⁵⁹ Marks,⁶⁰ Wilson,⁶¹ Wilson, Shulman y Richert,⁶²

⁵⁵ Schulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”, 10.

⁵⁶ Schulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

⁵⁷ Schulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”, 10.

⁵⁸ William Carlsen, *The effects of science teacher subject-matter knowledge on teacher questioning and classroom discourse*. (California: Stanford University, 1988).

⁵⁹ Grossman, *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher Education*.

⁶⁰ Rick Marks, “Pedagogical content knowledge in elementary mathematics”. (Tesis doctoral, Stanford University, 1990).

⁶¹ Wilson y Wineburg, “Peering at history through different lenses: The role of disciplinary perspectives in teaching history”.

⁶² Wilson, Shulman y Richert, “150 different ways’ of knowing: Representations of knowledge in teaching”.

Wineburg⁶³). Algunas representaciones son especialmente potentes; otras, aunque sean técnicamente correctas, no abren las ideas eficazmente a los alumnos.

Una segunda idea importante consiste en que las representaciones de la asignatura se informan por el conocimiento específico del contenido de las concepciones de los alumnos. Con el hecho de centrarse en las concepciones y en los alumnos, se reconoce que el conocimiento de la forma en que los alumnos entienden el contenido es una característica clave del trabajo de enseñanza de ese contenido.

Como concepto, el CDC, con las representaciones y las concepciones, amplió las ideas sobre la importancia del conocimiento para la enseñanza, al sugerir que no es solo el conocimiento del contenido, por un lado, y el conocimiento de la pedagogía, por otro. En palabras de Shulman,⁶⁴ “el conocimiento didáctico del contenido es la categoría más probable que distinga el conocimiento del especialista en contenidos del pedagogo”.

A lo largo del trabajo de Shulman y otros investigadores, las categorías de conocimiento del profesorado sufrieron varias revisiones. Los investigadores tenían claro que consideraban que su comprensión del conocimiento de los profesores era incompleta y que las distinciones y etiquetas eran provisionales. Al parecer, haber visto el valor de estas distinciones como heurístico, como una herramienta para ayudar al campo a identificar las distinciones en el conocimiento de los profesores, que podrían ser importantes para una enseñanza eficaz.

Shulman^{65,66} y otros investigadores⁶⁷ no trataron de construir una lista o catálogo de lo que los profesores deben saber en una materia en particular. Por el contrario, su trabajo pretendía una orientación conceptual y un conjunto de distinciones analíticas que centraran la atención de las comunidades de la investigación y la política sobre la naturaleza y los tipos de tipos de conocimientos necesarios para la enseñanza de una asignatura. Al llamar la atención sobre el paradigma que falta, o la práctica de la investigación

⁶³ Samuel Wineburg, “Historical problem solving: A study of the cognitive processes used in the evaluation of documentary and pictorial evidence”. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 83, No. 1, (1991): 73-87. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.83.1.73>

⁶⁴ Shulman, “Knowledge and teaching”, 8.

⁶⁵ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

⁶⁶ Shulman, “Knowledge and teaching”.

⁶⁷ Wilson, Shulman y Richert, “150 different ways’ of knowing: Representations of knowledge in teaching”.

centrada directamente en el conocimiento del contenido de los profesores, Shulman define una perspectiva que, desde los profesores, destacaba la naturaleza intensiva del contenido de la enseñanza. Sin embargo, también trataron de especificar las formas en que el conocimiento del contenido para la enseñanza es distinto del conocimiento del contenido disciplinario.

4. Conocimiento didáctico del contenido (CDC)

De acuerdo con Rojas,⁶⁸ el CDC es una herramienta conceptual, cuya principal función es la posibilidad de reflexionar y comprender las interacciones didácticas que forman parte de las prácticas pedagógicas que los docentes desarrollan.⁶⁹ Aún más, de acuerdo con Rojas,⁷⁰ para entender el CDC es imperativo entender las dinámicas que suscitan los vínculos entre estos seis elementos: el primero, la orientación para la enseñanza de la asignatura; el segundo, el conocimiento de la evaluación del aprendizaje; el tercero, el conocimiento de las estrategias de enseñanza; el cuarto, el conocimiento del currículo; el quinto, el conocimiento acerca de los estudiantes; y el sexto, eficacia del docente en su práctica pedagógica.

Ahora bien, hay algunas distinciones a tener en cuenta en el momento de considerar el CDC por parte de un profesor en formación, un novel y un experto; especialmente en el campo de la enseñanza de las Ciencias Naturales, esta distinción es mayor, porque, al igual que en los estudios propuestos por Rojas,⁷¹ el docente que es especialista en un tema determinado del campo de las ciencias muchas veces presenta inconvenientes en cuanto a la didáctica a implementar en el aula de clases, lo que se debe a que la experiencia en el saber didáctico marca la diferencia y, asimismo, lo referido a la planeación, desarrollo y evaluación de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

⁶⁸ Germán Rojas, “Conocimiento didáctico del contenido como técnica interpretativa de una práctica docente musical”. *Estudios Artísticos: revista de investigación creadora*, Vol. 5, No. 7 (2019): 212-227. <https://doi.org/10.14483/25009311.14989>

⁶⁹ Shoonhye Park y Steve Oliver, “Revisiting the Conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals”. *Research in Science Education*, Vol. 38, No. 3 (2008): 261–284. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-007-9049-6>

⁷⁰ Rojas, “Conocimiento didáctico del contenido como técnica interpretativa de una práctica docente musical”.

