

Conocimiento de los docentes sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales en el nivel primario

Facundo Dyszel¹, María Gabriela Lorenzo^{1,2}

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC), Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

Fecha de recepción del manuscrito: 16/03/2019

Fecha de aceptación del manuscrito: 06/12/2019

Fecha de publicación: 30/04/2020

Resumen— En este trabajo se presenta una revisión descriptiva de la literatura en torno a la temática de los conocimientos de los docentes sobre la enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario. En primer lugar, se describen las perspectivas principales que investigan sobre esta cuestión. Fundamentalmente, se distingue entre la línea del “conocimiento del profesor” y la del “pensamiento del profesor”. Se reconoció que la idea de concebir a los docentes como profesionales reflexivos que producen conocimiento sobre sus prácticas es un punto en común entre algunos autores de ambas perspectivas. Luego, se abordaron las definiciones, consensos y discusiones en torno al concepto Conocimiento Didáctico del Contenido. Por último, se focalizó en los estudios empíricos que abordan este último tópico entre los docentes del área de ciencias naturales en ejercicio del nivel primario. Si bien se evidenció la vigencia del concepto, aparece una falta de consenso en su definición; y, por otro lado, se observó la incorporación de la dimensión afectiva a los estudios.

Palabras clave— Conocimiento Didáctico del Contenido, Saberes Docentes, Didáctica de las Ciencias Naturales, Nivel Primario.

Abstract— In this paper, a descriptive review of the literature on the topic of teachers' knowledge about science teaching at the primary level is presented. To this end, first, the main perspectives investigating this question were described. Mainly, a distinction was made between the "teacher's knowledge" and "teacher's thought" perspectives. We found that the conception of teachers as reflective professionals who produce knowledge about their practices is a common point among some authors of both perspectives. Then, the definitions, consensus and discussions that exist around the concept of Pedagogical Content Knowledge were addressed. Finally, this study focused on empirical researches that study the in-service elementary science teachers' Pedagogical Content Knowledge. The validity of the concept, the lack of consensus in its definition and the incorporation of the affective component to the studies were evidenced.

Keywords— Pedagogical Content Knowledge, Teacher's knowing, Sciences Teaching, Elementary School.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han intensificado el debate y la preocupación en torno a la calidad de la enseñanza en los distintos niveles educativos, tanto en los medios de comunicación como en los ámbitos académicos y de políticas públicas. El área de Ciencias Naturales no está exenta de este debate y, en este sentido, existe un consenso a nivel internacional sobre la necesidad de mejorar las prácticas de enseñanza en el área de ciencias¹.

Ese consenso se extiende hacia la idea de que los docentes del nivel primario a menudo tienen dificultades o son esquivos a enseñar ciencias. En efecto, pareciera que las ciencias tienen un estatus curricular mucho más bajo en comparación a la matemática o al lenguaje y se le dedica

menos tiempo que a estas áreas (ej. Masters y Park Rogers, 2018; Boyle y Bragg, 2006).

Los académicos encuentran múltiples factores que explicarían esta cuestión: desde la falta de condiciones institucionales para enseñar ciencias, hasta la falta de conocimiento (disciplinar y pedagógico) de la materia por parte de los docentes (ej. Kratz y Schaal, 2015; Appleton, 2008).

Para revertir esta situación, han proliferado las iniciativas de política pública que buscan mejorar la enseñanza de las ciencias. En este sentido, en varias partes del mundo, han cambiado los diseños curriculares y se han renovado las metas, los objetivos y los estándares para la educación en ciencias (ej. Hanuscin et al., 2018; MECyT, 2007). Sobre todo, la formación docente ha sido apuntada como uno de los factores principales para generar estos cambios (ej. John Scheid, 2016; Parga Lozano, 2016).

En esta línea, han cobrado gran relevancia los estudios centrados en los conocimientos que los maestros movilizan para enseñar ciencias junto con los programas de formación que buscan mejorar o aumentar esos conocimientos.

Dirección de contacto:

Facundo Dyszel, Junín 956, CIAEC-FFyB-UBA, CABA, Argentina, Teléfono: 5287- 4139 / E-mail: facundody@gmail.com.

Particularmente, desde su formulación, el constructo Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC, CPC o PCK)² (Shulman, 1986) ha tenido una presencia extensa en las investigaciones sobre la base de conocimientos que los docentes poseen y utilizan para enseñar ciencias.

De esta manera, para este artículo, hemos realizado una revisión descriptiva de la literatura en torno a la temática de los conocimientos de los docentes sobre la enseñanza de las ciencias en el nivel primario, en el marco de una investigación más amplia que busca indagar continuidades y rupturas entre los distintos niveles del sistema educativo. Para esto, primero, distinguimos las perspectivas principales que investigan los conocimientos de los docentes. Luego, nos centramos en las definiciones, consensos y discusiones en torno al CDC. Por último, nos focalizamos en los estudios empíricos que abordan el CDC de los docentes de ciencias del nivel primario³.

PERSPECTIVAS SOBRE EL ESTUDIO DE LOS CONOCIMIENTOS DE LOS DOCENTES

Según Tardif (2004), desde la década del '80 en la literatura anglosajona, en los '90 en Europa y desde principio de siglo XXI en Latinoamérica, las investigaciones sobre el conocimiento de los docentes han tenido una posición dominante en las ciencias de la educación. En este punto, no todos los académicos conciben esos conocimientos de la misma manera. Por ejemplo, algunos sostienen que los docentes deben ser aplicadores de prescripciones producidas por especialistas o expertos en pedagogía que no necesariamente son maestros y, por el contrario, existen otras posiciones que ven a los docentes como profesionales productores de conocimientos sobre su trabajo.

Esta segunda posición, a su vez, ha sido abordada por la investigación en educación desde distintas orientaciones. Tardif (2004) distingue estas orientaciones según cómo conciben la subjetividad de los docentes:

- Cognitivista: Es una visión racionalista, intelectualista e instrumental. Los conocimientos de los profesores son entendidos como representaciones mentales a partir de los cuales ordenan sus prácticas. Las visiones más constructivistas de esta corriente se interesan por cómo se construyen esas representaciones en los procesos de interacción.

- Existencial: Estudia la subjetividad de los docentes, contemplada de forma más amplia, englobando toda la historia de vida de los enseñantes, sus experiencias, sus historias, su afectividad y emociones, creencias, valores, entre otras.

- Social: Se basa en enfoques donde “la subjetividad de los docentes no se reduce a la cognición ni a la vivencia personal, sino que remite a las categorías, reglas y lenguajes sociales que estructuran la experiencia de los actores en los procesos de comunicación y de interacción cotidiana” (op. cit., p.171).

Según el autor, estas orientaciones son permeables entre sí y, con diferencias, las tres sostienen que es imprescindible tener en cuenta los puntos de vista de los docentes. Los maestros, aquí, son entendidos como profesionales que, en sus experiencias, construyen saberes

sobre su práctica. Esta idea se encuentra en sintonía con el *giro de la práctica* (Manetti, 2018) que ha experimentado en el último tiempo la investigación en Ciencias Sociales (incluyendo la didáctica y la pedagogía).

