

# DESARROLLO PROFESIONAL DOCENTE SOBRE EL CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO EN PROFESORES DE CIENCIAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

*Teaching Professional Development from Pedagogical Content  
Knowledge in science teachers: A systematic literature review*

**Samuel David Vargas-Neira**  
Universidad Antonio Nariño,  
Colombia  
svargas85@uan.edu.co

**Andrés Bernal-Ballén**  
Universidad Antonio Nariño,  
Colombia  
abernal93@uan.edu.co

**John Jairo Briceño-Martínez**  
Universidad Antonio Nariño,  
Colombia  
decano.educacion@uan.edu.co

## Resumen

El conocimiento pedagógico del contenido ha sido una línea de investigación que da identidad a los profesores como profesionales de la educación. En el ejercicio de los procesos de enseñanza y aprendizaje, los programas de desarrollo profesional docente son relevantes debido a que promueven en los profesores procesos de aprendizaje y de reflexión en la práctica pedagógica. Esta revisión sistemática de literatura tiene como propósito identificar las tendencias de los procesos de investigación de los programas de desarrollo profesional docente sobre el conocimiento pedagógico del contenido entre los años 2017 y 2023. Se exploró en bases de datos Scopus y Web of Science. Se identificaron 64 publicaciones, en las que los procesos de reflexión del docente es la categoría más estudiada, que busca promover aspectos como el trabajo en equipo, la capacidad de síntesis, el planteamiento de objetivos, y la identificación de dificultades en la enseñanza; por otro lado, se encuentra que una de las estrategias más usadas que recogen los elementos del conocimiento pedagógico del contenido es la *Lesson Study* (LS).

**Palabras clave:** desarrollo profesional, conocimiento del profesor, enseñanza de las ciencias, práctica pedagógica.

## Abstract

Pedagogical content knowledge has been a line of research that gives identity to teachers as education professionals. In the exercise of teaching and learning processes, teacher professional development programs are relevant because they promote in teachers learning and reflection processes in pedagogical practice; this systematic literature review aims to identify trends in research processes of teacher professional development programs from pedagogical knowledge of content between the years 2017 and 2023. Scopus and Web of Science databases were explored. Sixty-four publications were identified, in which the teacher's reflection processes is the most studied category, which seeks to promote aspects such as teamwork, synthesis capacity, goal setting, identification of difficulties in teaching; on the other hand, it is found that one of the most used generation strategies that collect the elements of Pedagogical Content Knowledge is the Lesson Study (LS).

**Keywords:** professional development, teacher knowledge, science teaching, pedagogical practice.

Recibido: 26/10/2023  
Revisado: 25/11/2023  
Aprobado: 28/11/2023  
Publicado: 15/01/2024

**DOI:** <https://doi.org/10.32541/recie.2024.v8i1.pp89-116>

**Copyright:** ©The Author(s)



Esta obra está bajo la licencia de  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0  
Internacional

ISSN (impreso): 2636-2139  
ISSN (en línea): 2636-2147  
<https://revistas.isfodosu.edu.do/>

**Cómo citar:** Vargas-Neira, S. D., Bernal-Ballén, A., & Briceño-Martínez, J. J. (2024). Desarrollo profesional docente sobre el conocimiento pedagógico del contenido en profesores de Ciencias: una revisión sistemática de la literatura. RECIE. Revista Caribeña de Investigación Educativa, 8(1), 89-115. <https://doi.org/10.32541/recie.2024.v8i1.pp89-116>

## 1 | INTRODUCCIÓN

El desarrollo profesional docente (TPD, *teacher professional development*) es uno de los aspectos estudiados en los procesos de investigación en el marco de la enseñanza de las ciencias (Briceño Martínez, 2013; Vaillant & Marcelo, 2015). El desarrollo profesional docente se ha identificado como un concepto polisémico (Briceño Martínez, 2013; Vaillant & Marcelo, 2015) que hace referencia a los aprendizajes que tiene el docente durante el ejercicio de la práctica pedagógica. Es una herramienta que permite la mejora del aprendizaje escolar (Marcelo & Vaillant, 2016). Está influido por las directrices de los gobiernos y tiene como punto de partida los aprendizajes de los estudiantes (Luft & Hewson, 2014). Además, tiene en cuenta aspectos como el currículo, la evaluación y los procesos de instrucción (Hewson, 2007). Se ha abordado con el propósito de reconocer aspectos como las creencias de los docentes (Alrwaythi & Al-Otaibi, 2020; de Sá Ibraim & Justi, 2021) la autoeficacia (Liepert & Borowski, 2019; Ogodo, 2019) y la generación de procesos de reflexión de la práctica pedagógica (Belge Can, 2019).

En el marco de la enseñanza de las ciencias, los programas de desarrollo profesional docente han abordado los procesos de desarrollo profesional teniendo en cuenta los aspectos que componen el conocimiento pedagógico del contenido (PCK, *pedagogical content knowledge*), en el que una de las dificultades que se han identificado es la documentación de dichos elementos en el ámbito de los procesos de enseñanza y aprendizaje (Buldu & Buldu, 2021; Gess-Newsome et al., 2017; Lawrie et al., 2019; Loughran et al., 2004). Estos componentes forman parte del conocimiento profesional del profesor, que lo posicionan como profesional de la enseñanza, y uno en particular es el conocimiento pedagógico del contenido, el cual está definido por Shulman (1986, p. 8) como la «amalgama del conocimiento del contenido y conocimiento pedagógico, que conlleva a la comprensión de la labor de los docentes». Las categorías que se tienen en cuenta para identificar los elementos del PCK, según Magnusson y otros (1999), son las siguientes: orientaciones hacia la enseñanza, que abarca los propósitos que tiene un docente; conocimiento del currículo, que se refiere a las metas y objetivos obligatorios así como a los materiales y programas específicos por asignatura; conocimiento de la evaluación, que aborda el conocimiento de los métodos y dimensiones que es relevante evaluar; conocimiento de ciencia por parte de los estudiantes, que aborda los requisitos y dificultades que tienen los estudiantes en el abordaje de un contenido o tema; y conocimiento de estrategias instruccionales, que hace referencia a las estrategias que el docente utiliza para facilitar

la comprensión de los estudiantes en los procesos de aprendizaje, en ello puede utilizar analogías, metáforas, representaciones y experimentos. En el ámbito del ejercicio docente, cuando no se logran examinar los elementos del PCK, es posible encontrar consecuencias en el desarrollo de la práctica pedagógica en cuanto a reconocer las dificultades que tienen los estudiantes en la comprensión de los temas objeto de estudio (Ekiz-Kiran et al., 2021; Goes et al., 2020; Miheso & Mavhunga, 2020), por lo tanto, se identifican desmotivación y bajas expectativas con relación a los aprendizajes que se pretenden alcanzar (Poti et al., 2022).