⁷¹ Rojas, “Conocimiento didáctico del contenido como técnica interpretativa de una práctica docente musical”.

A mediados de la década de 1980, más precisamente en 1986, en el marco de la convención de la *American Educational Research Association*, Schulman⁷² comparte su preocupación sobre la formación de formadores, donde destacaba el desbordamiento de los métodos de enseñanza en contravía del conocimiento de los contenidos en las diferentes disciplinas.

A partir de esto, identificó que hay una diferencia sustantiva entre los profesores y los “especialistas” en contenidos, donde destacó que los primeros puede que cuenten con las herramientas didácticas para enseñar, pero no con el conocimiento requerido para ello y, por el contrario, los especialistas cuentan con la comprensión del conocimiento, pero presentan dificultades para enseñarlo, temas por los que el conocimiento del contenido y su transformación en una forma enseñable se ven seriamente comprometidos (Rollnick y Mavhunga),⁷³ lo que, en términos de Chevallard⁷⁴, constituiría una deformación del conocimiento en el proceso de transposición didáctica.

De este modo o, más bien, entendido lo anterior, es válido mencionar que Shulman⁷⁵ inicio con el concepto de CDC (*Pedagogical Content Knowledge*, PCK) en la década de 1980 como resultado de las reformas educativas y también curriculares que en Norteamérica se venían desarrollando en los programas de formación de profesores.⁷⁶

Por otra parte, Leal y Urbina⁷⁷ sostienen que el CDC es uno de los conceptos claves en la didáctica, por su naturaleza como modelo para la formación de formadores o maestros. Asimismo, es un campo de interés

⁷² Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

⁷³ Marissa Rollnick y Elizabeth Mavhunga, “Can the Principles of Topic-Specific PCK Be Applied Across Science Topics? Teaching PCK in a Pre-Service Programme”. *Insights from Research in Science Teaching and Learning, Volume 2*. Cham, eds. Nikos Papadouris, Angela Hadjigeorgiou, Costas Constantinou, 59-72 (Berna: Springer International Publishing, 2016); Marissa Rollnick y Elizabeth Mavhunga, “Pedagogical Content Knowledge”. En *Science Education*, eds. Keith Taber y Ben Akpan. (Rotterdam: Sense Publishers, 2016), 507-522. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6300-749-8_37

⁷⁴ Yves Chevallard, *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. (Grenoble, Francia: La pensée sauvage), 1991.

⁷⁵ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”; Shulman, “Knowledge and teaching”.

⁷⁶ Guillermo Fonseca, “El PCK en profesores de biología: Aportes y limitaciones”. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, (2014): 657-662. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/3370/2928>; Karen Leal y Jesús Urbina, “Las prácticas pedagógicas y la inclusión educativa”. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), Vol. 10, No. 2 (2014): 11-33. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134144225002>

⁷⁷ Leal y Urbina, “Las prácticas pedagógicas y la inclusión educativa”.

para la investigación en la didáctica, por lo que estos dos justificantes, más allá de proporcionar cierta conciencia cognitiva a la profesión docente, son dos elementos característicos del ser, saber y quehacer del profesional de la educación, lo cual le permite guardar distancia de otras profesiones. En relación con esto, Fonseca⁷⁸ ubica la necesidad de indagar con mayor precisión y rigurosidad el CDC en los docentes para el campo de las ciencias y, asimismo, evaluarlo a la luz de su proceso de construcción.

Pues bien, la educación requiere de una enseñanza más próxima a lo que acontece en el plano “real” o cotidiano, que, a su vez, implique la implementación o puesta en marcha de los conocimientos desarrollados junto con las competencias o habilidades que el acto formativo supone.⁷⁹ Esto, junto con los conceptos erróneos de los profesores, fueron dos de las ideas claves que Shulman⁸⁰ consideró para proponer el CDC, puesto que dicha propuesta es una mezcla de contenido y pedagogía para mejorar la comprensión respecto a cómo se organizan, representan y adaptan determinados temas, problemas o cuestiones a los diversos intereses y niveles de capacidad de los alumnos.

Al respecto, Hansen⁸¹ menciona que una de las habilidades más importantes que debe tener un profesor es la referida a la transformación de los conocimientos que se van a enseñar a los alumnos, de forma que puedan comprenderlos fácilmente. Esto también debe ser una premisa de los programas de formación tanto en su conceptualización y teorización como práctica. Aún más, una enseñanza “real” o de lo cotidiano no solo debe contener la demostración hábil de los conocimientos del profesor, sino, también, debe incluir la capacidad de guiar a los alumnos para que comprendan de forma significativa el contenido de los conocimientos; por ello el CDC se destaca en los procesos de enseñanza y aprendizaje en cualquier nivel, principalmente en los iniciales.