Carmen Fernández (2015) realiza otra distinción y dice que existen dos grandes líneas investigación: la que estudia los “conocimientos” de los docentes y la que estudia los “saberes” de los docentes. La primera línea denominada *conocimiento del profesor*, donde se destaca el concepto de base de conocimientos (*knowledge base*) y de PCK de Shulman (1986), suele consistir en un desmontaje analítico de los componentes envueltos en el conocimiento docente. Desde esta perspectiva, el contenido disciplinar tiene un rol central. En el siguiente apartado, profundizaremos en esta perspectiva.

La segunda línea es la del *pensamiento del profesor* y se vincula con la idea de los “saberes” de los profesores. Tiene una fuerte influencia de Shön (1998) y de su epistemología de la práctica que se centra en el conocimiento profesional como un proceso de elaboración reflexiva a partir de la práctica profesional en acción.

Si bien suelen usarse como sinónimos, hay autores que se han encargado de desambiguar los términos “conocimiento” y “saber”.

Para Astolfi (2003), el conocimiento es consubstancial al individuo y a su historia, es el resultado interiorizado de la experiencia individual, permanece globalmente intransmisible, es inteligible para otros de modo directo y completo y solo pueden inferirse elementos parciales del mismo. En cambio, el saber es fruto de un proceso de construcción intelectual, de un esfuerzo de objetivación del conocimiento, se construye a través del uso de una formalización teórica y contribuye a leer la realidad empírica de un modo novedoso.

En un sentido diferente, para Fiorentini, Souza Junior y Melo (en Fernández, 2015) el conocimiento se aproxima más a una producción científica sistematizada y acumulada históricamente con reglas más rigurosas de validación aceptadas por los académicos, y el saber representaría un modo de saber más dinámico, menos sistematizado o riguroso y más articulado a otras formas de saber relativos a la práctica sin esas normas rígidas de validación.

En esta línea, para Fernández (2015) el conocimiento es una especialización del saber y cuando Shulman formula el concepto de PCK en tanto “conocimiento”, está elevando el estatus del conocimiento producido en la práctica docente e igualándolo con el que producen los académicos.

Desde la línea del *pensamiento del profesor*, Tardif (2004) define al saber en un sentido amplio. El saber de los docentes está formado por una amalgama más o menos coherente de saberes provenientes de la formación profesional, junto con saberes disciplinarios, curriculares y aquellos provenientes de la experiencia profesional. La expresión *knowledge base* puede ser entendida, desde un sentido estricto, como aquellos conocimientos movilizados por los profesores eficientes, validados por la investigación y que debieran ser incorporados a la formación; o puede ser entendida, en un sentido amplio (desde su perspectiva), como el conjunto de saberes que fundamentan el acto de enseñar en el ambiente escolar. Estos saberes solo tienen sentido en relación con estas situaciones de trabajo de los

profesores donde los saberes se construyen, movilizan, modelan y utilizan; engloban los conocimientos, las competencias, las habilidades, las aptitudes, las actitudes, o sea el *saber*, el *saber-ser* y *saber-hacer*; son plurales, heterogéneos, temporales, compuestos, personalizados y situados. Para Tardif (2004), la proliferación de las tipologías que clasifican y descomponen los saberes torna imposible su comprensión como totalidad.

Sin seguir ahondando en esta cuestión, vale aclarar que no consideramos que los saberes sean menos rigurosos que los conocimientos, sino que responden a otras posiciones y otros fundamentos epistemológicos.

En este trabajo no abordaremos la perspectiva del pensamiento del profesor, pero queremos mencionar, a modo de ejemplo, un estudio reciente en didáctica de las ciencias que trabaja desde esta línea. Carmo y Selles (2018) buscan comprender cómo los profesores brasileños (de Biología, en este caso) movilizan sus saberes para que los contenidos se vuelvan enseñables a sus alumnos. Los autores dicen que, de modo anónimo, subjetivo y personal, los docentes interpretan, seleccionan, retraducen, reestructuran y reorganizan y transforman los contenidos a enseñar. Esta transformación está permeada por el contexto donde se desenvuelve la práctica y por la interacción con los estudiantes.

Esta transformación de los contenidos, mediado, por ejemplo, por la lectura de libros didácticos, el empleo de imágenes, esquemas o ejercicios, evidencia la producción de un conocimiento escolar contingente, entrañada en lo que los autores denominan “modos de hacer” de los docentes y que se vincula con la dimensión del *saber-hacer*.

Los “modos de hacer” son tácticas elaboradas por los docentes, producto de una reflexión en la práctica, que les permiten transformar el contenido prescripto en contenido enseñable en un contexto y para unos alumnos particulares.

Con algunos matices, creemos que ambas líneas (la del *conocimiento* y la del *pensamiento* del profesor) tienden a concebir a los docentes como productores de conocimiento y no como meros reproductores de conocimientos producidos en otros ámbitos.

Conocimiento Didáctico (o Pedagógico) del Contenido

El constructo de CDC ha tenido una especial relevancia en la línea que investiga el *conocimiento del profesor* en lo que respecta a las prácticas de enseñanza y a la formación de docentes de ciencias. Retomando la clasificación de Tardif (2004), el CDC se vincula con la orientación “cognitivista”.

El CDC ha sido utilizado por investigadores de diversas partes del mundo, de distintos campos disciplinares, para estudiar tanto profesores en formación como profesores en ejercicio y para docentes de todos los niveles del sistema educativo.

Fernández y Fernandes de Goes (2014) realizaron un mapeo de las publicaciones sobre CDC desde que fue propuesto por Shulman en 1986 hasta el 2013, encontrando 3.329 trabajos (955 del área de Ciencias Naturales). Según las autoras, el CDC se usó mayoritariamente en la formación docente inicial (39% de los trabajos), en el nivel

primario (62%) y a través de investigaciones empíricas (85%). Por el contrario, en otra revisión del estado del arte sobre PCK que realizan Chan y Hume (2019) en estudios empíricos del área de ciencias desde el 2008 hasta el 2017, de 99 estudios analizados, solo 13 eran del nivel primario.

En su primera proposición, Shulman (1986) definió el PCK como un tipo de conocimiento del contenido que va más allá del conocimiento de la materia o el conocimiento disciplinar (SMK, *subject matter knowledge*): es el conocimiento del contenido para enseñar. El PCK es el conocimiento de las formas de representación del contenido que hace que sea comprensible para otros. También, incluye la comprensión de las concepciones y preconcepciones de los estudiantes sobre los tópicos de la SM (p.9). Luego, en 1987, Shulman sostiene que el PCK es uno de los componentes de la base de conocimientos para enseñar y lo define como “esa especial amalgama entre materia y pedagogía que constituye una esfera exclusiva de los maestros, su propia forma especial de comprensión profesional” (2001, p.174). Además, agrega que esa amalgama es “por la que se llega a una comprensión de cómo determinados temas y problemas se organizan, se representan y se adaptan a los diversos intereses y capacidades de los alumnos, y se exponen para su enseñanza. El conocimiento pedagógico de la materia es la categoría que con mayor probabilidad permite distinguir entre la comprensión del especialista en un área del saber y la comprensión del pedagogo” (2001, p. 175).