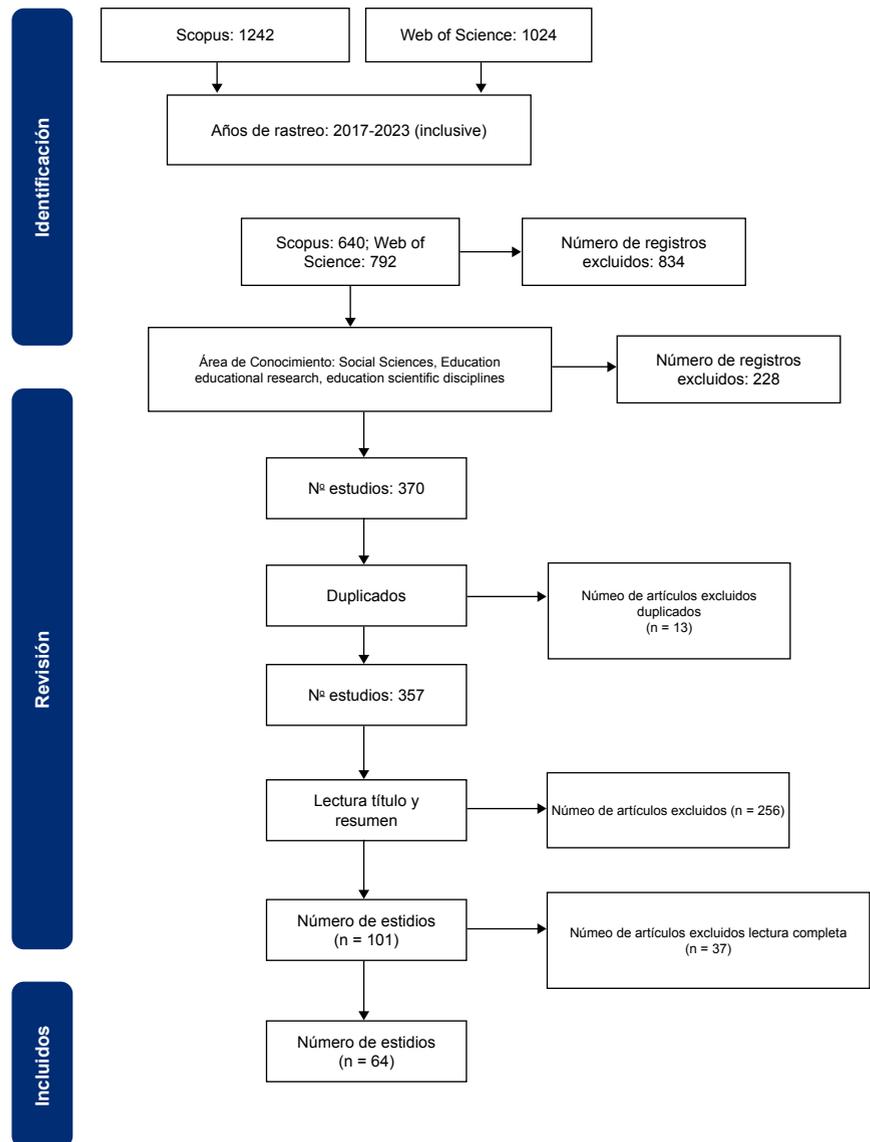
Uno de los propósitos de los programas de desarrollo profesional docente es centrar los procesos de aprendizaje de los profesores en generar cambios de actitud para mejorar los desempeños de los estudiantes; es fundamental identificar lo que se debe aprender para evidenciar una mejora y evolución del desempeño profesional (Sorge et al., 2019; Tardif, 2004). Este esfuerzo de mejora no es un ejercicio individual, por el contrario, es importante y necesario trabajar de forma conjunta para generar procesos de retroalimentación y de desarrollo en el corto y largo plazo. El cambio de actitud del docente viene acompañado de procesos de abstracción en los que posiblemente brinda un punto de partida para centrar los procesos en el estudiante como protagonista de su aprendizaje (Fernandez & Yoshida, 2012), dando un salto de calidad en la educación científica para la ciudadanía (Pozo-Municio & Gómez-Crespo, 2013). Por ello, resulta relevante que en los TPD se identifiquen los elementos del PCK que lleven a que el docente discuta, evalúe, genere y participe de estrategias de mejoramiento de la práctica pedagógica. Sin embargo, existe poca evidencia con respecto a la identificación de elementos que relacionen los TPD con el PCK en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Por lo anterior, se realiza esta investigación con el objetivo de identificar las tendencias de los procesos de investigación acerca de los procesos de TPD sobre el PCK en profesores de ciencias.

## 2 | METODOLOGÍA

Se ha desarrollado una revisión de literatura con el propósito de identificar las tendencias de los procesos de TPD sobre el PCK en docentes de ciencias. La revisión de literatura facilita y resume los contenidos de artículos, con el fin de sintetizar los resultados de diferentes procesos de investigación; para ello se hizo siguiendo el protocolo de la declaración PRISMA (Mengist et al., 2020; Page et al., 2021) porque son las más amplias y reconocidas en el ámbito de las ciencias sociales y, específicamente, en las

ciencias de la educación y de la investigación en educación. La Figura 1 muestra el procedimiento de la revisión sistemática de literatura.