Por otra parte, Grossman, Wilson y Shulman⁸² consideraron dos tipos de conocimientos: el primero es el relativo a los hechos, conceptos, principios

⁷⁸ Fonseca, “El PCK en profesores de biología: Aportes y limitaciones”.

⁷⁹ Palanisamy Kathirveloo y Marzita Puteh, “Effective Teaching: Pedagogical Content Knowledge”. *Proceeding of International Joint Seminar Garut*, (2014): 1-7. https://www.researchgate.net/publication/303940850_Effective_Teaching_Pedagogical_Content_Knowledge

⁸⁰ Shulman, “Knowledge and teaching”.

⁸¹ David Hansen, *The call to teach*. (Columbia: Teachers College Press, 1995).

⁸² Grossman, Wilson y Shulman, “Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching”.

y marcos explicativos clave de una disciplina, al que lo denominaron conocimiento sustantivo; por otra parte, está el conocimiento que se orienta hacia las reglas de evidencia y prueba dentro de una disciplina, que se le denominó conocimiento sintáctico. Al igual que lo considerado por Hansen⁸³ y Rojas⁸⁴, Grossman, Wilson y Shulman⁸⁵ evidencian que el CDC es una herramienta o elemento principal en los procesos de enseñanza y aprendizaje de una disciplina, con mayor hincapié en las ciencias.

Además, se entiende que el CDC es multidimensional, lo que significa que hay varios niveles en los que se puede explorar el contenido. Así las cosas, y de acuerdo con Gess-Newsome,⁸⁶ se pueden distinguir dos tipos de CDC: el primero es el personal, que varía de un profesor a otro y de un contexto a otro, y se refiere a la práctica del conocimiento por parte de los profesores; el segundo es el canónico, que se sujeta al tema que se enseña y a la forma como este se incorpora a la práctica a través de la formación docente.

Así, aunque los académicos dan pareceres diversos sobre los distintos componentes del conocimiento de los profesores, coinciden en la importancia referida a que los profesores fuesen los apropiados o los indicados para enseñar a los alumnos. Shulman⁸⁷ definió el CDC como las interpretaciones de los profesores sobre el conocimiento de la materia en el contexto de la enseñanza y aprendizaje de los alumnos. De esta forma, se puede mencionar que la comprensión de la materia por parte de los profesores influye significativamente en el aprendizaje de sus estudiantes.

Por esto, en el CDC, los estudiantes solo responderán si están seguros de su comprensión y se lo comunicarán al profesor, con lo cual le ayudarán a “captar” cuándo funcionan sus conceptos alternativos y se producen errores y, de este modo, los profesores podrán superar sus conceptos erróneos y

⁸³ Hansen, *The call to teach*.

⁸⁴ Rojas, “Conocimiento didáctico del contenido como técnica interpretativa de una práctica docente musical”.

⁸⁵ Grossman, Wilson y Shulman, “Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching”.

⁸⁶ Julie Gess-Newsome, “Teacher Professional Knowledge Bases Including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit”. En *Re-Examining Pedagogical Content Knowledge*, eds. Amanda Berry, Patricia Friedrichsen y John Loughran. (Oxford: Routledge, 2015), 28-42.

⁸⁷ Shulman, “Knowledge and teaching”.

errores de forma inmediata. Esto sugiere que los profesores deben tener una comprensión adecuada de la materia que enseñan; por ejemplo, los aportes de Shulman en este campo han contribuido a la comprensión de determinados aspectos, entre ellos errores e imaginarios sobre la enseñanza y el aprendizaje y, claro está, de modo especial sobre el CDC.

Así las cosas, según Shulman,⁸⁸ el CDC es oportuno para los temas que se enseñan con más frecuencia en la propia asignatura y, asimismo, para comprender las formas más útiles de esas representaciones de esas ideas, las analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones más potentes; en una palabra, las formas de representar y formular el tema que lo tornan comprensible para los demás.

Asimismo, el CDC también incluye la comprensión de lo que lleva a que el aprendizaje de temas específicos fuese fácil o difícil, al tener presentes las concepciones y preconceptos que los estudiantes de diferentes edades y orígenes traen consigo al aprendizaje de esos temas y lecciones que se enseñan con más frecuencia. Si esas ideas preconcebidas son erróneas—como ocurre con frecuencia—, los profesores necesitan conocer las estrategias más apropiadas o pertinentes para reorganizar la comprensión de los alumnos, porque es poco probable que ellos desconozcan totalmente los contenidos a abordar.

Asimismo, Shulman⁸⁹ destacó la necesidad de que los profesores conozcan el pensamiento de sus alumnos, por lo que la transformación del conocimiento de la materia en conocimiento pedagógico del contenido es una tarea fundamental en la formación de formadores. En este mismo sentido, Graeber⁹⁰ señala la necesidad que tienen los profesores de aclarar o resolver sus ideas erróneas sobre la materia. Esto sugiere que la falta de conocimientos pedagógicos influirá en la eficacia del proceso de enseñanza y aprendizaje del profesor en la práctica. Los profesores son las personas encargadas de mejorar el rendimiento de los alumnos, pero, sobre todo, formar a los sujetos; por lo tanto, deben estar libres de ideas erróneas y errores y, para desempeñar bien sus funciones, necesitan los conocimientos particulares y especiales que sugiere el CDC.