Según Park y Oliver está comúnmente establecido que el PCK es aquel conocimiento usado por los docentes para adaptar el SMK para propósitos pedagógicos a través de un proceso que Shulman llama “transformación”, Ball “representación”, Veal and MaKinster “traducción”, Bullough “profesionalización” y Dewey “psicologización” (en Park y Oliver, 2008, p. 264). A esta lista podríamos agregar la “transposición” de Chevallard (2000).

Desde las primeras proposiciones, los académicos han elaborado por lo menos ocho modelos diferentes de PCK (Soysal, 2018; Fernandez y Fernandes de Goes, 2014; Park y Oliver, 2008), lo que evidencia una falta de consenso en cuanto a su definición y componentes. Según Verdugo-Perona et al. (2017), Garritz (2014) y Chan y Hume (2019) el modelo de Magnusson et al. (1999) es el más utilizado.

En este modelo, el PCK es presentado como un dominio de conocimiento único y distinguible de otros y referido a temas específicos de la SM (*subject matter*). Los componentes del PCK, en este modelo, son: a) orientaciones para la enseñanza de las ciencias; b) conocimiento de la comprensión de los estudiantes sobre las ciencias; c) conocimiento sobre el currículum de ciencias; d) conocimiento sobre estrategias de enseñanza y representaciones para enseñar ciencias; e) conocimiento sobre evaluación de los aprendizajes en ciencias.

De Jong et al. (2005) dicen que algunos describen el PCK como una *mezcla* de distintos tipos de conocimiento y otros lo definen como una *síntesis* de todos los conocimientos que se necesitan para una enseñanza efectiva. Además, algunos lo presentan como un conocimiento único y separada de otros dominios de conocimiento, mientras que otros dicen no siempre es posible una separación clara entre PCK y SMK.

Luego de hacer una revisión crítica sobre la literatura del PCK, Abell (2008) define al PCK como una categoría distintiva de conocimiento influenciado por la transformación del conocimiento de la materia (SMK), el conocimiento pedagógico y el conocimiento del contexto; el PCK comprende distintos componentes que, aplicados en la práctica, están integrados y mezclados entre sí; el PCK es desarrollado en experiencias de formación y en la experiencia práctica del aula; el contenido tiene un lugar central y los docentes desarrollan y usan PCK para enseñar tópicos específicos de ciencia.

En otra revisión de la literatura sobre PCK, Park y Oliver (2008) dicen que, aunque el conocimiento de los docentes puede mejorar y ser influenciado por una formación receptiva, los cambios más poderosos resultan de las experiencias de la práctica. Para estos autores el PCK es la comprensión y la acción de los docentes sobre cómo ayudar a un grupo de estudiantes a entender cuestiones específicas de la materia, usando estrategias instruccionales múltiples, representaciones y evaluaciones, mientras trabajan dentro de las limitaciones contextuales, sociales y culturales del ambiente de aprendizaje (p.264). Agregan que el PCK se desarrolla a través de la *reflexión en la acción y sobre la acción* (Schön, 1998). Esta definición del PCK está estrechamente vinculado con los “modos de hacer” de Carmo y Selles (2018) y evidencia que la perspectiva del *conocimiento* y la del *pensamiento* de los profesores tienen puntos en común.

El modelo de Park y Oliver (2008) y el de Magnusson et al. (1999) involucran los mismos cinco componentes. Sin embargo, el segundo pone a las “orientaciones para la enseñanza...” en el centro y con una posición de jerarquía en relación a la conformación del PCK con respecto a los otros cuatro y el primero enfatiza las interacciones recíprocas entre los cinco componentes sin colocar a alguno por encima de los otros (Park y Chen, 2012).

En el 2012, se realizó una reunión en Colorado Springs, Estados Unidos, entre académicos que investigaban el PCK, conocida como PCK Summit. A partir de esta reunión, Gess-Newsome (2015), en un intento por construir un modelo de consenso, reafirma al PCK como categoría separada de conocimiento entre las otras bases generales de conocimiento para enseñar. Distingue entre dos variantes del PCK: *personal PCK* (PCK personal) y *personal PCK and skills* (PCK y habilidades personales). El primero está vinculado con el razonamiento y la planificación de la enseñanza (lo que el docente conoce) y el segundo con la puesta en acto de la enseñanza (lo que el docente hace). Chan y Hume (2019) dicen que epistemológicamente esta sería una distinción entre *knowledge* y *knowing* que podríamos vincularla con la distinción entre “conocimiento” y “saber” de Astolfi (2003). Este modelo, además, resalta la idea del PCK como altamente personal, idiosincrático y vinculado a tópicos específicos.

Chan y Hume (2019), luego de una segunda reunión PCK Summit en 2016, hacen una revisión por la literatura del PCK y enumeran seis puntos en torno a los cuales todavía existen discusiones y debates:

1) Si el PCK es un cuerpo de conocimiento distinguible del resto de la base de conocimientos para enseñar.

2) Si el PCK es una forma de conocimiento, una serie de habilidades, una disposición o una combinación de estas tres opciones. Si el PCK incluye componentes afectivos y no cognitivos. Si es algo que los docentes poseen “en la cabeza” o si es algo que está “en la acción”.

3) ¿Qué componentes se incluyen en el PCK? Luego de la primera definición de Shulman, se fueron agregando otros componentes al PCK como el conocimiento del currículum o el conocimiento de las evaluaciones, entre otros.

4) Si el PCK es específico del contexto y solo tiene sentido en él (perspectiva situada) o si puede investigarse fuera del salón de clases (perspectiva más cognitiva).

5) Si el PCK es individual o colectivo. Por ejemplo, a pesar de los aspectos idiosincráticos del PCK, habría algunos puntos en común entre el PCK de los docentes. Algunos autores hablan del “PCK canónico” refiriéndose a los grandes acuerdos que se construyen desde la investigación o desde la sabiduría colectiva de la práctica.

6) Si el PCK es genérico o si es específico de un tópico, de una materia, de una disciplina o de un dominio de conocimiento.

Por último, desde una idea de construir una perspectiva iberoamericana sobre CDC, Garritz, Daza Rosales y Lorenzo (2014) dicen que el CDC es un conocimiento que va más allá de lo disciplinar, no se limita a los saberes construidos en la formación inicial y continua de origen académico, sino también que se construye en la experiencia profesional. Además, el CDC “tiene en cuenta los aportes del conocimiento interdisciplinar y, además, el transdisciplinar a partir de los saberes culturales de las comunidades, sin desconocer los factores institucionales, familiares y políticos que inciden en las decisiones como profesional de la docencia y le imprime el sello de identidad particular como docente” (p.11).

