Conocimiento didáctico del contenido, un constructo conceptual relevante en la enseñanza de las ciencias básicas

Marcos Campos-Nava*
Agustín Alfredo Torres-Rodríguez**

- Pedagogical Content Knowledge: a Conceptual Framework Relevant to the Teaching of Basic Sciences
- O conhecimento didático do conteúdo: um construto conceitual relevante no ensino das ciências básicas

* Doctor en Física Educativa, Profesor Investigador, Área Académica de Matemáticas y Física, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Blvd. Pachuca-Tulancingo s/n, col. Carboneras, CP 42000, Mineral de la Reforma, Hidalgo. mcampos@uaeh.edu.mx

** Doctor en Ciencias de la Educación, Profesor de Tiempo Completo, Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Atitalaquia. Av. Tecnológico No.9, col. Tezoquipa, CP 42970, Atitalaquia, Hidalgo. agustin.tr@atitalaquia.tecnm.mx

Forma de citar este artículo

Campos-Nava, M. y Torres-Rodríguez, A. A. (2025). Conocimiento didáctico del contenido, un constructo conceptual relevante en la enseñanza de las ciencias básicas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 314 - 330. https://doi.org/10.17227/ted.num57-21990

Resumen

Este ensayo describe las características que han posicionado al constructo conceptual denominado Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) como una poderosa herramienta teórico-metodológica que permite identificar la naturaleza de los conocimientos base para la enseñanza de las ciencias básicas. Se describen asimismo diferentes aproximaciones que fueron robusteciendo su definición conceptual, para dar paso posteriormente a su análisis y desglose en componentes o sub-dimensiones que permitieron desarrollar metodologías para su cuantificación como variable operativa, no sin advertir que su medición resulta un tanto compleja debido a la naturaleza misma del constructo. Ambas descripciones, como concepto y variable, han potenciado su relevancia como un constructo que puede incidir fuertemente en los conocimientos que un profesor de ciencias desarrolla para mejorar su enseñanza, además de proveerle de un marco teórico-metodológico para su actualización profesional y docente.

Palabras clave

conocimiento didáctico del contenido; formación de profesores; conocimiento; ciencias básicas

Artículo de ensayo

Fecha de recepción: 09/08/2024
Fecha de aprobación: 03/12/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025

CC BY NC

Abstract

This essay describes the features that have positioned the conceptual construct known as Pedagogical Content Knowledge (PCK) as a powerful theoretical and methodological tool for identifying the foundational knowledge required for teaching basic sciences. It also outlines various approaches that have strengthened its conceptual definition, leading to its subsequent analysis and breakdown into components or sub-dimensions. These sub-dimensions have facilitated the development of methodologies for quantifying it as an operational variable, albeit with the caveat that its measurement is somewhat complex due to the very nature of the construct. Both its description as a concept and as a variable have enhanced its importance as a construct that can strongly influence the knowledge a science teacher develops to improve their teaching. Additionally, it provides educators with a theoretical and methodological framework for professional and instructional development.

Keywords

pedagogical content knowledge; teacher education; knowledge; basic sciences

Resumo

Este ensaio descreve as características que posicionaram o construto conceitual denominado Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) como uma ferramenta teórico-metodológica poderosa para identificar a natureza dos conhecimentos fundamentais para o ensino das ciências básicas. Também são descritas diferentes abordagens que fortaleceram sua definição conceitual, levando ao seu posterior desdobramento em componentes ou subdimensões. Essas subdimensões permitiram o desenvolvimento de metodologias para quantificá-lo como uma variável operacional, ainda que sua medição seja um tanto complexa devido à própria natureza do construto. Tanto sua descrição como conceito quanto como variável têm aumentado sua relevância como um construto capaz de impactar significativamente os conhecimentos que um professor de ciências pode desenvolver para melhorar seu ensino, além de oferecer um referencial teórico-metodológico para sua atualização profissional e pedagógica.

Palavras-chave

conhecimento didático do conteúdo; formação de professores; conhecimento; ciências básicas

Introducción

La cuestión de qué conocimientos debe poseer o adquirir un docente de ciencias básicas (matemáticas, física o química) ha sido abordada por diversas investigaciones. No puede pensarse que todas las propuestas alrededor de esta problemática coincidan en forma puntual, pero sí se puede decir que existen puntos de vista convergentes a este respecto. En este sentido, el conjunto de conocimientos necesarios para la enseñanza de dichas disciplinas, se ha convertido en objeto de estudio (Alsina y Delgado, 2021; Soto *et al*., 2021).

Y este aspecto no es cuestión menor, si se considera, por ejemplo, que en México como en otros países, los profesionales que atienden la enseñanza de las matemáticas, en los diferentes niveles educativos, suelen tener perfiles profesionales distintos (Rico y Sierra, 2000). Esta situación es más evidente en los niveles de bachillerato y educación superior, ya que a diferencia de los niveles educativos básicos, donde los profesionales de la enseñanza se forman por lo general en escuelas normales, no existe para los niveles mencionados, una uniformidad en ese aspecto.

> La formación de los docentes en México para los niveles de educación básica es una práctica añeja, cuenta con una amplia tradición, una estructura organizacional clara y suficientemente organizada, con planes de estudio que permite contar con docentes con los conocimientos, habilidades y la práctica requerida (…) para el caso de la educación media superior es diferente (…). Por un lado [debido] a la heterogeneidad en el tipo de docentes y en segundo lugar en que estos docentes no cuentan con una formación específica para la docencia (…). (Lozano, 2016, p. 1)

Un ejemplo de lo mencionado se tiene en el hecho de que en nuestro país no es común que los profesores que imparten cursos de matemáticas en los niveles de bachillerato y educación superior hayan tenido una formación pedagógica (Flores-Castro *et al*., 2024), en vez de ello, son profesionales de distintas ramas de las ciencias. En estos casos, un buen número son ingenieros en alguna rama disciplinar, pero que durante su formación universitaria no tuvieron experiencias en las áreas de didáctica o pedagogía. En palabras de Kind (2009, citado por Verdugo *et al*., 2017), el contar con un título o grado académico en alguna disciplina científica, no representa una garantía en sí misma, de lograr una enseñanza efectiva.