**Figura 1** | Procedimiento PRISMA para la revisión sistemática



*Fuente:* los autores.

## 2.1. Procedimiento y criterios de inclusión y exclusión

El criterio de selección de los documentos potencialmente relevantes fue una cadena de búsqueda conformada de palabras clave: (Desarrollo AND Profesional AND Docente AND Conocimiento AND Pedagógico AND Contenido) en inglés (Teacher AND Professional AND Development AND Pedagogical AND Content AND Knowledge). La búsqueda se especificó para el título, el resumen y las palabras clave. Como fecha de publicación se limitó la búsqueda entre los años 2017 y 2023 (ambos inclusive).

Se tuvieron en cuenta estudios empíricos en los que se identificaron los aspectos del desarrollo profesional docente y del conocimiento pedagógico del contenido. Como áreas académicas se consideraron trabajos de química, biología y física. Quedaron excluidas las investigaciones no empíricas, como revisiones teóricas y metaanálisis. Además, para WoS se consideraron las áreas de *Education Educational Research & Education Scientific Disciplines*, y para Scopus, *Social Sciences*.

## 3 | RESULTADOS

Se identifican 218 autores de 22 países distribuidos en 31 revistas. La Tabla 1 muestra el resumen de las publicaciones obtenidas. Con respecto a la población participante objetivo, se identifican docentes de ciencias de los niveles *High School*, *In-service*, *Pre-service*, *Science Teacher Student*, primaria y estudiantes de doctorado.

Con relación a los años de publicación de los artículos, se identifica que entre los años 2017 y 2020 se publicaron 41 artículos, y entre 2021 y 2023 se identificaron 23 publicaciones.

En cuanto al tipo de investigación, se identifica que alrededor del 56 % de las investigaciones son cualitativas, en las que el marco de trabajo es a través de estudios de caso, el 30 % son cuantitativas, que hacen referencia a la generación de instrumentos de medición de las percepciones de docentes de ciencias con relación a los elementos del PCK y su incidencia en la práctica pedagógica, y el 14 % de las publicaciones reportadas tienen un enfoque mixto de investigación.

**Tabla 1** | Resumen de publicaciones obtenidas

	Autor(es), año	Muestra poblacional	Enfoque	Tendencia	Hallazgos
1	(Becerra et al., 2023)	71 docentes	Cuantitativo	Validación	Con este insumo se evalúan el conocimiento del currículo, el conocimiento de ciencia por parte de los estudiantes y el conocimiento de estrategias instruccionales.
2	(Berisha & Vula, 2021)	40 docentes (22 de matemáticas y 18 de química)	Cualitativo	Formación	Los resultados muestran que la actividad tuvo un efecto positivo mediante actividades prácticas participativas y colaborativas.
3	(Stammes et al., 2020)	6 docentes de química	Cualitativo	Formación	Los docentes tienen en cuenta los puntos de vista tradicionales de la enseñanza de la química y las perspectivas contemporáneas en competencias interpersonales, como la creatividad y la metacognición.
4	(Chang & Park, 2020)	No mencionado	Cualitativo	Reflexión	Las actividades de desarrollo profesional deben centrarse en los contenidos de diversas materias, además de enfatizar el conocimiento de los profesores y el conocimiento disciplinar.
5	(Cigdemoglu & Köseoğlu, 2019)	41 docentes	Cualitativo	Formación	Los docentes utilizaron métodos de enseñanza basados en la indagación y habilidades de proceso. Hubo mejora en las planeaciones de clase y más énfasis en indagación científica.
6	Cobo-Huesa et al., 2022)	56 estudiantes de profesorado de primaria	Cualitativo	Reflexión	El conocimiento de los métodos de enseñanza fue el más desarrollado, seguido de las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias.
7	(Fischer et al., 2022)	76 docentes de biología	Cualitativo	Reflexión	El entorno de clase simulada permitió identificar los conceptos erróneos de los estudiantes.
8	(Garner et al., 2020)	21 docentes	Cuantitativo	Formación	Se reveló que hay mejoras significativas en la complejización de los vínculos antes y después de la implementación.
9	(Corwin et al., 2019)	20 docentes	Cualitativo	Reflexión	Las limitantes son: los antecedentes matemáticos de los estudiantes, las tensiones entre el tiempo para enseñar y la cobertura de los contenidos.

(Continuación)

	Autor(es), año	Muestra poblacional	Enfoque	Tendencia	Hallazgos
10	(Edgerly et al., 2022)	18 docentes	Cualitativo	Formación	La mayoría de los docentes participantes del programa logró aplicar de forma eficaz la enseñanza de la naturaleza de las ciencias.
11	(Yang et al., 2018)	93 docentes	Cuantitativo	Formación	La participación de los docentes del TPD tuvo resultados positivos en la prueba de conocimientos pedagógicos.
12	(Etkina et al., 2018)	362 docentes de física	Cuantitativo	Reflexión	Los resultados muestran que los docentes utilizan el conocimiento de los estudiantes para generar una estrategia pedagógica adecuada.
13	(Masters & Park Rogers, 2018)	2 docentes de primaria	Cualitativo	Reflexión	Las orientaciones estaban alineadas en llevar a los estudiantes a formular explicaciones en ciencias.
14	(Mikeska et al., 2021)	40 docentes	Cualitativo	Formación	El conocimiento del estudiante y de estrategias de instrucción lleva a que se comprenda y evalúe la naturaleza del contenido.
15	(Lampley et al., 2018)	4 docentes	Cualitativo	Formación	Hubo mejora de las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias y del conocimiento de las estrategias instruccionales.
16	(Chani et al., 2018)	2 docentes	Cualitativo	Reflexión	Los docentes de ciencias encontraron que el equilibrio químico es un tema abstracto y difícil de comprender debido a que no tenían en cuenta los saberes de los estudiantes.
17	(Gropen et al., 2017)	142 docentes	Cuantitativo	Formación	Se evidencia mejoría en el PCK de los docentes, y los estudiantes fueron capaces de hacer mejor un ciclo de indagación.
18	(Goodnough et al., 2019)	2 docentes	Cualitativo	Formación	Se percibió que la eficacia de los docentes y el conocimiento de los estudiantes están relacionados y alimentan los cambios de la práctica pedagógica.