Es importante remarcar que, aunque las investigaciones se propongan describir, documentar, identificar o medir el CDC (o el CPC o el PCK), estarán analizando cuestiones diferentes si la definición de su objeto es diferente, aun cuando compartan el nombre del constructo (Chan y Hume, 2019). Además, la falta de consenso y la variedad de definiciones sobre CDC responde a posicionamientos también diferentes sobre la enseñanza y sobre el conocimiento.

¿Qué hay de nuevo con el CDC de docentes del nivel primario?

Del universo de publicaciones relevado, hemos realizado un recorte donde seleccionamos aquellos estudios publicados desde enero de 2015 hasta febrero de 2019. Elegimos las investigaciones empíricas sobre docentes de ciencias en ejercicio del nivel primario. Excluimos los artículos que abordan el CDC para la enseñanza de otras áreas que no sean de ciencias, los que estudian maestros de otros niveles del sistema educativo y los que trabajan con docentes en formación inicial (a veces llamada pre-servicio).

Se han distinguido dos tipos de publicaciones:

1) Las que se ocupan de investigar el CDC como concepto o constructo que permite estudiar los

conocimientos para enseñar ciencias de los docentes del nivel primario en ejercicio (o en servicio).

2) Las que utilizan el CDC para investigar los programas de formación docente continua (o formación en servicio).

Utilizamos las palabras clave “Conocimiento Pedagógico del Contenido”, “Conocimiento Didáctico del Contenido” y “Pedagogical Content Knowledge” en los buscadores de las siguientes revistas en idioma inglés, español y portugués: *Educación Química, Teaching and Teacher Education, Procedia- Social and Behavioral Sciences, Enseñanza de las Ciencias, Ensaio- Pesquisa em Educação em Ciências, Cadernos de pesquisa y Tecné, Episteme y Didaxis*. Además, utilizamos el buscador de Taylor and Francis Online que mostró resultados de las revistas: *International Journal of Educational Sciences, International Journal of Science Education, Journal of Science Teacher Education, African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education Educational Studies, European Journal of Teacher Education, Pedagogies: an international journal y Professional Development in Education*.

La búsqueda inicial arrojó 255 artículos dentro del período indicado (citamos algunos de ellos en los apartados anteriores). Aplicando las variables de exclusión, hemos seleccionado 11 artículos que se describen en los siguientes apartados. También, se describen otros artículos relacionados con estos 11, bien porque fueron citados por los autores y consideramos necesaria y significativa su inclusión o bien porque aportan a la discusión.

El CDC de docentes en ejercicio del nivel primario

El CDC ha sido muy utilizado para estudiar las prácticas de enseñanza de ciencias. En el recorte de artículos realizado, encontramos tres estudios empíricos en el período 2015-2019 que utilizan el CDC como lente conceptual para analizar los conocimientos de los docentes de ciencias en ejercicio del nivel primario.

1) Soysal (2018) tomó el modelo de Magnusson et al. (1999) y se propuso explorar los cinco componentes y sus interacciones en una maestra de primaria experimentada de Turquía. El autor resalta la falta de consenso y la variedad de modelos para definir el PCK. Su estudio aporta a la idea de que el PCK y la interacción de sus componentes es idiosincrático y que depende del tópico específico que se está enseñando. El autor dice que, si bien se puede usar de guía el modelo de Magnusson et al. (1999), aparecieron aspectos en el estudio de esta maestra que no aparecen en el modelo.

En el caso analizado, los componentes “conocimiento del currículum” (componente c del modelo), “conocimiento de estrategias” (d) y “conocimiento de la comprensión de los alumnos” (b), tuvieron más vínculo entre sí que las “orientaciones para la enseñanza” (a) y “conocimiento sobre evaluación” (e). Sobre esta cuestión, profundizaremos en el próximo apartado.

2) Hayden y Baird (2017) les contestan a los académicos que dicen que el PCK es una “metáfora obsoleta”. Las autoras se propusieron especificar los modos en que una docente de ciencias de séptimo grado pone en acción su

PCK, en un estudio que realizaron durante tres años con la misma maestra.

Siguiendo a Abell (2008), la pregunta que guio este trabajo fue cómo el marco de referencia del PCK puede ayudar a mejorar y entender la enseñanza. El foco estuvo puesto en analizar las formas originales y únicas en que los docentes ponen en acción el PCK. Las autoras sostienen que el PCK es de naturaleza situada (Lee y Luft, 2008).

Al igual que Soysal (2018), las autoras dicen que, aunque los PCK de los maestros pueden coincidir en los componentes, estos interactúan de maneras únicas y originales en las decisiones y acciones pedagógicas de cada docente.

Las autoras utilizaron el modelo de Lee y Luft (2008) que consiste en siete componentes: conocimiento de la ciencia, de los estudiantes, de la organización del currículum, de los objetivos, de los métodos y estrategias de enseñanza, de la evaluación y de los recursos.

Elas aseguran que es posible adoptar una perspectiva que tome el PCK desde el punto de vista de los docentes para generar verdaderos cambios en la enseñanza. Por último, plantean que analizar los modos originales en que los docentes reflexionan sobre sus prácticas puede revelar cómo los maestros integran la multiplicidad de conocimientos base que poseen para transformar el contenido.

3) Meschede et al. (2017) exploraron las relaciones entre la “visión profesional”, el PCK y “las creencias” de los maestros en relación a la enseñanza de las ciencias, comparando estos tres componentes de la estructura cognitiva de 113 estudiantes universitarios que estudiaban para ser docentes de nivel primario y de 110 maestros que ya ejercían la docencia en el mismo nivel.

- Las creencias son la comprensión o las premisas de los maestros sobre la enseñanza y el aprendizaje que son sentidas por los maestros como “verdades”. Distinguen entre creencias constructivas (centradas en las actividades constructivas de aprendizaje de los estudiantes) y creencias centradas en la transmisión (aquellas que ponen el énfasis en la actividad del profesor como transmisor del conocimiento).

- Los autores no eligieron un modelo de PCK para realizar la exploración, sino que analizaron los dos componentes que consideran centrales: el conocimiento de la comprensión de los estudiantes sobre los conceptos de ciencias y el conocimiento de estrategias de enseñanza. Sostienen que el PCK de los docentes es un predictor de los aprendizajes de los estudiantes.

- La visión profesional es el término que describe la habilidad de los maestros para percibir e interpretar aquellos elementos relevantes que suceden en el salón clases y que promueven o restringen los aprendizajes. En línea a lo que plantean Park y Oliver (2008), la reflexión que se construye a través de la visión profesional es un motor de la mejora de las prácticas de enseñanza.

Así, Meschede et al. (2017) concluyeron que los docentes que estaban en ejercicio tenían una visión profesional y un PCK más grande que los estudiantes, y, a la vez, tenían menos creencias centradas en la transmisión. Este tipo de

creencias, según los autores, obstaculiza la posibilidad de observar y reflexionar sobre las propias clases.

Por otro último, sostienen que la experiencia en la práctica es fundamental para desarrollar la visión profesional.