Regresando a la idea planteada en el primer párrafo de esta introducción, no hay un acuerdo universal sobre cuáles debieran ser los conocimientos y destrezas deseables de un profesor de ciencias, sin embargo un constructo que surgió sobre la base de estas discusiones, y que emergió desde una primera idea propuesta por Shulman (1986), fue el denominado *pedagogical content knowledge* (PCK por sus siglas en inglés), término que se tradujo al español como conocimiento pedagógico del contenido (CPC), y más precisamente como *conocimiento didáctico del contenido* (CDC). La idea inicial de Shulman lo describía como "una amalgama especial de contenido y pedagogía, que únicamente pueden aportar los profesores, por su manera especial y profesional de entender la enseñanza" (Shulman, 1986, p. 8).

La importancia que ha ido adquiriendo este constructo conceptual se sustenta en la gran cantidad de investigaciones y artículos publicados que se han realizado desde la década de los noventa (Verdugo *et al*., 2017) hasta la fecha. En la literatura que abarca las diversas investigaciones sobre el CDC, se identifica como un constructo conceptual pertinente para representar de forma adecuada el conjunto de conocimientos *base* para la

enseñanza de las disciplinas como la química, la física y las matemáticas. Además, se ha identificado su idoneidad para la planificación de la enseñanza y los modelos de formación docente (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019; Escudero, 2003; Leal, 2014; Park y Oliver, 2008; Sosa y Ribeiro, 2015).

Tesis y argumentos

Los antecedentes y su definición conceptual

Shulman (1986) fue uno de los pioneros en desarrollar las nociones de lo que denominó inicialmente como el *conocimiento profesional del profesor*. Dentro de este concepto, clasificó 7 categorías o tipos de conocimiento. Fue la tercera categoría, el conocimiento pedagógico del contenido (PCK por sus siglas en inglés), la que fue adquiriendo una relevancia mayor a través del tiempo (Evens *et al*., 2016; Pinto y González, 2008; Talanquer, 2014). Para Shulman (1987), "El CDC representa la mezcla de contenidos y pedagogía, para entender cómo conceptos, temas o problemas se organizan, representan y adaptan para enseñar a los estudiantes" (p. 8). El concepto se fue enriqueciendo con aportaciones de investigaciones posteriores en el contexto anglosajón, y también en los países de habla hispana, donde se tradujo con el nombre de *conocimiento didáctico del contenido* (CDC).

Para autores como Grossman (1990) o Magnusson *et al*. (1999), el CDC representa el conocimiento necesario para transformar el contenido de la materia por enseñar en formas más comprensibles para los aprendices (Verdugo *et al*., 2017). Para Park y Oliver (2008), "es la comprensión y representación de cómo ayudar a los estudiantes a entender cuestiones específicas de la materia, usando múltiples estrategias instruccionales, representaciones y evaluaciones (…)" (p. 264). Las subsiguientes investigaciones que continuaron el trabajo de Shulman fueron aportando mayores elementos, de modo que el concepto del CDC se fue ampliando, asimismo fueron definiéndose sus diferentes componentes o dimensiones. La definición conceptual de un constructo se hace necesaria cuando la información que se ha ido acumulando a su alrededor es demasiada, entonces se requiere un desglose amplio en dimensiones y/o subdimensiones (Conesa y Egea, 2000). Para el caso del CDC, han sido los cinco componentes desglosados y clasificados por Magnusson *et al*. (1999), los que más se han aceptado para describir con mayor amplitud el constructo. En la tabla 1 se muestran las descripciones de sus 5 dimensiones.

Tabla 1. Definición conceptual del CDC en cinco dimensiones

Concepciones, conocimientos y creencias sobre la enseñanza de las ciencias	Concepciones, conocimientos y creencias sobre los aprendizajes de los estudiantes	Concepciones, conocimientos y creencias sobre el currículo de las ciencias	Concepciones, conocimientos y creencias sobre las estrategias de instrucción	Concepciones, conocimientos y creencias sobre la evaluación de la enseñanza de las ciencias

Fuente: elaboración propia a partir de Magnusson *et al*. (1999).

No soslayamos que existen otras clasificaciones, pero esta ha sido como decíamos, la más aceptada. En todo caso, con sus diferencias, pero muchas de las demás tienen elementos que convergen o se pueden equiparar con algunas de las 5 dimensiones referidas. En la tabla 2 se resumen algunas de tales clasificaciones, propuestas por diversas investigaciones que han ayudado a definir los distintos componentes y/o subdimensiones en los que se ha clasificado el CDC. No es la intención incluirlas todas, dado que el número de trabajos que han realizado propuestas para definir dichas subdimensiones del CDC es muy numeroso; más bien la intención es dar cuenta de la diversidad de trabajos que han abordado como objeto de estudio al CDC, y han contribuido a su robustecimiento como constructo conceptual.

Puede apreciarse también en la tabla 2, que el CDC ha sido identificado como un dispositivo útil en la enseñanza de las matemáticas, pero también para el caso de la física, la química e incluso la biología. Aunque las investigaciones referidas en la tabla 2 no siguen un orden cronológico preciso, su inclusión pretende hacer notar que en los años noventa se realizaron propuestas diversas; sin embargo, conforme se revisan trabajos más recientes, la tendencia en la clasificación de los componentes o subdimensiones se asemeja más con la presentada en la tabla 1, que se basa en los trabajos de Magnusson *et al*. (1999).