(Continuación)

	Autor(es), año	Muestra poblacional	Enfoque	Tendencia	Hallazgos
19	(Seah & Chan, 2021)	1 docente	Cualitativo	Reflexión	Se evidencia en los docentes preocupación por aumentar el vocabulario para interpretar el conocimiento de los contenidos.
20	(Balta et al., 2022)	17 docentes	Mixto	Reflexión	Los resultados muestran la necesidad de aumentar la enseñanza de la física moderna en el contexto de secundaria.
21	(Smit et al., 2017)	121 docentes	Cuantitativo	Formación	Los conocimientos adquiridos predicen la mejora de actitudes en los docentes, en especial de la autoeficacia.
22	(Miller & Kastens, 2018)	2 docentes	Cuantitativo	Formación	Los docentes aprendieron a guiar a los estudiantes en el uso de modelos físicos.
23	(Gunckel et al., 2018)	50 docentes	Cuantitativo	Formación	Los docentes tuvieron modestos aumentos del conocimiento de los objetivos de aprendizaje de los estudiantes.
24	(Bayram-Jacobs et al., 2019)	30 docentes	Cualitativo	Formación	Se identifica progreso y establecimiento de relaciones entre el conocimiento de ciencia por parte de los estudiantes y el conocimiento de las estrategias de enseñanza.
25	(Yang et al., 2019)	204 docentes	Cuantitativo	Formación	La participación en el TPD y los factores escolares y docentes influyen en el PCK y en la enseñanza por indagación.
26	(Shi et al., 2021)	71 docentes	Cuantitativo	Reflexión	Los indicadores de desempeño proporcionan información para la evaluación y el desarrollo de competencias de los profesores en la enseñanza de las ciencias basada en modelos.
27	(Vázquez-Bernal et al., 2019)	1 docente	Cualitativo	Formación	Se identifica dificultad en posicionarse en el aprendizaje de los estudiantes y en indagar las dificultades.
28	(Mesci, 2020)	39 docentes	Cualitativo	Formación	Los docentes mejoraron su comprensión de la naturaleza de ciencia basada en el PCK, y es sostenible en el largo plazo.

(Continuación)

	Autor(es), año	Muestra poblacional	Enfoque	Tendencia	Hallazgos
29	(Weitzel & Blank, 2020)	53 docentes	Cuantitativo	Reflexión	Se abordan las concepciones de los estudiantes y se genera reflexión alrededor de los procesos y los resultados en clase.
30	(Karim et al., 2018)	81 estudiantes graduados de primer año	Cuantitativo	Reflexión	Es importante conocer las dificultades de los estudiantes en los TPD para generar debates.
31	(Piliouras et al., 2018)	4 docentes	Cualitativo	Reflexión	El análisis del discurso de los profesores indicó que solo unos aspectos de la naturaleza de las ciencias fueron incorporados en la instrucción.
32	(Barenthien et al., 2020)	358 docentes	Cuantitativo	Formación	Se encontraron relaciones positivas entre los cursos de formación inicial y los conocimientos de contenidos pedagógicos específicos en ciencias.
33	(Buma, 2018)	22 docentes	Cualitativo	Formación	Los participantes respondieron bien a la intervención, con niveles buenos y sobresalientes de comprensión y aplicación de la enseñanza basada en cuestiones socio-científicas para promover el ámbito afectivo.
34	(Reiser et al., 2017)	24 docentes	Mixto	Reflexión	Los docentes tuvieron una mayor comprensión y facilidad para generar situaciones para que los estudiantes construyan, argumenten, evalúen y revisen explicaciones.
35	(Kutluca, 2021)	5 docentes	Cualitativo	Reflexión	Se identifican fuertes relaciones entre los componentes del PCK, excepto el conocimiento del currículo y el conocimiento de la evaluación.
36	(Sengul et al., 2020)	12 docentes	Cualitativo	Formación	Los docentes con creencias evaluadoras tienen un PCK de alta calidad que se refleja en sus prácticas de enseñanza. Los docentes con elementos multiplicistas modifican las formas de indagación argumentativa.

(Continuación)

	Autor(es), año	Muestra poblacional	Enfoque	Tendencia	Hallazgos
37	(Suh & Park, 2017)	3 docentes	Cualitativo	Formación	Las orientaciones de los profesores están alineadas con la indagación basada en la argumentación, en especial en identificar las formas en las que aprenden los estudiantes.
38	(Lederman & Lederman, 2019)	236 docentes	Mixto	Formación	Los resultados indican que el programa ayudó a mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia y los conocimientos pedagógicos se transformaron de una visión ingenua a una más informada.
39	(Barenthien & Dunekacke, 2022)	72 docentes	Cuantitativo	Reflexión	Los retos que percibieron los formadores fueron: enseñanza real de la educación científica, cualificación en la formación de docentes y las condiciones generales de la práctica pedagógica.
40	(Yilmaz et al., 2017)	7 docentes	Cualitativo	Formación	Se identificaron tres tipos de estrategias de instrucción para la argumentación: estrategias básicas de instrucción para la argumentación, estrategias de meta-instrucción para la argumentación, y estrategias meta-estratégicas para la argumentación.
41	(Walan & Mc Ewen, 2017)	12 docentes	Cualitativo	Reflexión	El nuevo modelo de enseñanza, en la consideración de los docentes resulta un buen complemento, sin embargo, se identifica escasa reflexión alrededor de la elección de estrategias.
42	(Ambusaidi et al., 2021)	14 docentes	Cualitativo	Reflexión	Las creencias y el conocimiento de los profesores determinan la aplicación del plan de estudios, en el que se identifiquen los conceptos erróneos de los estudiantes, las decisiones en la práctica pedagógica y la conceptualización del plan de estudios.