El CDC en programas de formación docente continua

El CDC ha sido muy utilizado en la investigación sobre la formación docente. En efecto, muchos programas de formación continua tienen, dentro de sus objetivos, mejorar los conocimientos de los maestros sobre la enseñanza de la ciencia y utilizan el CDC para medir su impacto o ver cómo se transforman esos conocimientos a partir de la participación en los programas. En la revisión del estado del arte de esta cuestión que realizaron Verdugo-Perona et al. (2017), los autores dicen que el CDC ha sido utilizado mayormente con docentes del nivel secundario y no tanto con docentes del nivel primario y superior.

Sobre este tema, un trabajo significativo con maestros del nivel primario es el de Appleton (2008). El autor dice que los docentes de escuela primaria suelen ser esquivos a enseñar ciencias debido a un PCK y a un SMK limitados para enseñar esta área. Además, hay aspectos afectivos que podrían explicar esta cuestión como una baja autoconfianza y auto-eficacia de los docentes para la enseñanza de los contenidos científicos. Otras explicaciones posibles serían los recursos limitados de las escuelas o la prioridad percibida hacia otras asignaturas. Esto lleva, muchas veces, a no enseñar ciencias en absoluto o a enseñar una versión que está más cerca de las Ciencias Sociales o del estudio del lenguaje.

Particularmente, este artículo se centró en dos estudios de caso de docentes australianos que participaron en un PD⁴ (programa de formación continua o de desarrollo profesional) que involucró el acompañamiento y la capacitación (“mentoreo”) en la escuela, realizada por un profesor universitario, especialista en ciencias, durante seis años. El autor adhiere a la idea de que el PCK se va desarrollando a través de la experiencia en la práctica de enseñar.

Dice que a pesar de que los PD de corta duración (donde los docentes salen de la escuela y tienen clases teóricas con expertos de la materia) son menos costosos, son mucho menos efectivos que los PD de larga duración que funcionan en las mismas escuelas donde los docentes dan clases. Esto se debe a que, para mejorar el PCK y lograr cambios significativos en las prácticas, los maestros necesitan un apoyo importante y constante.

El tipo de PD que propone Appleton involucra la acción de un mentor que ayuda a mejorar la autoconfianza de los docentes, es un ayudante en sus clases, presenta modos alternativos de enseñar, desafía las prácticas de los docentes, ayuda a entender las concepciones de los niños y es una fuente de conocimiento en lo que respecta al currículum, al contenido de las ciencias, al PCK de las ciencias, a la pedagogía en general y a la evaluación.

Otra cuestión importante que remarca es que los docentes tienen que estar dispuestos a ver que sus ideas son

desafiadas, probar nuevas ideas y tomar cierto riesgo para que el programa funcione.

Por último, dice que estos PD funcionan mejor con docentes experimentados que con docentes noveles, porque dice que los últimos están lidiando todavía con aspectos de la supervivencia en la escuela.

A continuación, se describen los artículos encontrados en la revisión realizada.

1) Suh y Park (2017) identificaron patrones comunes en el PCK de tres docentes de ciencias de quinto grado que enseñaron el bloque de contenidos de “fuerzas y movimiento” utilizando un enfoque de indagación basado en la argumentación. Tomaron la idea de Ávalos (2011) de que los cambios en los docentes en relación a la implementación de un nuevo enfoque suelen durar muy poco. Se preguntan cómo se relaciona el PCK con el sostenimiento de dicho enfoque a lo largo del tiempo. Utilizaron el modelo de PCK de Park y Oliver (2008) y, al igual que Abell (2008), dicen que las interacciones entre los componentes deberían recibir mayor atención que el estudio de los mismos de manera aislada ya que el cambio en un componente no garantiza que cambien todas las dimensiones del constructo.

Concluyeron que las interacciones entre tres componentes del PCK cumplen un papel fundamental en el cambio de las prácticas: “orientaciones para la enseñanza de las ciencias” (componente a), “conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes” (b) y “conocimiento de estrategias” (d). A diferencia del artículo citado de Soysal (2018), dicen que el “conocimiento del currículum” (c) y “el conocimiento sobre evaluación” (e) son componentes menos integrados. Tanto Soysal (2018) como Verdugo-Perona et al. (2017) dicen que la integración y la interacción entre componentes del PCK varían de acuerdo a cada tópico específico. Suh y Park (2017) agregan, retomando a Krauss et al. (2008), que los docentes de mayor experiencia a menudo presentan una mayor integración entre los componentes del PCK, constituyéndose un solo cuerpo de conocimiento indivisible.

Según estos autores, los cambios en las prácticas son más duraderos si el enfoque de enseñanza es compatible con las creencias de los docentes y sus bases de conocimiento y si los docentes perciben un impacto positivo en los estudiantes. Particularmente, las prácticas de argumentación basada en la indagación son más compatibles con las orientaciones epistemológicas constructivistas (Simon et al., 2006).

Por último, al igual que Appleton (2008), sugieren que, para sostener los cambios en las prácticas, es necesario un apoyo constante brindando, en este caso, por una comunidad de aprendizaje de colegas.

2) Hanuscin et al. (2018) estudiaron el PCK de docentes de 5to grado de nivel primario en relación al contenido “modelo de partículas de la materia”. Estos docentes participaron de un PD durante dos semanas que incluía una instancia de práctica con estudiantes.

Los autores tomaron la distinción que hace Gess-Newsome (2015) entre “PCK personal” y “PCK y habilidades personales” y exploraron solamente el primero.

Concluyeron que los docentes tenían dificultades para identificar dónde debía entrar el modelo de partículas en una secuencia didáctica y tenían dificultades para explicar por qué este modelo es importante para entender otros fenómenos científicos. Además, les costaba evaluar e interpretar las concepciones y las dificultades de los alumnos para aprender este tópico.

Un aporte interesante de este estudio es la idea de que el PCK de los maestros no está vinculado a los años de experiencia docente en general, sino a los años de experiencia enseñando en el mismo grado y el mismo tópico de conocimiento. El PCK de un contenido científico específico no se transfiere necesariamente a cualquier otro contenido. Los autores plantean que los docentes que experimentan cambios de grado vuelven a ser “novatos” en lo que respecta al PCK para la enseñanza de los contenidos específicos del nuevo grado.

En otro trabajo, Hanuscin (en Hanuscin et al., 2011) ya había estudiado el PCK de docentes de primaria. Pero en ese estudio no tomaron un tópico específico del contenido de una materia, sino que estudiaron el PCK para enseñar la Naturaleza de la Ciencia (NOS, por sus siglas en inglés). Sobre este punto, los autores aclaran que el conocimiento sobre la NOS puede considerarse como una parte del SMK y, a su vez, como cualquier otro contenido de la enseñanza.