Tabla 2. Aproximaciones a la definición conceptual del CDC

Dimensión del CDC	Algunas subdimensiones del CDC identificadas	Tipo de estudio / Observaciones	Autores
Conocimientos y creencias sobre el aprendizaje de los estudiantes	Los contextos de aprendizaje, las habilidades del estudiante	Incluye conocimientos sobre concepciones e ideas previas, dificultades de aprendizaje, motivaciones, estilos de aprendizaje, necesidades	Luft y Roehrig (2007), Markic, Eils y Valanides (2008)
Conocimientos y creencias acerca de la enseñanza de las ciencias	Roles del profesor en el aula, fortalezas y debilidades percibidas, principios sobre los cuales se basa la enseñanza	Conocimientos y creencias sobre los objetivos, nivel académico, concepciones de enseñanza	Padilla y Garritz (2014), Finson, Pedersen y Thomas (2001)
Conocimientos y creencias sobre el currículo de las matemáticas escolares	Temas prioritarios para la enseñanza, contenidos y forma de abordarlos, conocimientos y experiencias previos de los estudiantes	Son conocimientos y creencias de los profesores en referencia a los objetivos, así como conocimientos sobre programas curriculares específicos	Padilla y Garritz (2014), Mkhwanazi (2013), Markic, Eilks y Valanides (2008)
Conocimientos y creencias sobre las estrategias de instrucción	Dificultades en la enseñanza, empleo de diversas estrategias	Engloba conocimientos de estrategias propias de la disciplina y conocimientos para estrategias específicas de un tema en particular	Luft y Roehrig (2007), Haidar y Teti (2015)

Dimensión del CDC	Algunas subdimensiones del CDC identificadas	Tipo de estudio / Observaciones	Autores
Conocimientos y creencias sobre la evaluación de la enseñanza en las matemáticas	Métodos e instrumentos de evaluación	Conocimientos de instrumentos de evaluación, tipos y principios de la evaluación	Haidar y Teti (2015)
Dimensiones y subdimensiones del CDC en la enseñanza de las ciencias	Conocimientos de enseñanza, conocimiento de dificultades de los estudiantes, conocimientos de currículo, conocimientos de estrategias y recursos, conocimientos de contenidos, conocimientos de evaluación, conocimientos de los contextos, conocimientos sobre la didáctica de la disciplina científica	Definición y caracterización de los componentes del CDC, conocer sobre el rol desempeñado por el conocimiento del contenido y sus relaciones con los demás componentes	Verdugo *et al*. (2017)
Conocimientos del profesor para la enseñanza de la química	Conocimiento disciplinar (CD), conocimiento pedagógico (CP), conocimiento contextual (CC), conocimiento metadisciplinar (CM)	Propuesta de tramas didácticas previas al diseño de unidades de enseñanza, para mejorar el entendimiento en estudiantes de química	Mora y Parga (2007, 2008, 2014, citados en Parga y Mora, 2017)
Componentes del CDC para la enseñanza de la física	Orientación hacia la enseñanza de la ciencia, conocimientos sobre el currículo de física, conocimientos sobre aprendizajes previos y dificultades de los estudiantes, conocimientos de estrategias de instrucción, y conocimientos sobre la evaluación de contenidos en física	Se describen componentes u orientaciones del CDC para la enseñanza de la física	Etkina (2010)
Componentes del CDC para la enseñanza de las ciencias	Orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, conocimientos y creencias sobre el currículo de ciencias, creencias sobre los conocimientos de los estudiantes acerca de temas específicos, conocimientos sobre la evaluación, y conocimientos sobre estrategias instruccionales	Describieron en subdimensiones, cada una de las cinco orientaciones para la enseñanza de las ciencias	Magnusson, Krajcik y Borko (1999)
Componentes del CDC en la enseñanza de las ciencias	Orientaciones didácticas para los docentes de ciencias, conocimientos de la comprensión de los estudiantes, conocimientos de programas de estudio, conocimientos de estrategias de enseñanza, conocimientos de evaluación en ciencias	Modelo hexagonal que plasma la reflexión del docente durante la planificación e implementación de las tareas en el aula	Park y Oliver (2008)
Componentes del CDC: Conocimientos del profesor que enseña ciencias	Conocimiento del contenido, conocimiento curricular, conocimiento pedagógico, conocimiento del contexto	El conocimiento del profesor debe sufrir una "transformación" para hacer enseñables los contenidos.	Grossman (1990); Gess-Newsome (1999); Magnusson *et al*. (1999)

Como puede entenderse de la tabla 2, el constructo conceptual del CDC, en la mayoría de las investigaciones realizadas, se ha identificado como un concepto clave para comprender la enseñanza de las matemáticas, sin embargo también se ha identificado su importancia en relación con la enseñanza de las ciencias experimentales (Leal, 2014).

Para la enseñanza de la química, referiremos dos ejemplos dentro del contexto latinoamericano, que dan cuenta del interés creciente que ha existido sobre el estudio del CDC. El primero, realizado por Parga y Mora (2017), da cuenta de la creciente relevancia del CDC en el contexto latinoamericano en los últimos 15 o 20 años, donde a través de este constructo conceptual se han estudiado distintas problemáticas en la enseñanza de temas propios de la disciplina, tales como: mol y cantidad de sustancia, naturaleza de la materia, tabla periódica, teoría ácido-base, teoría de partículas, naturaleza de las reacciones químicas, entre muchos otros temas.

Por su parte, Garritz y colaboradores (2014) documentaron el CDC en algunos temas de química, como estructura microscópica de la materia, reacciones químicas y cantidad de sustancia, con profesores de bachillerato. Para ello, emplearon cuestionarios basados en representaciones del contenido y experiencias pedagógicas, que aplicaron en profesores de bachillerato de México y Argentina.

Para el caso de la enseñanza de la física, presentamos también dos ejemplos de investigaciones que dan cuenta de la relevancia que ha cobrado el CDC como objeto de estudio en años recientes, en ellos se realizaron *mediciones cuantitativas* del constructo, a través del empleo de cuestionarios, o se analizaron propuestas con la finalidad de obtener información útil en los procesos de formación docente, otra vertiente de las investigaciones alrededor del constructo del CDC.