En general, el CDC afecta a la forma en que los profesores piensan sobre su conocimiento de la materia; es decir, un profesor hábil y con

⁸⁸ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

⁸⁹ Shulman, “Those who understand: Knowledge growth in teaching”.

⁹⁰ Graeber, “Forms of knowing mathematics: What pre-service teachers should learn”, 200.

muchos conocimientos tiene el potencial de llevar a que el aprendizaje fuese más significativo para los alumnos.⁹¹ Esto sugiere que la enseñanza, sin una comprensión profunda, no tiene sentido, ya que una enseñanza eficaz debe incluir el CDC, que abarca los conocimientos conceptuales y procedimentales, así como las etapas de comprensión por las que es probable que pasen los sujetos de un estado de poca comprensión a su dominio. En esto radica la importancia del hecho de que los profesores deben tener conocimientos sobre cómo enseñar a sus alumnos de forma eficaz.

5. Formación de formadores en Ciencias Naturales

En lo concerniente a la formación de formadores en las Ciencias Naturales, es interesante la postura de Gallego, Pérez, Torres de Gallego y Torres,⁹² en cuanto definen unos fundamentos epistemológicos, pedagógicos y didácticos al respecto. Respecto a los epistemológicos, establecen diferencias entre las tendencias empiristas, principalmente propuestas por Bacon y las positivistas con Comte, o con base en la lógica de tipo inductivo, donde el conocimiento científico surge de la inducción a partir de los hechos observados; además, es importante el abordaje de las posturas deductivistas propuestas por Popper,⁹³ Kuhn⁹⁴ y Lakatos,⁹⁵ para quienes el desarrollo del conocimiento es histórico. Asimismo, están las constructivistas, por parte de Gallego,⁹⁶ y las eclécticas, con Gallego y Pérez.⁹⁷

⁹¹ Karen Graham y Francis Fennell, "Principles and standards for school mathematics and teacher education: Preparing and empowering teachers". *School Science and Mathematics*, Vol. 101, No. 6 (2001): 319-327. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1949-8594.2001.tb17963.x>

⁹² Gallego, Pérez, Torres y Torres, "Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia. Un estudio a partir de programas acreditados".

⁹³ Karl Popper, *La Lógica de la investigación científica*. (Madrid: Tecnos, 1980). <http://www.raularagon.com.ar/biblioteca/libros/Popper%20Karl%20-%20La%20Logica%20de%20la%20Investigacion%20Cientifica.pdf>

⁹⁴ Thomas Kuhn, *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. (México: Fondo de Cultura Económica, 2011).

⁹⁵ Imre Lakatos, *La metodología de los programas de investigación científica*. (Madrid: Alianza Editorial, 1983).

⁹⁶ Rómulo Gallego, *Discurso constructivista sobre las ciencias experimentales*. (Bogotá: Magisterio, 1993).

⁹⁷ Rómulo Gallego y Royman Pérez, *Representaciones y conceptos científicos: un programa de investigación*. (Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 1994).

En adición, otra categoría, que se ubica en lo ya expresado, es la que sugieren Izquierdo,⁹⁸ Castro⁹⁹ y Hanson,¹⁰⁰ cuando mencionan que los modelos científicos pueden ser sustituidos, y el carácter colectivo de los conocimientos, en especial, los científicos. Esto, de acuerdo con lo propuesto inicialmente por Vygotsky¹⁰¹ y posteriormente por Hodson¹⁰² y Gil¹⁰³, donde el conocimiento es una construcción con connotaciones grupales o sociales, porque debe apreciarse, validarse y comprobarse en un escenario que supere la lógica personal.

En relación con esto, desde una posición deductiva constructivista, la experimentación no es un elemento definitivo para la validación o la decisión sobre el conocimiento, ya que requiere de la objetividad colectiva —acuerdos entre miembros de un grupo— para que este se considerara.¹⁰⁴ Esto es fundamental para la idea de la enseñanza y el aprendizaje, puesto que manifiesta que los conocimientos de la ciencia, que son parte de la formación, no pueden considerarse como verdades inalterables.

En relación con esto, las bases epistemológicas que yacen en la formación de formadores, en el campo de las Ciencias Naturales, permiten el estudio minucioso de la lógica interna de las estructuras no solo conceptuales o teóricas sobre los modelos científicos, sino también las prácticas que suponen, asimismo, de las relaciones y articulaciones entre el conocimiento explicado y el implementado o corroborado. Del mismo modo, se ocupa de aquellos problemas paradójicos, las temáticas prohibidas por falta de conocimientos y experticia y, claro está, todas aquellas experiencias que

⁹⁸ Mercé Izquierdo, “Fundamentos epistemológicos”. En: *Didáctica de las ciencias experimentales*, editado por Francisco Perales y Pedro Cañal. (Alcoy: Editorial Marfil, 2000, 35-64).

⁹⁹ Enrique Castro, “El empleo de modelos en la enseñanza de la química”. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 19, No. 1 (1992): 73-79. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/39890>

¹⁰⁰ Dereck Hanson, *Patrones de descubrimiento, observación y explicación*. (Madrid: Alianza, 1977).