A partir del modelo de PCK de Magnusson et al. (1999) analizaron el PCK de docentes de primaria de EE.UU. en relación a la NOS en un estudio realizado durante tres años en un PD. Dicen que la mayoría de las investigaciones se centran en “el conocimiento sobre las estrategias...” (componente d del modelo) de los docentes, pero que otros componentes del PCK, como los “conocimientos sobre evaluación” (e), no han sido muy investigados. Los docentes del estudio tenían una escasez de conocimiento en este punto, lo que representaba una falta de *feedback* para analizar la efectividad de su enseñanza. Los autores sostienen que el PCK tiene una naturaleza integrada y que la mejora en un componente puede tener consecuencias en todo el PCK. Por ejemplo, mejorar los conocimientos sobre evaluación, a su vez, podría habilitar mejores formas de obtener información sobre la comprensión y las dificultades de los estudiantes (componente b).

Por último, al igual que Abell (2008), dicen que el PCK se construye sobre otros conocimientos (como el conocimiento pedagógico más general), por lo que los PD podrían tratar de capitalizar las fortalezas de los docentes en otros aspectos para desarrollar el PCK para NOS.

Este trabajo de Hanuscin et al. (2011) es retomado por Vhurumuku and Chikochi (2017) para analizar el PCK de docentes física de secundaria en relación a la NOS comparando dos tipos de enfoque de PD: un enfoque que llaman “capsular” donde se les enseñó explícitamente a un grupo de docentes aspectos de la filosofía y la sociología de la ciencia y de alfabetización científica y un enfoque más “holístico” donde se les enseñó a otro grupo de profesores principios más generales de la NOS a través del análisis de episodios importantes de la historia de la ciencia y a través de la planificación de actividades de enseñanza sobre NOS. Utilizando un diseño cuasi-experimental, concluyeron que el enfoque capsular fue más efectivo para acrecentar el SMK y para mejorar las estrategias para enseñar NOS.

3) Hwang et al. (2018) analizaron el valor que los docentes dan a los PD según las características de los programas. Realizaron encuestas a 270 docentes taiwaneses de primaria. Los resultados sugirieron que los maestros atribuyeron un mayor valor a aquellos PD que hacen foco en el PCK, más que en el conocimiento pedagógico general o en el conocimiento del contenido. Esta preferencia de los docentes sería un problema para su formación si consideramos, siguiendo a Hanuscin (2011), que el PCK se construye sobre otros conocimientos pedagógicos más generales.

Por otro lado, estudiaron la relación entre las creencias de los docentes y sus deseos de participar en PD. En este punto, de manera similar a Meschede et al. (2017), distinguen entre creencias tradicionales (aquellos que adhieren a un modelo más centrado en el docente y en contenido de la materia) y creencias más progresistas (modelos más centrados en los estudiantes y en las actividades que realizan para aprender). Esas creencias más progresistas estarían relacionadas con mayores deseos por asistir a los PD. Esta cuestión abona a la idea de Suh y Park (2017) y Meschede et al. (2017) sobre el rol central que ocupan las creencias de los docentes en relación a los cambios en la enseñanza.

4) Doyle et al. (2018) realizaron un análisis estadístico a través de encuestas pre-post a 1858 docentes que participaron en 231 PD diferentes en Estados Unidos, de corta duración, realizados durante el verano. Buscaron aquellas características comunes en los programas y analizaron cómo esas características impactaron en dos aspectos del conocimiento de los docentes: en el SMK y en “el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes” (componente b del modelo de Magnusson et al., 1999). Encontraron que la única característica de los PD que se puede asociar al crecimiento del conocimiento en esos dos aspectos es el trabajo sobre los conceptos fundamentales de las ciencias. Otras características muy típicas de los PD, como observar y criticar clases, armar planificaciones o diseñar evaluaciones, entre otras, no se asociarían con el crecimiento en esos conocimientos. Cabe destacar que solamente analizaron el componente (b) del PCK de manera aislada. Entonces, podríamos preguntarnos cuál es la relación entre las características de los PD y otros componentes del PCK u otros conocimientos base de los docentes.

Los autores destacan que la comparación entre diferentes programas es muy problemática porque la mayoría utiliza distintos tipos de métricas para determinar su efectividad e incluso algunos programas no usan ningún tipo de métrica.

5) Yang et al. (2018) estudiaron el impacto de un PD en los conocimientos de los docentes y de los estudiantes. El PD se implementó en Estados Unidos durante 5 años y se centraba en el enfoque llamado “*Interdisciplinary Science Inquiry*” (Indagación Científica Interdisciplinaria). La muestra analizada fue de 509 estudiantes de 23 cursos en cinco escuelas primarias y medias. El PD incluyó sesiones de discusión sobre el currículum, clases con foco en el contenido y, además, los docentes podían participar voluntariamente en actividades de investigación científica en la universidad y en comunidades de aprendizaje en la escuela guiadas por un especialista en este enfoque.

Aquellos docentes que participaron de estas sesiones y de las comunidades fueron lo que obtuvieron mejores resultados en sus pruebas de PCK (tomaron el modelo de Magnusson *et al.* de 1999 y analizaron, solamente algunos componentes de dicho modelo). Los autores dicen que este resultado se debió a que estos docentes tuvieron oportunidades de experimentar el enfoque ISI en una investigación auténtica. La participación en las comunidades de aprendizaje también tuvo una influencia positiva en la adopción de este enfoque.

Además, los estudiantes cuyos docentes participaron durante más tiempo (más de 150 horas) de las distintas instancias del PD tuvieron mejores resultados en una prueba de ciencias interdisciplinaria. Lo que abona a la idea de que los PD de larga duración son más efectivos.

6) El estudio de Bennett *et al.* (2018) reporta el análisis del impacto de un PD en Inglaterra diseñado para mejorar la SMK de contenidos de biología, química y física para la escuela primaria, el PCK de los docentes y las habilidades de liderazgo. Luego de este PD los participantes se convirtieron en los especialistas en ciencias de sus escuelas. Se realizaron pruebas en docentes y estudiantes de 96 escuelas y se entrevistaron y observaron clases en 13 escuelas. Los datos cualitativos obtenidos sugirieron que muchos docentes tuvieron una mejora en su SMK y en su confianza para enseñar ciencias. Sin embargo, los datos cuantitativos arrojaron que los alumnos no tuvieron una mejora en su desempeño en las evaluaciones. Por esto, los autores sostienen que para evaluar el impacto real de los programas es necesario utilizar una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos. En este estudio no se explicitó la definición, el modelo de PCK utilizado, ni los tópicos de contenido del PCK que se buscaba mejorar.

7) Masters y Park Rogers (2018) buscaron explicar cómo se desarrolla el PCK para enseñar explicaciones científicas de dos maestras en un PD de 3 años. Para las autoras, es necesario que los niños se involucren en la construcción de explicaciones científicas en sus clases, pero los docentes de primaria tienen poco conocimiento al respecto y suelen evitar este tipo de prácticas. Consideran que, para entender la complejidad de PCK, es necesario incorporar la perspectiva de Gess-Newsome (2015) del “PCK y habilidades personales”. Describieron cómo el PCK para las explicaciones científicas de las docentes estudiadas se fue desarrollando en diferentes momentos: durante las clases del PD, durante la planificación, mientras iban enseñando ciertos contenidos a sus alumnos y mientras reflexionaron sobre sus prácticas. Dicen que, para que los docentes se sientan cómodos con este nuevo enfoque, es necesario que lo practiquen varias veces con sus alumnos. En este mismo sentido, Blackmore *et al.* (2018) destacaron (en un estudio realizado con estudiantes que se formaban para ser docentes) que, si bien las instancias teóricas de la formación son importantes para aumentar el conocimiento de los docentes, la falta de instancias prácticas puede impactar de manera negativa en la confianza para enseñar ciencias. Como Meschede (2017), resaltan la importancia de la práctica docente en la formación.