El trabajo de Campos *et al*. (2021) caracterizó el CDC de un grupo de profesores en formación, en referencia a la enseñanza de un tema específico de física, el caso de las gráficas cinemáticas. En el estudio de Flores *et al*. (2024), se emplearon datos sobre el CDC de profesores de física en ejercicio, obtenidos previamente mediante cuestionarios, para diseñar tareas de aprendizaje que se incorporaron a un curso de capacitación de profesores de física de bachillerato. En este curso también se fomentaron las reflexiones de los participantes, y luego se trabajó con herramientas digitales para el análisis de situaciones que requerían la interpretación de gráficas cinemáticas.

En el campo de la enseñanza de las matemáticas, referiremos a continuación tres trabajos que ejemplifican algunos aspectos que se están estudiando en relación con el CDC, y que ponen en evidencia lo que se está realizando y proponiendo desde esta área en la actualidad.

En el estudio de Sakaria *et al*. (2023), se ha indagado acerca de los diferentes factores que pueden afectar el desarrollo del CDC de los profesores de matemáticas. Se clasificaron tres tipos de factores: personales, profesionales y organizacionales. Dentro de los primeros se han identificado factores como la experiencia docente, el nivel educativo en el que se imparte clase, la percepción de auto-eficacia y la motivación. Por su parte, el factor profesional más fuertemente asociado es el del desarrollo profesional del docente a lo largo de su trayectoria laboral. Por último, algunos factores organizacionales identificados son la gestión escolar, el ambiente laboral y los soportes (apoyos) institucionales.

Otro trabajo que representa un ejemplo de investigaciones actuales en el CDC, es el estudio de Zubaidah *et al*. (2023) que analiza el CDC de profesores, en el contexto de la implementación del modelo de la *educación*

matemática realista (RME) dentro del aula, el cual propone el aprendizaje a través de problemas reales del contexto.

En la investigación de Mansour *et al*. (2024), se tuvo como propósito estudiar los factores que impactan las competencias y autoeficacia de docentes de matemáticas, en el marco del desarrollo del *conocimiento tecnológico, pedagógico del contenido* (TPACK) por sus siglas en inglés), en el contexto del aprendizaje basado en proyectos y el modelo *Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas* (STEM).

Un aspecto que ha diferenciado la forma de abordar el CDC desde la perspectiva de la enseñanza de las matemáticas, en contraste con la enseñanza de las ciencias en general, se ha dado desde su propia concepción. En este caso, dentro del contexto de un concepto más amplio, el del *conocimiento matemático para la enseñanza:* MKT (Ball *et al*., 2008). Dentro de este se agrupan el CDC y el MSK (*subject matter knowledge*), que es el conocimiento del contenido. Esta clasificación obedece a la pregunta de ¿qué necesita un profesor de matemáticas para poder hacer una enseñanza efectiva? (Miller *et al*., 2022), y ha orientado la mayoría de las investigaciones que se realizan desde ese campo de la ciencia.

Determinando o "midiendo" el CDC

Posterior a este esfuerzo inicial de contar con una definición conceptual, surgieron otras investigaciones que coadyuvaron a *operacionalizar* el constructo del CDC, lo que significa transformarlo en una variable que pueda "medirse", esto es, poder determinarlo en forma cuantitativa. Y se ha hecho a pesar de las dificultades inherentes, pues se trata de un constructo complejo, tácito, es decir, que se puede inferir, pero no percibir de manera formal (Verdugo *et al*, 2017).

Lo anterior significa que el CDC, como elemento de la cognición del profesor, no puede ser medido directamente como una variable objetiva observable (Pinto y González, 2008), sin embargo es posible medirlo en forma indirecta a través de lo que los profesores conocen, hacen y las razones por las que actúan de determinada manera; incluso a través de sus propias concepciones, creencias, perspectivas y valores (Garritz, 2014; Padilla y Garritz, 2014; Talanquer, 2014).

En este sentido, se han desarrollado diversas metodologías para poder aproximarse al CDC de forma cuantitativa. Durante los primeros estudios para determinar o medir el CDC, se encontró que este se asociaba de forma significativa a variables tales como las concepciones, las creencias y las experiencias docentes (Llinares, 2000; Pinto y González, 2008). En cuanto a las metodologías, la literatura reporta que se han empleado una gran variedad de medios para medirlo (Morrison y Luttenegger, 2015): cuestionarios, entrevistas, observación de clase y cuestionarios a estudiantes. En todo caso, es recomendable realizar la medición del CDC a través de la triangulación de diferentes fuentes de información.

Al revisar las características de varias de las investigaciones que se han realizado para medir o caracterizar el CDC de profesores, encontramos tres tendencias. Una de

ellas es que la mayoría de los estudios se realizaron con profesores de matemáticas o ciencias, de los niveles de educación básica (Carpenter *et al*., 1988; Krauss *et al*., 2008). Una segunda característica es que en la mayoría de casos se estudió solo alguna dimensión o factor constitutivo del CDC, por ejemplo medir conocimientos disciplinares o pedagógicos por separado (Hill *et al*., 2004; Jüttner y Neuhaus, 2013). La tercera tendencia es la realización de estudios sobre el CDC de algún tema específico (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019; Llinares, 2000).

Otras investigaciones sobre el CDC, se han direccionado hacia aspectos distintos, como es el caso de trabajos que han determinado una fuerte relación entre el CDC y la calidad de la enseñanza (Baumert *et al*., 2010; Evens *et al*., 2016; Krauss *et al*., 2008).

La tabla 3 resume algunos de los trabajos que tuvieron como propósito describir y/o cuantificar dicho constructo. Se incluyen el tipo de estudio, así como las dimensiones y subdimensiones del CDC estudiadas. Como en el caso de la tabla 2, en este caso tampoco se tuvo la intención de mostrar mayor número de estudios, porque son muy numerosos, la idea fue solamente tomar algunos ejemplos que muestran ese interés por cuantificar o medir el constructo, utilizando para ello diversas herramientas metodológicas.