(Continuación)

	Autor(es), año	Muestra poblacional	Enfoque	Tendencia	Hallazgos
43	(Cite et al., 2017)	3 estudiantes de doctorado	Cualitativo	Reflexión	Los resultados muestran que se deben tener en cuenta en el desarrollo profesional: fortalecer el PCK de los docentes, identificar la visión de los profesores en la enseñanza de las ciencias, y comprender a los docentes como aprendices.
44	(Cooper et al., 2022)	58 participantes	Cualitativo	Formación	La participación en el grupo de lectura promovió el desarrollo del PCK colectivo cuando se generan condiciones para la vinculación entre teoría y práctica.
45	(Ellebæk, 2021)	103 docentes	Cualitativo	Reflexión	Hay que dar importancia a integrar el conocimiento de los profesores para abrir la posibilidad de desarrollar procesos colaborativos.
46	(Conceição et al., 2021)	3 docentes	Mixto	Formación	La <i>Lesson Study</i> promovió la mejora del PCK, aunque debe mejorarse el aspecto de autoevaluación del estudiante.
47	(Kulgemeyer et al., 2021)	94 docentes	Cuantitativo	Reflexión	No se evidencia reflexión durante la experiencia práctica y hay falta de visión profesional en la práctica.
48	(Maseko & Khoza, 2021)	5 docentes	Cualitativo	Reflexión	Las orientaciones influyen el PCK, debido a que los docentes tienen múltiples propósitos de enseñanza.
49	(Kulgemeyer et al., 2020)	47 docentes	Cuantitativo	Formación	Las experiencias de campo permiten que haya una transformación del conocimiento profesional en la práctica pedagógica.
50	(Kang et al., 2018)	72 docentes	Mixto	Formación	Se identifican dificultades en la obtención, evaluación y comunicación de la información.
51	(Krepf et al., 2018)	18 docentes	Mixto	Reflexión	Los docentes expertos activan su PCK cuando analizan las lecciones y generan procesos de reflexión sobre la eficacia de la enseñanza.

(Continuación)

	Autor(es), año	Muestra poblacional	Enfoque	Tendencia	Hallazgos
52	(Malcolm et al., 2019)	31 docentes	Mixto	Validación	La validación del instrumento permite que se pueda administrar a gran escala a docentes de ciencias, además de identificar dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la estequiometría.
53	(Mapulanga et al., 2022)	54 docentes	Cuantitativo	Formación	Los docentes perciben un alto grado de PCK en la enseñanza de la biología, que está estrechamente relacionado con la formación académica.
54	(Maryati et al., 2019)	16 docentes	Cuantitativo	Reflexión	La evaluación no solo debe atender aspectos de las ideas de los estudiantes y de las estrategias de instrucción, sino evaluar la capacidad que tienen los docentes para identificar conceptos erróneos en los estudiantes.
55	(Nilsson & Elm, 2017)	46 docentes	Cualitativo	Reflexión	El uso de los repertorios ayudó a los docentes a establecer ideas fundamentales de enseñanza; se destaca que se resalta el conocimiento científico de sus actividades.
56	(Pekdağ et al., 2021)	9 docentes	Cuantitativo	Reflexión	Hubo mejora significativa de las competencias de los docentes en formación; se destaca la atención que se dio a la evaluación de los videos de las sesiones y los comentarios de los profesores expertos.
57	(Thongnoppakun & Yuenyong, 2019)	3 docentes	Cualitativo	Reflexión	El programa permite a los docentes en formación reconsiderar sus prácticas docentes y modificar sus métodos de enseñanza.
58	(Reynolds & Park, 2021)	36 docentes	Mixto	Reflexión	Los docentes describen los propósitos de aprendizaje y de instrucción, sin embargo, hay carencia en los análisis eficaces de la enseñanza y del aprendizaje de los estudiantes.

(Continuación)

	Autor(es), año	Muestra poblacional	Enfoque	Tendencia	Hallazgos
59	(Rollnick, 2017)	7 docentes	Cualitativo	Reflexión	El desarrollo del conocimiento del contenido se combinó con una mayor comprensión de los temas; se destaca una capacidad significativa de diseño de estrategias didácticas y de autorreflexión.
60	(Sofianidis & Kallery, 2021)	32 docentes	Cualitativo	Reflexión	Hubo mejora del conocimiento de la materia, del uso de representaciones y del conocimiento de las dificultades de los estudiantes.
61	(Soysal, 2018)	1 docente	Cualitativo	Reflexión	El conocimiento de la comprensión por parte de los estudiantes, el conocimiento del currículo y de las estrategias instruccionales son los componentes que más se entrecruzan entre sí.
62	(Harrell et al., 2022)	17 docentes	Mixto	Reflexión	Se evidencia que los docentes utilizan el constructivismo para el desarrollo de la planificación y ejecución de las clases.
63	(Vázquez-Bernal et al., 2022)	1 docente	Cualitativo	Reflexión	Se destaca que el avance del PCK concuerda con la preocupación de comprender las capacidades del estudiante.
64	(Chaitidou et al., 2018)	4 docentes	Cualitativo	Formación	Hubo mejora de las concepciones de los docentes sobre el aprendizaje basado en modelos en la temática de nanotecnología.

Fuente: los autores.

Las tendencias de las publicaciones que relacionan el desarrollo profesional docente sobre el conocimiento pedagógico del contenido son: reflexión de la práctica pedagógica, formación docente y validación de instrumentos.

### 3.1. Reflexión de la práctica pedagógica

La tendencia más frecuente es la reflexión de la práctica pedagógica, con alrededor del 51 % de las publicaciones reportadas. Las reflexiones generadas giran alrededor de la identificación de los elementos del PCK en los que se percibe, por un lado, aciertos en los procesos de enseñanza, con relación a la identificación de los conocimientos del docente para la

generación de estrategias que incorporen decisiones en las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias que conlleve a la mejora de las explicaciones de los estudiantes (Masters & Park Rogers, 2018), el aprendizaje del vocabulario científico y la comunicación del mismo (Seah & Chan, 2021), de tal forma que el docente desarrolle habilidades de enseñanza que favorezcan el aprendizaje de los estudiantes (Balta et al., 2022); de otro lado, la dificultad de los docentes al abordar aspectos como la evaluación y los conocimientos previos y las dificultades que tienen los estudiantes en los procesos de aprendizaje. En la evaluación, es notable que el docente no solo debe atender a identificar las ideas de los estudiantes, sino percibir las concepciones erróneas de estos, con el propósito de realizar un acompañamiento eficaz de los aprendizajes (Maryati et al., 2019).