Este estudio, sugiere, como decía Appleton (2008), que los PD deban ser de larga duración si se quiere impactar de manera significativa en el PCK.

Es importante destacar que el uso de explicaciones científicas se describe en este trabajo como un contenido de la enseñanza (más de tipo procedimental). El PCK aquí no estaría vinculado a un tópico específico de la materia (Gess-Newsome, 2015), sino a un contenido mucho más amplio que atraviesa el dominio de las ciencias en general. Suh y Park (2017), como ya mencionamos, estudiaron la argumentación (también, un contenido más de tipo procedimental) pero no hablaban del “PCK para enseñar la argumentación”, sino que “la argumentación” formaba parte del componente (a) del PCK para enseñar un tópico específico de la física. Esta cuestión se vincula con el debate número 6 que citamos del estudio de Chan y Hume (2019) sobre si el PCK es para un tópico, una materia, una disciplina o un dominio específico.

CONCLUSIONES

En este artículo, realizamos una revisión descriptiva por la literatura sobre los conocimientos de los docentes. Describimos distintas perspectivas según cómo entienden la subjetividad del docente y cómo definen el objeto de estudio, en este caso, el conocimiento para enseñar ciencias.

A lo largo del trabajo vimos que las perspectivas del *conocimiento* y del *pensamiento* del profesor tienen varios puntos en común. En primer lugar, ambas entienden que los docentes son productores de conocimiento. En segundo lugar, algunas definiciones del CDC incorporan la reflexión *en y sobre* la práctica (ej. Park y Oliver, 2008) como aspecto fundamental para desarrollar el conocimiento y, en este mismo sentido, la reflexión profesional es un aspecto también constitutivo de la línea del *pensamiento* del profesor. Tercero, muchos académicos de ambas líneas comparten la relevancia otorgada a los conocimientos y los saberes que provienen de la experiencia docente (ej. Abell, 2008). Cuarto, la naturaleza idiosincrática del CDC es una concepción similar a la idea de los saberes docentes como heterogéneos y plurales (Tardif, 2004). Por último, los que sostienen la idea de la naturaleza situada del CDC y la importancia de estudiar el CDC en acción o el “PCK y habilidades personales” (ej. Hayden y Baird; 2017) comparten, con la otra perspectiva, la idea de que los conocimientos tienen sentido en el contexto particular en que se utilizan.

Observamos que varias investigaciones han incorporado una dimensión afectiva a los modelos del CDC, por ejemplo, cuando se resalta la importancia de la autoconfianza y de las creencias para entender y mejorar la enseñanza de las ciencias (ej. Appleton, 2008). En cambio, la dimensión histórica (personal y social) y política parece estar excluida de estas investigaciones sobre CDC.

También, se evidenció la diversidad de modelos, caracterizaciones y abordajes existentes del CDC. Por ejemplo, algunos estudian el CDC en relación a tópicos específicos y otros lo estudian en relación a un dominio más amplio de las ciencias; algunos remarcan la importancia de estudiar el CDC de manera integrada y otros estudian los componentes de manera aislada. Esto dificulta la construcción de generalizaciones.

Parece haber cierto consenso en que, para lograr un cambio significativo en las prácticas de los docentes a través de la formación continua, es necesario una

intervención sostenida y a largo plazo. Además, el apoyo y el acompañamiento de los especialistas y de los colegas y las instancias de formación práctica cumplirían un rol importante.

Por otro lado, si bien el concepto del PCK fue concebido por Shulman (1986) con una idea de elevar el estatus de los conocimientos de los docentes, en muchos casos, este concepto ha sido utilizado, al revés, para remarcar la falta de conocimientos para enseñar ciencias. En este sentido, a veces, la entrada en la escuela de programas de capacitación (junto con asistentes técnicos, capacitadores o especialistas que van a las escuelas) produce lo que Acevedo (2018) llama “especialización” de los saberes. Esto desemboca en la idea de que los maestros ya no portan el saber que históricamente legitimaba su posición ya que los que estarían investidos ahora de la autoridad pedagógica serían los especialistas. Se produce, entonces, un efecto contrario que disminuye el estatus de los conocimientos de los docentes.

Es indudable que el CDC sigue siendo un concepto o un constructo vigente y recurrente a la hora de estudiar las prácticas y los conocimientos de los docentes en relación a la enseñanza de las ciencias. Creemos que es importante seguir estudiando los conocimientos y los saberes de los maestros adoptando una perspectiva que tome el punto de vista de los docentes como profesionales reflexivos que construyen conocimientos valiosos sobre sus prácticas.

NOTAS

1. Utilizaremos la denominación “ciencias” para referirnos a las Ciencias Naturales por un tema exclusivo de conveniencia para los fines de este artículo. Esto no debe interpretarse como una desconsideración de otras ciencias.

2. En este artículo no ahondaremos en el debate acerca de las diferencias entre Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) y Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC). Hemos respetado la denominación utilizada por cada autor citado en cada caso y empleamos PCK (en referencia a *Pedagogical Content Knowledge*) cuando el artículo citado haya sido escrito en inglés.

3. Este recorte coincide con el objeto de estudio que tiene el proyecto de tesis doctoral del primer autor de este artículo.

4. En los artículos en inglés estos programas, en general, son nombrados como PD (*professional development*). En estos casos, conservamos este acrónimo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló en el marco de los subsidios CONICET PIP N° 11220130100609CO (2014-2016), UBACYT (2018) N° 20020170100448BA y ANPCYT-FONCYT PICT-2015-0044 (2016-2018).

REFERENCIAS

[1] Abell, S. K. (2008), “Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea?” *International Journal of Science Education*, 30(10), pp. 1405-1416.