Tabla 3. Algunas investigaciones que han medido o caracterizado el CDC

Investigación	Algunas subdimensiones del CDC identificadas	Tipo de estudio / Observaciones	Autores
Caracterización del CDC en un tema específico de física: gráficas cinemáticas	Conocimientos sobre contenidos específicos de física, sobre dificultades en la enseñanza de temas específicos, sobre ideas previas de los estudiantes	Se aplicó un instrumento tipo CoRe instrumentalizado como escala Likert a profesores que impartían cursos de física de nivel bachillerato.	Campos-Nava y Ramírez-Díaz (2019)
Determinación del CDC en profesores de matemáticas	Cinco subdimensiones, adaptadas de las propuestas por Magnusson *et al*. (1999)	Se aplicó un instrumento tipo Likert a profesores de matemáticas de nivel superior en ejercicio	Torres *et al*. (2019)
Conocimientos y creencias sobre las estrategias de instrucción	Dificultades en la enseñanza, empleo de diversas estrategias	Guion de entrevista semi-estructurada	Luft y Roehrig (2007), Haidar y Teti (2015)
Medición del CDC en un tema específico: el equilibrio químico	Modelo del CDC para un tema específico: conocimientos previos, dificultades de enseñanza, representaciones y estrategias de enseñanza conceptual	Cuestionario aplicado a profesores (pre-test y post-test)	Mavhunga y Rollnick (2013)
El CDC de temas específicos: enlaces y estructura atómica, reacciones redox	CoRe basado en las cinco subdimensiones de Magnusson *et al*. (1999)	Utilizaron como instrumento un cuestionario tipo CoRe con profesores en cursos de formación.	Hume y Berry (2011)
Caracterización del CDC de un tema específico de ciencias	Estrategias instruccionales, dificultades de los estudiantes, evaluación y conocimientos de los objetivos de aprendizaje	Aplicación de un cuestionario a profesores de secundaria en ejercicio	Van Driel, Veerlop y de Voos (1998)
Caracterización del CDC de un tema específico en química	Estrategias instruccionales, dificultades de los estudiantes, modelos de teorías científicas	Debido a la complejidad del tema de miscibilidad e inmiscibilidad de sustancias en agua, se propusieron modelos alternos a los atómico-moleculares.	Talanquer (2014)

Algunas bases teóricas del CDC

En esta sección se describen algunas de las bases teóricas sobre las cuales se ha ido sustentando paulatinamente el constructo del CDC, para entender su naturaleza y propósito. Tres de los ejes de análisis que han sido identificados por diversas investigaciones son los siguientes: la formación y profesionalización del docente, los conocimientos del profesor que enseña ciencias y el paradigma del docente como profesional reflexivo (Agüero-Servín *et al*., 2022; Schön, 1982, citado en Camejo, 2017).

Existen diversas conceptualizaciones de la formación docente, en nuestra época predomina la visión de la formación docente como un proceso profundo, ligada a la cultura, a las capacidades y las disposiciones del profesor (Díaz-Barriga, 2014), que se diferencia de posiciones más *eficientistas* o instrumentalistas. En este sentido, la autora concibe la formación como "una vuelta, un retorno que hacemos al reflexionar nuestra vida, también es lo aprendido, lo sabido, la transformación es un estar siempre dispuesto a cambiar, es disposición y no técnica" (p. 93).

En torno a la profesionalización de la docencia, significa que independientemente de la profesión de origen, el docente necesita asumir la enseñanza como su actividad profesional, y comprender que su desarrollo profesional es un proceso de crecimiento para mejorar su acción y entender mejor su profesión (Roux y Mendoza, 2014).

En el eje referente a los conocimientos del profesor, se identifica que estos deben poseer o desarrollar un conjunto de conocimientos, destrezas y habilidades, que le son necesarios para poder seleccionar, diseñar y/o adaptar situaciones de aprendizaje que promuevan la contextualización de contenidos, también deben contar con una estructura epistémica, cognitiva e instruccional (Barrera y Reyes, 2013). Es justo en este marco de referencia de los conocimientos del profesor, donde se identifica la importancia del constructo conceptual del CDC (Leal, 2014; Mkhwanazi, 2013).

El tercer eje central en la formación se refiere a los procesos de reflexión. Según Alfonso *et al*.(2014), esta reflexión puede darse en tres ámbitos: conocimientos, experiencias y afectos. Los modelos formativos actuales le han dado mayor relevancia a los procesos reflexivos, pues el paradigma dominante es el de reflexión en la práctica (Torres *et al*., 2017). El concepto del profesional reflexivo fue acuñado en principio por Schön, en 1982 (Camejo, 2017), según este hay tres momentos del pensamiento práctico de un profesor: 1) conocimiento en la acción, corresponde al saber hacer; 2) reflexión en y durante la acción, que lo identifica como el meta-conocimiento; 3) sobre la reflexión en la acción, asociado con el análisis final o evaluación del proceder.

De este modo, los enfoques actuales en torno a la formación docente consideran la intervención crítica del profesor y la innovación de su propia

práctica (Aramburuzabala *et al.*, 2013). Desde esta perspectiva, han surgido en los últimos años propuestas formativas basadas en el constructivismo, la cognición situada, la investigación-acción, entre otras, pero siempre impulsadas en el paradigma crítico-reflexivo (Roux y Mendoza, 2014).

Varias investigaciones han señalado que para lograr el desarrollo profesional del profesorado pueden seguirse ciertos criterios del paradigma crítico-reflexivo, como por ejemplo, el involucramiento activo de los docentes en sus procesos de formación, la cooperación entre pares, el trabajo y la discusión colegiados (Díaz-Barriga, 2014; Mkhwanazi, 2013). Además se ha identificado un paso clave en estos procesos: el cambio o modificación de las creencias del profesor, para lo que es necesario la reflexión sobre su práctica (Mkhwanazi, 2013).