Los TPD promueven la reflexión sobre las cuestiones socio-científicas. En este punto, los docentes discuten la necesidad de realizar procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias teniendo como insumo la implementación de las cuestiones socio-científicas y la identificación de los elementos del PCK, que fue denominado como conocimiento pedagógico del contenido de las cuestiones socio-científicas (SSI-PCK) (Chang & Park, 2020) y su implicación en los procesos de formación en el desarrollo profesional docente para dar un salto de calidad a la enseñanza de las ciencias y su incidencia en los ámbitos social, ético y de solución de problemas.

En la práctica pedagógica la reflexión no es un ejercicio individual, es un diálogo entre grupos de docentes en el que a través de la observación de sesiones de clase se hacen comentarios y se retroalimentan con el propósito de generar procesos de mejora en cuanto a modificar métodos de enseñanza, analizar formas de evaluación, diseñar y ajustar estrategias didácticas, y evaluar el desempeño de los docentes en función del nivel de avance de los estudiantes (Vázquez-Bernal et al., 2019, 2022). Es relevante en el intercambio de ideas que el docente se perciba como un sujeto que aprende de forma permanente, dado que en los procesos de TPD se encuentra en esa constante, tanto desde la formación inicial como desde la formación permanente, que conlleva a generar debates de su quehacer y desarrollo profesional y transformar la enseñanza desde el punto de vista epistemológico con el propósito de adquirir destrezas en los procesos de aula (Balta et al., 2022).

En los procesos de TPD, las discusiones y reflexiones de los docentes toman relevancia en cuanto a la descripción de los elementos del PCK en donde se han percibido aspectos como: hay dificultades en identificar las concepciones erróneas de los estudiantes, hay limitaciones con relación a las tensiones que se generan entre el tiempo para abordar un punto y la cobertura del mismo, la descripción del conocimiento del docente en los

procesos de instrucción, la escasa reflexión en la selección de estrategias apropiadas, la transformación epistémica y pedagógica en el avance de la práctica y la posibilidad de apertura de espacios para desarrollar espacios colaborativos.

### 3.2. Formación docente

Aproximadamente el 45 % de las publicaciones están relacionadas con los procesos de formación docente. Con ella se promueven programas de desarrollo profesional para los profesores de ciencias en cuanto a generar aspectos de mejora de la práctica pedagógica, como en las intervenciones de desarrollo profesional docente como *Lesson Study* (Coenders & Verhoef, 2019; Conceição et al., 2020, 2021). Esta se refiere a los procesos de formación que desarrollan grupos de docentes que se reúnen de forma regular para trabajar en el diseño, desarrollo, comprobación, crítica o mejora de una lección (Soto-Gómez et al., 2021). En estas actividades, el punto de partida son preguntas de investigación o preguntas orientadoras que están relacionadas con la forma en la que se desarrollan procesos de aprendizaje centrados en el estudiante.

Es interesante que en los procesos de investigación se muestra la mejora de los desempeños de los docentes en la práctica pedagógica con relación a aspectos como la enseñanza por indagación, en la que elementos como el proceso científico y los métodos de la ciencia han sido incluidos en la planeación de las clases, y en la que los docentes han transformado su visión empirista en otra constructivista (Cigdemoglu & Köseoğlu, 2019). El cambio de perspectiva es fundamental para facilitar entornos informales para el aprendizaje de las ciencias.

En esa medida, se destaca que el objeto de estudio ha sido la descripción de los aspectos del PCK, teniendo en cuenta la naturaleza de las ciencias, y los elementos más abordados son: la importancia de conocimientos previos por parte de los estudiantes, la provisionalidad de los conocimientos científicos, la colaboración de los científicos, la creatividad e imaginación, la metodología de la investigación científica, la influencia cultural y social de la ciencia, la creación de consensos y explicaciones sobrenaturales de la ciencia (Edgerly et al., 2022).

Es notable en los estudios explorados que los TPD fomentan la revisión de aspectos de los docentes tales como la enseñanza, que lleva a que se hagan cambios en las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, que son los propósitos que se plantean en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y ello conlleva a que se evalúen las estrategias instruccionales (Lampley et al., 2018). Además de los componentes mencionados, se

han identificado cambios en el currículo, la evaluación y el aprendizaje de los estudiantes. Estas variaciones alimentan la práctica pedagógica y fomentan la mejora de las actitudes de los docentes, en específico, de la autoeficacia (Smit et al., 2017).

Se destaca en las publicaciones que el TPD promueve la proposición de elementos del PCK en la planeación e implementación de estrategias de trabajo como las cuestiones socio-científicas, en las que los docentes proponen a sus estudiantes el trabajo con temas de actualidad que sean controvertidos y que, de una forma transversal, se desarrollan los aprendizajes, teniendo en cuenta no solo los aspectos conceptuales de la ciencia sino también el alcance social, ambiental, ético y humano de los contenidos, de tal manera que se establecen relaciones entre los propósitos u orientaciones hacia la enseñanza y las estrategias instruccionales (Bayram-Jacobs et al., 2019).

### 3.3. Validación de instrumentos

De las 64 publicaciones reportadas, dos están relacionadas con la validación de instrumentos. Los instrumentos propuestos buscan la mejora de los procesos de enseñanza en aspectos de la enseñanza de la biología como el concepto de evolución (Becerra et al., 2023) there is significant evidence that many biology teachers have difficulties to successfully teach this topic. The purpose of this study is to describe procedures by which a paper-and-pencil instrument to assess teachers' pedagogical content knowledge for evolution (PCKevo, en este instrumento propuesto se evalúan aspectos del PCK mencionados en Magnusson y otros (1999) como el conocimiento del currículo, el conocimiento de ciencia por parte del estudiante y el conocimiento de estrategias instruccionales, dejando de lado aspectos como el conocimiento de la evaluación y de los propósitos u orientaciones de enseñanza.