¹⁰¹ Lev Vygotsky, *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. (Barcelona: Crítica, 1979). Lev Vygotsky, *Pensamiento y Lenguaje*. (Buenos Aires: La Pléyade, 1978)

¹⁰² Dereck Hodson, “Philosophy of science, science and science education”. *Studies in Science Education*, Vol. 12, No. 1 (1985): 25-27. <https://doi.org/10.1080/03057268508559922>

¹⁰³ Gil, “La metodología científica y la enseñanza de las ciencias naturales, Relaciones controvertidas”.

¹⁰⁴ Pierre Thuillier, *De Arquímedes a Einstein: las caras ocultas de la investigación científica*. (Madrid: Alianza, 1990).

no generaron la claridad suficiente para comprender el conocimiento y se abordaron desde otras posturas didácticas.¹⁰⁵

Por otra parte, en lo relacionado con el componente didáctico, que radica en la formación de formadores en Ciencias Naturales, es imperativo destacar las contribuciones de Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo¹⁰⁶ y Astolfi y Develay¹⁰⁷ para dar reconocimiento y elementos constitutivos a la didáctica de las ciencias, en especial las experimentales, que en la actualidad se encuentran teóricamente fundamentadas.

Complementariamente, en el abordaje de la didáctica hay algunos campos distinguidos en la práctica pedagógica y en la formación de formadores, como es el caso de la formación continua de los docentes de ciencias,¹⁰⁸ el pensamiento del profesor,¹⁰⁹ la epistemología del docente,¹¹⁰ la influencia de la formación y la investigación didáctica en la práctica del profesorado en ciencias,¹¹¹ conocimientos previos y experiencia docente,¹¹² conocimientos específicos de la materia y su práctica,¹¹³ la construcción del conocimiento en ciencias en el aula de clases,¹¹⁴ entre otros.

¹⁰⁵ Gallego, Pérez, Torres y Torres, “Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia. Un estudio a partir de programas acreditados”.

¹⁰⁶ Joan Aliberas, Rufina Gutiérrez y Mercè Izquierdo. “La didáctica de las ciencias: una empresa racional”. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, No. 3 (1989): 227-280. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51275/93020>

¹⁰⁷ Jean Astolfi y Michel Develay, *La didactique des sciences*. (París: PUF, 1989).

¹⁰⁸ Vicente Mellado y Teodoro González, “La formación inicial del profesorado de ciencias”, en *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, eds. J. Perales y P. Cañal (Alcoy: Marfil, 2000): 535-555. Paul Angulo, “Nonalcoholic Fatty Liver Disease”. *The New England Journal of Medicine*, Vol. 346 (2002): 1221-1231. <https://doi.org/10.1056/NEJMra011775>

¹⁰⁹ Rómulo Gallego, *Discurso constructivista sobre las ciencias experimentales*.

¹¹⁰ Rafael Porlán, Ana Rivero y Rosa del Pozo, “Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores, II: Estudios Empíricos y Conclusiones”. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Vol. 16, No. 2 (1998): 271-288. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v16-n2-porlan-rivero-martin>

¹¹¹ Solbes, Fernández-Sánchez, Domínguez-Sales, Cantó y Guisasola, “Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente”.

¹¹² Patricia Friedrichsen, Sandra Abell, Enrique Pareja, Patrick Brown, Deanna Lankford y Marck Volkman, “Does Teaching Experience Matter? Examining Biology Teachers’ Prior Knowledge for Teaching in an Alternative Certification Program”. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 46, No. 4 (2009): 357-383. <https://doi.org/10.1002/tea.20283>

¹¹³ Jan Van Driel y Amanda Berry, “Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge”. *Educational Researcher*, Vol. 41, No. 1 (2012): 26-28. <https://doi.org/10.3102/0013189X11431010>

¹¹⁴ Pernilla Nilsson y Anna Vikström, “Making PCK Explicit-Capturing Science Teachers Pedagogical Content Knowledge (PCK) in the Science Classroom”. *International Journal of Science Education*, Vol. 37, No. 17 (2015): 2836-2857. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1106614>

Aún más, de acuerdo con Solbes y otros,¹¹⁵ al retomar a Friedrichsen, Abell, Pareja, Brown, Lankford y Volkmann,¹¹⁶ el conocimiento profesional del docente se adquiere en consideración con elementos como: antecedentes escolares, formación inicial y la experiencia profesional, además de la vinculación de: la formación continua, el conocimiento resultado de investigaciones e innovaciones relacionadas con la eficacia de las propuestas de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Al respecto, Sacristán y Pérez¹¹⁷ manifiestan que el bajo impacto que tiene la formación en didáctica específica en los programas de formación de formadores en ciencias deja entrever la necesidad de indagar, analizar y reflexionar sobre los obstáculos o dificultades que radican en la capacidad para enseñanza de las ciencias, y la incapacidad para transformar el conocimiento y sus modelos didácticos.¹¹⁸

Por último, Gallego, Pérez, Torres y Torres¹¹⁹ sostienen que los maestros en formación tienen una perspectiva ingenua e incipiente sobre la enseñanza de las ciencias. Esto es resultado del ejemplo recibido por sus profesores de cursos específicos en sus programas de formación, donde, en el mejor de los casos, algunos conocimientos se abordaron, comprendieron y aplicaron y, en el peor, el maestro en formación no cuenta con los conocimientos ni las formas o didáctica para tornar enseñables las ciencias. En relación con esto, Mellado y González¹²⁰ mencionan que el problema de la formación de formadores en ciencias radica en el hecho de que los profesores que abordan estas materias en los programas de formación no cuentan con la formación, conocimientos y prácticas necesarias para realizar un proceso formativo tal cual lo requieren las ciencias.