Su relevancia en la Didáctica de las ciencias

¿De qué manera estos tres ejes de análisis que profundizan en posicionamientos teóricos se relacionan con el constructo conceptual del CDC? Como pudimos describir en las secciones previas, el constructo del CDC fue adquiriendo de forma gradual una mayor relevancia, evolucionando e incorporando distintos elementos que originalmente se ubicaban en algunas de las otras categorías de Shulman, de modo que hoy en día se ha transformado en un concepto de referencia, y en un constructo conceptual que retoma o asume diferentes elementos de diversas teorías (Morrison y Luttenegger, 2015). Como ejemplos de algunos de los elementos que pueden estar incluidos en este constructo, tenemos los siguientes: conocimientos disciplinares del profesor, conocimientos de tipo pedagógico —como la selección, preparación y/o adaptación de contenidos disciplinares diversos, o el diseño o readaptación de materiales didácticos, e inclusive conocimientos sobre la organización de las actividades en el aula de clase, sobre cómo aprenden los estudiantes, o la misma selección de libros de texto (Garritz, 2014; Padilla y Garritz, 2014; Talanquer, 2014)—. Como tercer elemento, el CDC incluye también un conjunto de conocimientos de tipo práctico, constitutivos de la praxis pedagógica (Leal, 2014).

El CDC integra un conjunto muy amplio de elementos, pues va más allá del conocimiento de hechos, conceptos o teorías, y amalgama conocimientos de contenido, pedagógicos, incluso psicológicos, así como las experiencias personales de los profesores, para crear así una comprensión de cómo ciertos asuntos o problemas pueden ser presentados y adaptados a las diferentes características y habilidades de los estudiantes (Lange *et al.* 2012). Puede apreciarse, que el CDC constituye un término que aglutina todo un conjunto de conocimientos, pero asociados a dichos conocimientos se tienen también concepciones, creencias, experiencias, actitudes y valores (Garritz, 2014; Padilla y Garritz, 2014; Pinto y González, 2008).

Conclusiones

Esta revisión tuvo como propósito reflexionar sobre la naturaleza y características del CDC, así como su creciente relevancia en el campo de la enseñanza de las ciencias denominadas básicas; en este sentido, las investigaciones sobre el CDC se han incorporado en el estudio de las didácticas específicas de cada una de estas disciplinas.

Como evidencias de dicha relevancia, se compartieron algunos trabajos sobre el CDC, realizados en dos vertientes principales: por un lado, investigaciones de tipo teórico que han propuesto contribuciones a su definición

conceptual, con el propósito de indagar y ahondar en su definición, para lo cual se han propuesto componentes y subdimensiones. Por otro lado, investigaciones de corte empírico que intentan caracterizarlo en detalle, transformando el constructo conceptual en una variable operacional que ha sido aproximada a través del empleo de herramientas metodológicas, como la observación de la práctica docente, o diversos instrumentos desarrollados para tal efecto, como cuestionarios, guías y entrevistas. Los resultados de estos trabajos han servido igualmente para retroalimentar las nuevas propuestas teóricas, en una especie de *círculo virtuoso,* que ha permitido abundar en el CDC como objeto de estudio.

Mención especial merecen un tercer tipo de investigaciones, que han analizado su incidencia en la formación de los profesores de ciencias. Los autores de este trabajo consideramos que estas investigaciones resultan imprescindibles, si se tiene en cuenta que la finalidad última de acrecentar nuestro conocimiento acerca del constructo conceptual del CDC se relaciona con su contribución al desarrollo de las destrezas y conocimientos de los docentes, y con ello, conseguir mejorar los aprendizajes de los estudiantes.

En cuanto a la incidencia del CDC sobre la profesionalización de los docentes de ciencias, se pueden identificar algunos elementos:

- Ayuda a los docentes a autoevaluar sus propios conocimientos y creencias
- Proporciona el marco idóneo para reflexionar sobre sus propias prácticas
- Puede impulsar la actualización y formación continua de los docentes en ejercicio
- Se puede emplear como una guía para el diseño de tareas de aprendizaje o instrucción
- Contribuye a formar lo que algunos autores denominan la *identidad* de la profesión docente
- Es punto de partida para diseño de programas formativos de profesores en temas específicos del currículo de ciencias

El interés en el estudio del CDC se ha robustecido, y de ello dan cuenta los distintos trabajos y líneas de investigación que se han consolidado. Miller *et al*. (2022) clasifican los tipos de estudios que se han realizado en los últimos años en relación con el constructo del CDC: 1) estudios sobre su naturaleza, lo que incluye su conceptualización medida o caracterización, 2) estudios sobre la adquisición gradual o desarrollo del CDC a lo largo de la vida profesional docente, 3) la relación del CDC con las prácticas de enseñanza y 4)relación con los aprendizajes de los estudiantes.

Además, y en razón de la gran diversidad de enfoques, perspectivas e intereses alrededor de su conceptualización y caracterización, se han presentado esfuerzos de la comunidad investigadora por unificar criterios que ayuden a

orientar las líneas de investigación presentes y futuras, de forma que contribuyan a acrecentar los conocimientos.

En este sentido, en el 2012 se propuso un modelo consensuado (MC) o TPKS (*Teacher Professional Knowledge and Skill*), para el conocimiento profesional de los profesores de ciencias. Posteriormente, sobre la base del anterior se propuso un Modelo de Consenso Refinado: MCR (Carlson *et al*., 2019). En el caso del MC, se fortaleció su concepción como el conocimiento necesario para la enseñanza de temas particulares a través de formas específicas, que atiendan a las características de los estudiantes y verifiquen la mejora en sus aprendizajes. Esta concepción derivó a causa de las distintas controversias suscitadas por la gran diversidad de concepciones del CDC que se habían estado estudiando: CDC sobre temas o contenidos específicos, CDC de una disciplina específica, CDC de un tema particular; así como estudios segmentados del CDC en referencia solo a algunas de sus dimensiones o subdimensiones.