Por otro lado, se ha desarrollado un instrumento que permite dar cuenta del abordaje de conceptos propios de la enseñanza de la química como lo es el de estequiometría (Malcolm et al., 2019). En los resultados obtenidos se describe que los profesores participantes tienen dificultad fundamentalmente en la enseñanza del tema en relación con la identificación de las grandes ideas, ya que, de acuerdo con las respuestas del instrumento, se evidencia que los docentes ponen énfasis en aspectos como la simbología utilizada en el contenido y en la resolución de cálculos propios, sin dar cuenta de la comprensión conceptual.

## 4 | DISCUSIÓN

En este artículo se ha hecho una revisión sistemática de literatura en la que el objetivo fundamental fue identificar las tendencias de las publicaciones sobre los procesos de desarrollo profesional docente (TPD) sobre el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) en profesores de ciencias.

A pesar de las bondades de los procesos de reflexión, se evidencian aspectos del PCK que son perentorios para la mejora de los desempeños de los docentes, como la dificultad que presentan estos en abordar la evaluación y la identificación de los conocimientos previos de los estudiantes, de tal forma que se pueda atender las concepciones erróneas y que se haga un acompañamiento eficaz de los aprendizajes que promueva la mejora de aspectos del PCK como el conocimiento de estrategias de instrucción y representaciones en la enseñanza de las ciencias (Maryati et al., 2019). Asimismo, el diálogo pedagógico de las sesiones de clase promueve que los docentes generen metodologías de mejora en relación con las estrategias instruccionales (Thongnoppakun & Yuenyong, 2019), propósitos de enseñanza (Reynolds & Park, 2021), formas de desarrollar la evaluación de los aprendizajes (Shi et al., 2021) y comprensión de aspectos de la naturaleza de las ciencias (Piliouras et al., 2018) como validez y confiabilidad de los datos científicos, planteamiento de hipótesis y predicción de fenómenos a través de leyes y teorías, métodos de investigación y la comprensión de la ciencia como actividad humana, para comprender las transformaciones epistémicas y pedagógicas en la práctica del aula y la posibilidad de generar espacios colaborativos entre los docentes. Dentro de los espacios colaborativos, se destaca el uso de metodologías como la *Lesson Study* (Fernandez & Yoshida, 2012), en la que se plantean preguntas de investigación o preguntas orientadoras con el propósito de evaluar el desarrollo profesional en la formación inicial y avanzada de docentes, de tal forma que promuevan procesos de mejora en diferentes ciclos (de Alba-Fernández & Porlán, 2021).

La formación docente ha sido objeto de estudio en los TPD, no solo para describir los componentes del PCK, sino también para, a partir de ese andamiaje, generar procesos de mejora de la práctica pedagógica con el estudiante como punto de partida. En los estudios rastreados se identificaron resultados positivos de los desempeños de los estudiantes (Bayram-Jacobs et al., 2019; Gropen et al., 2017; Yang et al., 2018). En ese sentido, Yang y otros (2018) destacan que, luego de la implementación y evaluación de un TPD, los estudiantes tuvieron unos desempeños destacados en una prueba interdisciplinar de ciencias, lo que indica una relación importante entre las horas de TPD y la comprensión de los conceptos científicos por

parte de los estudiantes. Resulta interesante que se puede establecer que los docentes que participan de TPD tienen una mejora de los desempeños en la práctica pedagógica profesional, en la que se le ha dado relevancia a la identificación de los conocimientos previos de los estudiantes, la comprensión del trabajo en ciencias, la incidencia de los aspectos sociales y culturales en las ciencias. Bajo ese marco, la enseñanza de las ciencias se ha enfocado en el diseño e implementación de estrategias interdisciplinarias como las cuestiones socio-científicas, que son actividades centradas en temas de actualidad que tengan un componente de controversia que enmarca los aspectos social, ambiental, ético y humano de los temas de estudio (Chang & Park, 2020). En este aspecto, es necesaria la generación de procesos de enseñanza y aprendizaje para dar un salto de calidad en los procesos de formación de los docentes y de alfabetización científica. La validación de instrumentos permite dar un punto de partida en el desarrollo de los TPD (Chen et al., 2022). En los insumos generados se busca el avance de la enseñanza de temas propios de la ciencia, como lo específico de la enseñanza de los conceptos de evolución (Rodríguez-Becerra et al., 2020) y de estequiometría (Malcolm et al., 2019), en donde se evalúan los componentes del PCK del tema específico (Mavhunga, 2016), identificando cómo se aborda el currículo, el conocimiento del estudiante y el conocimiento de estrategias y de representaciones, además de auscultar las ideas de enseñanza de los docentes alrededor de los contenidos, en el que los docentes exponen carencias de la comprensión de los conceptos y, por ende, hay escasa visión de las grandes ideas del contenido, lo que tiene como resultado dificultades en los aprendizajes de los estudiantes.

## 5 | CONCLUSIONES

El TPD con PCK se ha consolidado como una línea de investigación que tiene incidencia en la práctica pedagógica de los profesores de ciencias, que genera procesos de reflexión en el aula, en el que el punto de partida de los programas son las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, y que puede dar apoyo a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Metodologías como *Lesson Study* promueven en los docentes procesos de reflexión, discusión, auscultación y generación de propósitos de aprendizaje para los estudiantes, en el que los participantes del programa son investigadores en el aula de clase, que pueden generar cambios en las concepciones de los profesores y que influye en la práctica pedagógica.

En los estudios explorados llama la atención el énfasis que tiene el desarrollo del PCK con cuestiones socio-científicas, en el que los docentes

producen estrategias metodológicas que promuevan los aprendizajes de los estudiantes teniendo en cuenta el contexto, el medio ambiente, la ética y el aspecto social de las personas.