¹¹⁵ Solbes, Fernández-Sánchez, Domínguez-Sales, Cantó y Guisasola, “Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente”.

¹¹⁶ Friedrichsen, Abell, Pareja, Brown, Lankford y Volkmann, “Does Teaching Experience Matter? Examining Biology Teachers’ Prior Knowledge for Teaching in an Alternative Certification Program”.

¹¹⁷ Gimeno Sacristán y José Pérez, *Comprender y transformar la enseñanza*. (Madrid: Morata, 1992).

¹¹⁸ Porlán, Rivero y del Pozo, “Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores, II: Estudios Empíricos y Conclusiones”.

¹¹⁹ Gallego, Pérez, Torres y Torres, “Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia. Un estudio a partir de programas acreditados”.

¹²⁰ Mellado y González, “La formación inicial del profesorado de ciencias”.

Conclusiones

Gran parte de los trabajos que siguieron a las propuestas de Shulman muestran cómo las orientaciones de los profesores hacia el contenido influían en la forma en que se enseñaba ese contenido, además de la experiencia que han configurado a través del tiempo. En ese sentido, Shulman y otros investigadores no trataron de construir una lista o catálogo de lo que los profesores deben saber en una materia en particular. Por el contrario, su trabajo pretendía una orientación conceptual y un conjunto de distinciones analíticas que centraran la atención de las comunidades de la investigación y la política sobre la naturaleza y los tipos de tipos de conocimientos necesarios para la enseñanza de una asignatura.

En esta línea de investigación se elabora el concepto de CDC, que muestra las formas especiales en que la enseñanza exige una integración simultánea de las ideas clave del contenido con las formas en que los estudiantes las apprehenden. Ahora bien, esas categorías pretenden destacar el importante papel del conocimiento de los contenidos y situarlo en el panorama más amplio del conocimiento profesional para la enseñanza.

Ahora bien, después de esta teorización, se concluye que, para la investigación doctoral, se entiende el CDC como el conocimiento didáctico y pedagógico exclusivo del profesor y que se ha configurado a través de los procesos educativos formales e informales y las experiencias prácticas en el aula de clases.

De esta forma, será fundamental entender cómo el conocimiento profesional, a partir de la unidad didáctica, integra conocimientos del contenido, didácticos del contenido y didácticos generales, tema que no se ha retratado con mayor hincapié en estudios anteriores y merece atención.

Referencias

Abell, Sandra. "Research on Science Teacher Knowledge". En *Handbook of Research on Science Education*, editado por Sandra Abell y Norman Lederman. New York: Routledge, 2007, 1105-1150.

Adúriz-Bravo, Agustín y Izquierdo Aymerich, Mercè. "Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1. No. 3 (2002): 130-140. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_3_1.pdf

- Aliberas, Joan, Gutiérrez, Rufina. y Izquierdo, Mercè. “La didáctica de las ciencias: una empresa racional”. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, No. 3 (1989): 227-280. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51275/93020>
- Angulo, Paul. “Nonalcoholic Fatty Liver Disease”. *The New England Journal of Medicine*, Vol. 346 (2002): 1221-1231. <https://doi.org/10.1056/NEJMra011775>
- Astolfi, Jean. y Develay, Michel. *La didactique des sciences*. París: PUF, 1989.
- Carlsen, William. *The effects of science teacher subject-matter knowledge on teacher questioning and classroom discourse*. California: Stanford University, 1988.
- Castro, Enrique. “El empleo de modelos en la enseñanza de la química”. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 19, No. 1 (1992): 73-79. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/39890>
- Chevallard, Yves. *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble, Francia: La pensée sauvage, 1991.
- Cuesta, Yeison. “Estado da arte: tendências do ensino da física quântica entre 1986 e 2016”. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. No. 44 (2018): 147-166.
- Fensham, Peter. “Issues for schooling in science”. En *Science and the citizen for educators and the public*, editado por Roger Cross y Peter Fensham. Melbourne: Arena Publications, 2000, 73-77.
- Fonseca, Guillermo. “El PCK en profesores de biología: Aportes y limitaciones”. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, (2014): 657-662. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/3370/2928>
- Friedrichsen, Patricia, Abell, Sandra, Pareja, Enrique, Brown, Patrick, Lankford, Deanna, Volkman, Marck. “Does Teaching Experience Matter? Examining Biology Teachers’ Prior Knowledge for Teaching in an Alternative Certification Program”. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 46, No. 4 (2009): 357-383. <https://doi.org/10.1002/tea.20283>
- Furió, Carles, Solbes, Jordi y Carrascosa, Jaime. “Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación”. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, No. 48, (2006): 64-77. <https://www.>

researchgate.net/publication/39215661_Las_ideas_alternativas_sobre_conceptos_cientificos_tres_decadas_de_investigacion_resultados_y_perspectivas

Gallego, Rómulo y Pérez, Royman. *Representaciones y conceptos científicos: un programa de investigación*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 1994.