Para el caso del modelo de consenso refinado (MCR), se tomó en consideración que las competencias y conocimientos de los profesores no pueden analizarse en forma aislada de lo que se ha definido como el conocimiento promulgado, el personal y el colectivo; además de reconocer elementos que forman parte del contexto, como son los conocimientos pedagógicos o curriculares, o aspectos como los conocimientos de los estudiantes o los contextos de aprendizaje.

Referencias

Agüero-Servín, M., Martínez-Álvarez, S. I. y Mansilla, M. P. (2022). Formación y profesionalización docente en la educación media superior en México: revisión crítica y narrativa de la literatura científica. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía*, *6*(10), 228-248. https://doi.org/10.15658/rev.electron.educ.pedagog22.04061015

Alfonso, M., López, M. M. y Mendoza, I. (2014). El docente y su rol en el proceso de superación profesional. *Universidad y Sociedad*, [seriada en línea], *6*(1), 52-60. http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus

Alsina, A. y Delgado, R. (2021). Identificando los conocimientos para enseñar matemáticas en educación infantil, un primer paso para el desarrollo profesional. *Revista Sergipana de Matemática e Educaçao Matematica*, *2*, 1-23. https://doi.org/10.34179/revisem.v6i2.16003

Aramburuzabala, P., Hernández, R. y Ángel, I. C. (2013). Modelos y Tendencias de la Formación Docente Universitaria. *Revista Profesorado*, *17*(3), 345-357. https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/19703

Barrera, F. y Reyes, A. (2013). *Elementos Didácticos y Resolución de Problemas: Formación Docente en Matemáticas*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Ball, D. L, Thames, M.H. y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, *59*, 389-407.

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A. y Klussman, U. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, *47*(1), 133-180. http://dx.doi.org/10.3102/0002831209345157

Camejo, S. (2017). Schön, el profesional reflexivo, como piensan los profesionales cuando actúan. *Educación en contexto*, *2*(5), 113-119.

Campos-Nava, M. y Ramírez-Díaz, H. (2019). Diseño de un instrumento para caracterizar el Conocimiento Didáctico del Contenido en profesores de Física sobre un Tópico específico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, *14*(2), 340-359. http://doi.org/10.14483/23464712.13900

Campos, M., Ramírez, H., Flores, E., Torres, A. y Morales, L. M. (2021). Mathematical Knowledge to Teach Physics and Teacher Training: the case of kinematics graphs. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, *12*(14), 5925-5939. https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i14.11913

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., Park, S., Rollnick, M., … y Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content knowledge in Science Education. En A. Hume, R. Cooper y A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teacher's Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2.2

Carpenter, T. P., Fennema, E., Peterson, P. L. y Carey, D. A. (1988). Teacher's Pedagogical Content Knowledge of Students Problem Solving in Elementary Arithmetic. *Journal of Research in Mathematics Education*, *19*(5), 385-401.

Conesa, P. y Egea, P. (2000). Operativización de variables en la investigación psicológica *Revista Psicothema*, *12*(2), 157-162.

Díaz-Barriga, F. (2014). Formación docente y Educación basada en Competencias. En Á. Valles Flores (Coord.), *Formación en Competencias y Certificación Profesional* (pp. 76-104). UNAM IISUE.

Escudero, T. (2003). La Formación Pedagógica del Profesorado Universitario vista desde la Enseñanza Disciplinar. *Revista de Educación*, *331*, 101-121.

Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physic Education Research*, *6*, 1-26. http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110

Evens, M., Elen, J. y Depaepe, F. (2016). Pedagogical Content Knowledge in the context of foreign and second language teaching: a review of research literature. *Porta linguarum*, *26*, 187-200.

Finson, K., Pedersen, J. y Thomas, J. (2001). Comparing Science Teaching Style to Student's Perception of Scientist. *School Science and Mathematics*, *106*(1), 8-15.

Flores-Castro, E., Campos-Nava, M., Ramírez-Díaz, M. H. y Moreno-Ramos, J. (2024). The Construction of Knowledge for Teaching of Sciences: a Reflection Seem from the Pedagogical Content Knowledge. *Kurdish Studies*, *12*(1), 3536-3555. https://doi.org/10.58262/ks.v12i1.251

Garritz, A. (2014). Creencias de los Profesores, su importancia y cómo obtenerlas. *Educación Química, 25*(2), 88-92.

Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge, an introduction and orientation. En: J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *pck and Science Education* (pp. 3-17). Kluwer Academic Press.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.

Haidar, A. y Teti, C. (2015). Una primera aproximación a la caracterización del conocimiento didáctico del contenido de docentes. En: *iv Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, 28, 29 y 30 de octubre, Ensenada, Argentina.

Hill, H.C., Schilling, S. y Ball, D. L. (2004). Developing Measures of Teacher's Mathematics knowledges for Teaching. *The Elementary School Journal*, *105*(1), 11-30. https://doi.org/10.1086/428763

Hume, A. C. y Berry, A. (2011). Constructing CoRes-a strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, *41*(3), 341-355. https://doi.org/10.1007/s11165-010-9168-3

Jüttner, M., y Neuhaus, B. J. (2013). Validation of a paper-and-pencil test instrument measuring biology teachers' pedagogical content knowledge by using think-aloud interviews. *Journal of Education and Training Studies*, *1*(2), 113-125. http://dx.doi.org/10.11114/jets.v1i2.126.

Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumer, J., Blum, W., Neubrand, M. y Jordan, A. (2008). Pedagogical Content Knowledge and Content Knowledge of Secondary Mathematics Teachers. *Journal of Educational Psychology*, *100*(3), 716-725. https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.716

Lange, K., Kleickmann, T. y Möller, K. (2012). Elementary Teacher's Pedagogical Content Knowledge and Student Achievement in Science Education. En: C. Bruguiere, A. Tiberguien y P. Clément (Eds.), *Science Learning and Citizenship*. Proceedings of the Ninth ESERA-Conference 2011, Lyon.