- [2] Acevedo, C., 2018. “Knowledge specialization in school: state intervention in specific fields of knowledge”, *Educação e Pesquisa*, 44, pp. 1-18.
- [3] Appleton, K. (2008), “Developing Science Pedagogical Content Knowledge Through Mentoring Elementary Teachers”, *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), pp. 523-545.
- [4] Astolfi, J. P. (2003) *Aprender en la escuela*, Santiago de Chile: J.C. Sáez.
- [5] Avalos, B. (2011), “Teacher professional development in Teaching and Teacher Education over ten years”, *Teaching and Teacher Education*, 27(1), pp. 10-20.
- [6] Bennett, J., Hanley, P., Abrahams, I., Elliott, L., Turkenburg-van Diepen, M. (2019), “Mixed methods, mixed outcomes? Combining an RCT and case studies to research the impact of a training programme for primary school science teachers”, *International Journal of Science Education*, 41(4), pp. 490-509.
- [7] Blackmore, K., Howard, C. y Kington, A. (2018), “Trainee teachers’ experience of primary science teaching, and the perceived impact on their developing professional identity”, *European Journal of Teacher Education*, 41(4), pp. 529-548.
- [8] Boyle, B. y Bragg, J. (2006), “A curriculum without foundation”, *British Educational Research Journal*, 32(4), pp. 569-582.
- [9] Carmo, E. M. y Selles, S. E. (2018), “‘Modos de Fazer’ Elaborados por Professores de Biologia como Produção de Conhecimento Escolar”. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(1), pp. 269-299.
- [10] Chan, K. K. H. y Hume, A. (2019), “Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers’ Pedagogical Content Knowledge Is Investigated in Empirical Studies”. En: A. Hume, R. Cooper y A. Borowski, eds. *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers’ Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer Singapore, pp. 3-76.
- [11] Chevallard, Y. (2000). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- [12] Doyle, J., Sonnert, G. y Sadler, P. (2018), “How professional development program features impact the knowledge of science teachers”, *Professional Development in Education*, pp. 1-16.
- [13] Fernandez, C. (2015). “Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciencias”, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17, pp. 500-528.
- [14] Fernandez, C. y Fernandes de Goes, L. (2014), “Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no ensino de ciências e matemática”. En: A. Garritz, S. F. Daza Rosales y M. G. Lorenzo, eds. *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva Iberoamericana*, Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española, pp. 65-99.
- [15] Garritz, A. (2014), “¿Qué es el CDC? ¿Cuáles son sus elementos fundamentales?”. En: A. Garritz, S. F. Daza Rosales y M. G. Lorenzo, eds. *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva Iberoamericana*, Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española, pp. 23-34.
- [16] Garritz, A., Daza Rosales, S. F. y Lorenzo, M. G. (2014), “¿Transposición didáctica o conocimiento didáctico del contenido o conocimiento pedagógico del contenido? ‘A rose by any other name’”. En: A. Garritz, S. F. Daza Rosales y M. G. Lorenzo, eds. *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva Iberoamericana*, Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española, pp. 2-22.
- [17] Gess-Newsome, J. (2015), “A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit”. En: *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*, London: Routledge, pp. 38-52.
- [18] Hanuscin, D. L., Cisterna, D. y Lipsitz, K. (2018) “Elementary Teachers’ Pedagogical Content Knowledge for Teaching Structure and Properties of Matter”, *Journal of Science Teacher Education*, 29(8), pp. 665-692.
- [19] Hanuscin, D. L., Lee, M. H. y Akerson, V. L. (2011). “Elementary teachers’ pedagogical content knowledge for teaching the nature of science” *Science Education*, 95(1), pp. 145-167.
- [20] Hayden, H. E. y Eades Baird, M. (2018), “Not a stale metaphor: the continued relevance of pedagogical content knowledge for science

- research and education” *Pedagogies: An International Journal*, 13(1), pp. 36-55.
- [21] Hwang, M.-Y., Hong, J.-C. y Hao, Y.-W. (2018), “The value of CK, PK, and PCK in professional development programs predicted by the progressive beliefs of elementary school teachers”, *European Journal of Teacher Education*, 41(4), p. 448-462.
- [22] John Scheid, N. M. (2016), “Os desafios da docência em ciências naturais no século XXI”, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, pp. 277-309.
- [23] De Jong, O., Van Driel, J. H. y Verloop, N. (2005), “Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry”, *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), pp. 947-964.
- [24] Kratz, J. y Schaal, S. (2015), “Measuring PCK – Discussing the Assessment of PCK-related Achievement in Science Teacher Training”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, pp. 1552-1559.
- [25] Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., et al. (2008), “Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers”, *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716-725.
- [26] Lee, E. y Luft, J. A. (2008), “Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge”. *International Journal of Science Education*, 30(10), pp. 1343-1363.
- [27] Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999), “Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching”. En: J. Gess-Newsome y N. G. Lederman, edits. *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education*, Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 95-132.
- [28] Masters, H. L. y Park Rogers, M. A. (2018), “Examining Early Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Teaching Scientific Explanations”, *Journal of Science Teacher Education*, 29(3), pp. 223-242.
- [29] Meschede, N., Fiebranz, A., Möller, K. y Steffensky, M. (2017), “Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs: On its relation and differences between pre-service and in-service teachers”, *Teaching and Teacher Education*, 66, pp. 158-170.
- [30] Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Argentina (2007), “Mejorar la enseñanza de las ciencias y la matemática: una prioridad nacional. Informe y recomendaciones de la Comisión Nacional para el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias naturales y la matemática”, tomado de <https://www.oei.es/historico/salactsi/mej_de_la_ense.pdf>24/2/2019
- [31] Monetti, E. (2018). Una mirada sobre la enseñanza desde el “giro de la práctica”, *Revista de Educación*, 14 (2), pp. 197-215.
- [32] Parga Lozano, D. L. (2016), “El continuo de la formación del profesorado de ciencias”, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 40, pp. 1-12.
- [33] Park, S. y Chen, Y. C. (2012), “Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms”, *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), pp. 922-941.
- [34] Park, S. y Oliver, J. S. (2008), “Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals” *Research in science Education*, 38(3), pp. 261-284.
- [35] Schön, D. A. (1998), *El profesional reflexivo: cómo piensan los profesionales cuando actúan*, Barcelona: Paidós.
- [36] Shulman, L. S. (1986), “Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching”, *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14.
- [37] Shulman, L. S. (2001), “Conocimiento y enseñanza”, *Estudios Públicos*, 83, 163-196.
- [38] Simon, H., Erduran, S y Osborne, J (2006) “Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom”, *International Journal of Science Education*, 28(2), pp. 235-260.
- [39] Soysal, Y. (2018), “An exploration of the interactions among the components of an experienced elementary science teacher's pedagogical content knowledge”, *Educational Studies*, 44(1), pp. 1-25.
- [40] Suh, J. K. y Park, S. (2017), “Exploring the relationship between pedagogical content knowledge (PCK) and sustainability of an innovative science teaching approach”, *Teaching and Teacher Education*, 64, pp. 246-259.
- [41] Tardif, M. (2004), *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*, Madrid: Narcea Ediciones.
- [42] Verdugo-Perona, J. J., Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé-López, V. (2017), “El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: estado de la cuestión”, *Cadernos de Pesquisa*, 47, pp. 586-611.
- [43] Vhurumuku, E. y Chikochi, A. (2017). “A Comparison of Two Approaches to Developing In-service Teachers' Knowledge and Strategies for Teaching Nature of Science”, *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 21(1), pp. 97-106.
- [44] Yang, Y., Liu, X. y Gardella, J. A. (2018), “Effects of Professional Development on Teacher Pedagogical Content Knowledge, Inquiry Teaching Practices, and Student Understanding of Interdisciplinary Science”, *Journal of Science Teacher Education*, 29(4), pp. 263-282.