Gallego, Rómulo; Pérez, Royman; Torres, Gallego y Torres, Luz. “Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia. Un estudio a partir de programas acreditados”. *Ciencia y Educación*, Vol. 10, No. 2 (2004): 219-234. <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WHgCmsKTLY5z8nMCJt3QYPv/abstract/?lang=es>

Gallego, Rómulo. *Discurso constructivista sobre las ciencias experimentales*. Bogotá: Magisterio, 1993.

Gess-Newsome, Julie. “Teacher Professional Knowledge Bases Including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit”. En *Re-Examining Pedagogical Content Knowledge*, editado por Amanda Berry, Patricia Friedrichsen y John Loughran. Oxford: Routledge, 2015, 28-42.

Gil, Daniel. “La metodología científica y la enseñanza de las ciencias naturales, Relaciones controvertidas”. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 4, No. 2, (1986): 111-120. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50876/92880>

Gimeno Sacristán, José y Pérez, José. *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata, 1992.

Graeber, Anna. “Forms of knowing mathematics: What pre-service teachers should learn”. *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 38 (1999): 189-208. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1003624216201>

Graham, Karen y Fennell, Francis. “Principles and standards for school mathematics and teacher education: Preparing and empowering teachers”. *School Science and Mathematics*, Vol. 101, No. 6 (2001): 319-327. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1949-8594.2001.tb17963.x>

Grossman, Pamela, Wilson, Suzzane y Shulman, Lee. “Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching”. En: *Knowledge Base for the*

- Beginning Teacher*, editado por M.C. Reynolds. Oxford: Pergamon Press, 1989, 23-36.
- Grossman, Pamela. *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press, 1990.
- Hansen, David. *The call to teach*. Columbia: Teachers College Press, 1995.
- Hanson, Dereck. *Patrones de descubrimiento, observación y explicación*. Madrid: Alianza, 1977.
- Hodson, Dereck. "Philosophy of science, science and science education". *Studies in Science Education*, Vol. 12, No. 1 (1985): 25-27. <https://doi.org/10.1080/03057268508559922>
- Izquierdo, Mercé. "Fundamentos epistemológicos". En: *Didáctica de las ciencias experimentales*, editado por Francisco Perales y Pedro Cañal. Alcoy: Editorial Marfil, 2000, 35-64.
- Kathirveloo, Palanisamy y Puteh, Marzita. "Effective Teaching: Pedagogical Content Knowledge". *Proceeding of International Joint Seminar Garut*, (2014): 1-7. https://www.researchgate.net/publication/303940850_Effective_Teaching_Pedagogical_Content_Knowledge
- Kuhn, Thomas. *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 2011.
- Lakatos, Imre. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1983.
- Leal, Karen y Urbina, Jesús. "Las prácticas pedagógicas y la inclusión educativa". *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), Vol. 10, No. 2 (2014): 11-33. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134144225002>
- Loewenberg, Deborah, Hill, Heather y Bass, Hyman. "Knowing mathematics for teaching: Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide?", *American Educator*, Vol. 29, No. 1 (2005): 14-46. <https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/65072>
- Loewenberg, Deborah, Hoover, Marck y Phelps, Geoffrey. "Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special?". *Journal of Teacher*

- Education*, Vol. 59, No. 5 (2008): 389-407. https://www.researchgate.net/publication/255647628_Content_Knowledge_for_Teaching_What_Makes_It_Special
- Loewenberg, Deborah. "Prospective Elementary and Secondary Teachers. Understanding of Division". *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 21, No. 2 (1990): 132–144. <https://doi.org/10.2307/749140>
- Lowery, Norene. "Construction of teacher knowledge in context: Preparing elementary teachers to teach mathematics and science". *School Science and Mathematics*, Vol. 102, No. 2 (2002): 68-83. <https://www.proquest.com/openview/073f095ead7cef6604c6b7ff3c9b012a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=41443>
- Magnusson, Shirley, Krajcik, Joseph y Borko, Hilda. "Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching", en *Examining Pedagogical Content Knowledge*, editado por Julie Gess-Newsome y Norman Lederman. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999, 95-132. https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47217-1_4
- Marks, Rick. "*Pedagogical content knowledge in elementary mathematics*". Tesis doctoral, Stanford University, 1990.
- Mellado, Vicente y González, Teodoro. "La formación inicial del profesorado de ciencias", en *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, editado por J. Perales y P. Cañal, 535-555. Alcoy: Marfil, 2000.
- Morales, Oscar. *Fundamentos de la investigación documental y la monografía. Manual para la elaboración y presentación de la monografía*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes, 2003.
- Niess, Margaret. "Preparing Teachers to Teach Science and Mathematics with Technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge". *Teaching and Teacher Education*, Vol. 21, No. 5, (2005): 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>
- Nilsson, Pernilla y Vikström, Anna. "Making PCK Explicit-Capturing Science Teachers Pedagogical Content Knowledge (PCK) in the Science Classroom". *International Journal of Science Education*, Vol. 37, No. 17 (2015): 2836-2857. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1106614>