Leal-Castro, A. (2014). El Conocimiento Didáctico del Contenido: una herramienta que contribuye en la configuración de la identidad profesional del Profesor. *Revista Magistro*, *8*(15), 89-110.

Llinares, S. (2000). Intentando comprender la práctica del profesor de matemáticas. En: J. P. da Ponte y L. Serrazina (Coords.), *Educaçao matemática em Portugal, Espanha e Italia* (pp. 109-132). Secçao de Educaçao Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências de Educaçao.

Lozano, A. (2016). La formación docente en la educación media superior en México, retos y posibilidades. *xi Seminario Internacional de la Red Estrado*, noviembre 16-18, Ciudad de México.

Luft, J. y Roehrig, G. (2007). Capturing Science Teacher's Epistemological Beliefs: the development of the teachers beliefs interview. *Electronic Journal of Science Education*, *11*(2), 38-53.

Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, source and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En: J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *pck and Science Education* (pp. 95-132). Kluwer Academic.

Mansour, N., Said, Z. y Abu-Tineh, A. (2024). Factors impacting science and mathematics teachers' competencies and self-efficacy in TPACK for PBL and STEM. *Eurasian Journal of*

Mathematics, Science and Technology Education, *20*(5), em2442. https://doi.org/10.29333/ejmste/14467

Markic, S., Eilks, L. y Valanides, N. (2008). Developing a tool to evaluate differences in beliefs about science teaching and learning among freshman science students teachers from different science teaching domains: a case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *4*(2), 109-120. https://doi.org/10.12973/ejmste/75311

Mavhunga, E. y Rollnick, M. (2013). Improving PCK in Chemical Equilibrium in Pre-Service Teachers. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, *17*(1-2), 113-125. https://doi.org/10.1080/10288457.2013.828406

Miller, D., Pinerua, I., Margolin, J. y Gerdeman, D. (2022). *Teacher's Pedagogical Content Knowledge in Mathematics and Science. A Cross-Disciplinary Synthesis of Recent drk-12 projects*. American Institutes for Research. https://www.air.org/sites/default/files/2022-05/Teachers-Pedagogical-Content-Knowledge-in-Math-and-Science-April-2022.pdf

Mkhwanazi, S. (2013). Teacher Professional Learning: an Analysis of Teacher's Views on their Professional Content Knowledge. *Journal of Social Sciences*, *37*(2), 179-187. 10.31901/24566756.2013/37.02.09

Morrison, A. D. y Luttenegger, K. C. (2015). Measuring Pedagogical Content Knowledge using multiple point of data. *The Qualitative Report*, *20*(6), 798-809. https://doi.org/10.46743/2160-3715/2015.2155

Padilla, K. y Garritz, A. (2014). Creencias Epistemológicas de dos profesores-investigadores de la Educación Superior. *Educación Química*, *25*(3), 343-353.

Parga, D. L. y Mora, W. M. (2017). El CDC en química: una línea de investigación y de relaciones con la práctica docente. En X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, 5-8 septiembre.

Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261-284. https://doi.org/10.1007/s11165-009-9163-8

Pinto, J. E. y González, M. T. (2008). El Conocimiento Didáctico del Contenido en el Profesor de Matemáticas ¿una cuestión ignorada? *Educación Matemática*, *20*(3), 83-100.

Rico, L. y Sierra, M. (2000). Didáctica de la matemática e investigación. En J. Carrillo y L. C. Contreras (Eds.), *Matemática española en los albores del siglo XXI* (pp. 77-131). Hergué.

Roux, R. y Mendoza, J. (2014). El Concepto de Desarrollo Profesional Continuo. En R. Roux y J. Mendoza (Coords.), *Desarrollo Profesional Continuo de los Docentes:*

Teoría, investigación y práctica. El Colegio de Tamaulipas.

Sakaria, D., Matt, S. M. y Matore, M. E. E. (2023). Factors influencing mathematics teacher's pedagogical content knowledge (PCK): A systematic review. *Pegem Journal of Education and Instruction*, *13*(2), 1-14. DOI: 10.47750/pegegog.13.02.01

Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos, hacia un nuevo diseño en la enseñanza y aprendizaje en las profesiones*. Paidós.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Research*, *15*(2), 4-14.

Sosa, L. y Ribeiro, C. M. (2015). El conocimiento profesional como característica distintiva de profesionalización docente en formación de profesores. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, *2*, 1-19.

Soto, M., Aguayo, L. M. y Galván, A. (2021). Educación Matemática y Didáctica de la Matemática, una relación histórica en desarrollo. *xvi Congreso Nacional de Investigación Educativa*, Puebla, México.

Talanquer, V. (2014). Razonamiento Pedagógico Específico sobre el Contenido. *Educación Química*, *25*(3), 391-397.

Torres, A., Chong, M. y Baute, L. (2017). Bases teórico-conceptuales para la formación del profesor de matemáticas universitario. *Revista Sarance*, *38*(1), 5-21. https://revistasarance.ioaotavalo.com.ec/index.php/revistasarance/article/view/619/649.

Torres, A. A., Morales, L. M., Cáceres, M. L. y Campos, M. (2019). Validación de un instrumento para caracterizar el Conocimiento Didáctico del Contenido del profesor de matemáticas. *Revista Conrado*, *15*(70), 267-273.

Van Driel, J. H., Veerlop, N. y de Voos, W. (1998). Developing Science Teacher's Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, *35*(6), 673-695. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6%3C673::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-J

Verdugo, J. J., Solaz, J. J. y Sam José, V. (2017). El Conocimiento Didáctico del Contenido en Ciencias: estado de la cuestión. *Cadernos de Pesquisa*, *47*(164), 586-611. https://doi.org/10.1590/198053143915

Zubaidah, T., Johar, R., Annisa, D., Yuhasriati, Y. y Safitri, Y. (2023). Teacher's Pedagogical Content Knowledge (PCK) in implementing Realistic Mathematics Education (RME). *Beta: Jurnal Tadris Matematika*, *16*(1), 38–54. https://doi.org/10.20414/betajtm.v16i1.550