- Park, Shoonhye. y Oliver, Steve. “Revisiting the Conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals”. *Research in Science Education*, Vol. 38, No. 3 (2008): 261-284. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Popper, Karl. *La Lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos. 1980. <http://www.raularagon.com.ar/biblioteca/libros/Popper%20Karl%20-%20La%20Logica%20de%20la%20Investigacion%20Cientifica.pdf>
- Porlán, Rafael, Rivero, Ana y del Pozo, Rosa. “Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores, II: Estudios Empíricos y Conclusiones”. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Vol. 16, No. 2 (1998): 271-288. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v16-n2-porlan-rivero-martin>
- Rojas, Germán. “Conocimiento didáctico del contenido como técnica interpretativa de una práctica docente musical”. *Estudios Artísticos: revista de investigación creadora*, Vol. 5, No. 7 (2019): 212-227. <https://doi.org/10.14483/25009311.14989>
- Rollnick, Marissa y Mavhunga, Elizabeth. “Can the Principles of Topic-Specific PCK Be Applied Across Science Topics? Teaching PCK in a Pre-Service Programme”. *Insights from Research in Science Teaching and Learning, Volume 2. Cham*, editado por Nikos Papadouris, Angela Hadjigeorgiou, Costas Constantinou, 59-72. Berna: Springer International Publishing, 2016.
- Rollnick, Marissa y Mavhunga, Elizabeth. “Pedagogical Content Knowledge”. En *Science Education*, editado por Keith Taber y Ben Akpan. Rotterdam: Sense Publishers, 2016, 507-522. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6300-749-8_37
- Roth, Kathleen. “Science Teachers as Researchers”. En *Handbook of Research on Science Education*, editado por Sandra Abell y Norman Lederman, pp. 1205-1259. New York: Routledge, 2007.
- Schwab, Joseph. “Education and the structure of the disciplines”. En *Science, curriculum, and liberal education*, editado por I. Westbury y N. Wilkof, 167-183. Chicago: University of Chicago, 1978.

- Shulman, Lee. "Knowledge and teaching". *Harvard Educational Review*, Vol. 57, No. 1 (1987): 1-21. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Shulman, Lee. "Those who understand: Knowledge growth in teaching". *Educational Researcher*, Vol. 15, No. 2, (1986): 4-14. <https://www.jstor.org/stable/1175860>
- Solbes, Jordi y Gavidia, Valentin. "Análisis de las Especialidades de Física y Química y de Biología y Geología del máster de profesorado de educación secundaria de la Universidad de Valencia". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 10 (2013): 582-593. <https://doi.org/10498/15615>
- Solbes, Jordi, Fernández-Sánchez, José, Domínguez-Sales, María, Cantó, José y Guisasaola, Jenaro. "Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente". *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 36, No. 1, (2018): 25-44. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2355>
- Solbes, Jordi., Domínguez-Sales, María, Fernández, José, Furió, Carlos, Cantó, José, Guisasaola, Jenaro. "¿El profesorado de física y química incorpora los resultados de la investigación en didáctica?". *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, No. 27 (2013): 155-178. <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2617/3317>
- Thuillier, Pierre. *De Arquímedes a Einstein: las caras ocultas de la investigación científica*. Madrid: Alianza, 1990.
- Van Driel, Jan y Berry, Amanda. "Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge". *Educational Researcher*, Vol. 41, No. 1 (2012): 26-28. <https://doi.org/10.3102/0013189X11431010>
- Vygotsky, Lev. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, 1979.
- Vygotsky, Lev. *Pensamiento y Lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade, 1978.
- Wilson, Suzanne y Wineburg, Samuel. "Peering at history through different lenses: The role of disciplinary perspectives in teaching history". *Teachers College Record*, Vol. 89, No. 4 (1988): 525-539. <https://eric.ed.gov/?id=EJ378238>

Wilson, Suzanne, Shulman, Lee y Richert, Anna. “150 different ways’ of knowing: Representations of knowledge in teaching”. En *Exploring Teacher Thinking*, editado por James Calderhead. London: Cassell, 1987, 104-124. <https://www.bibsonomy.org/bibtex/2babcb3b63f310862d6ca77beca014768/clachapelle>

Wineburg, Samuel. “Historical problem solving: A study of the cognitive processes used in the evaluation of documentary and pictorial evidence”. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 83, No. 1 (1991):73-87. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.83.1.73>

Citar este artículo

Narváez G., María A y Solbes M Jordi. “Reflexiones teóricas sobre el conocimiento didáctico del contenido (CDC) en profesores de ciencias naturales en formación”. *Revista Historia de la Educación Colombiana*. Vol. 28-29 No 28-29, (2022): 127-161. DOI: <https://doi.org/10.22267/rhec.222828.101>