Un aspecto que llama la atención y que está escasamente abordado en las investigaciones es el TPD con PCK en la implementación de trabajos prácticos de ciencias, en cuanto el aspecto experimental es relevante para el desarrollo de competencias científicas, la motivación por el aprendizaje de las ciencias y la inducción a la generación de preguntas, formulación de hipótesis, la explicación de fenómenos y el planteamiento de metodologías.

### Contribución de autores

Conceptualización: V.S., B.A., B.J.; metodología: V.S.; investigación: V.S., B.A., B.J.; escritura (borrador original): V.S., B.A., B.J.; escritura (revisión y edición): V.S., B.A., B.J.; supervisión: B.A., B.J.

## 6 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alrwaythi, E. M., & Al-Otaibi, R. T. (2020). Effectiveness of timss requirements-based professional learning community in developing pedagogical content knowledge among science teachers. *Journal of Educational and Social Research*, 10(2), 24-40. <https://doi.org/10.36941/jesr-2020-0024>
- Ambusaidi, I., Badiali, B., & Alkharousi, K. (2021). Examining how biology teachers' pedagogical beliefs shape the implementation of the omani reform-oriented curriculum. *Athens Journal of Education*, 8(1), 73-114. <https://doi.org/10.30958/aje.8-1-5>
- Balta, N., Eryilmaz, A., & Oliveira, A. W. (2022). Increasing the presence of Einsteinian physics in high school: the impact of a professional development program on teacher knowledge and practice. *Teacher Development*, 26(2), 166-188. <https://doi.org/10.1080/13664530.2021.2019102>
- Barenthien, J., & Dunekacke, S. (2022). The implementation of early science education in preschool teachers' initial teacher education. A survey of teacher educators about their aims, practices and challenges in teaching science. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 43(4), 600-618. <https://doi.org/10.1080/10901027.2021.1962443>
- Barenthien, J., Oppermann, E., Anders, Y., & Steffensky, M. (2020). Preschool teachers' learning opportunities in their initial teacher education and in-service professional development—do they have an influence on preschool teachers' science-specific professional knowledge and motivation? *International Journal of Science Education*, 42(5), 744-763. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1727586>

- Bayram-Jacobs, D., Henze, I., Evagorou, M., Shwartz, Y., Aschim, E. L., Alcaraz-Dominguez, S., Barajas, M., & Dagan, E. (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(9), 1207-1233. <https://doi.org/10.1002/tea.21550>
- Becerra, B., Núñez, P., Vergara, C., Santibáñez, D., Krüger, D., & Cofré, H. (2023). Developing an Instrument to Assess Pedagogical Content Knowledge for Evolution. *Research in Science Education*, 53(2), 213-229. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10042-0>
- Belge Can, H. (2019). Learning Science Teaching by Taking Advantages of Lesson Study: An Effective Form of Professional Development. *Journal of Educational Issues*, 5(2), 150. <https://doi.org/10.5296/jei.v5i2.15497>
- Berisha, F., & Vula, E. (2021). Developing Pre-service Teachers Conceptualization of STEM and STEM Pedagogical Practices. *Frontiers in Education*, 6(May), 1-10. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.585075>
- Briceño Martínez, J. J. (2013). *La argumentación y la reflexión en los procesos de mejora de los profesores universitarios colombianos de ciencia en activo: Aplicación de estrategias formativas sobre ciencia, aprendizaje y enseñanza*. Editorial de la Universidad de Granada.
- Buldu, E., & Buldu, M. (2021). Investigating Pre-Service Early Childhood Teachers' cPCK and pPCK on the Knowledge Used in Scientific Process Through CoRe. *SAGE Open*, 11(2), 47-48. <https://doi.org/10.1177/21582440211025564>
- Buma, A. M. (2018). Reflections of Science Teachers in a Professional Development Intervention to Improve their Ability to Teach for the Affective Domain. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 22(1), 103-113. <https://doi.org/10.1080/18117295.2018.1440906>
- Chaitidou, M., Spyrtou, A., Kariotoglou, P., & Dimitriadou, C. (2018). *Professional Development in Inquiry-Oriented Pedagogical Content Knowledge among Primary School Teachers*, 25, 3-4. <https://doi.org/10.18848/2327-7971/CGP>
- Chang, J., & Park, J. (2020). Developing teacher professionalism for teaching socio-scientific issues: What and how should teachers learn? *Cultural Studies of Science Education*, 15(2), 423-431. <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09955-6>
- Chani, F., Ngcoza, K. M., Chikunda, C., & Sewry, J. (2018). Exploring the Mediation of Learning of Chemical Equilibrium to High-achieving Students in a Selected Senior Secondary School in Namibia. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 22(3), 287-296. <https://doi.org/10.1080/18117295.2018.1528031>

- Chen, B., Chen, L., & Meng, X. (2022). Development and Validation of an Instrument to Measure Upper-Secondary School Science Teachers' Perceived Practical Knowledge about Practical Work. *Journal of Baltic Science Education*, 21(1), 26-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.26>
- Cigdemoglu, C., & Köseoğlu, F. (2019). Improving Science Teachers' Views about Scientific Inquiry: Reflections from a Professional Development Program Aiming to Advance Science Centre-School Curricula Integration. *Science and Education*, 28, 439-469. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00054-0>
- Cite, S., Lee, E., Menon, D., & Hanuscin, D. L. (2017). Learning from Rookie Mistakes: Critical Incidents in Developing Pedagogical Content Knowledge for Teaching Science to Teachers. *Studying Teacher Education*, 13(3), 275-293. <https://doi.org/10.1080/17425964.2017.1366306>
- Cobo-Huesa, C., Abril, A. M., & Ariza, M. R. (2022). Pedagogical content knowledge for teaching of nature of science and critical thinking in initial primary teacher education. *Revista Eureka*, 19(3), 360201-360215. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2022.v19.i3.3602](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3602)
- Coenders, F., & Verhoef, N. (2019). Lesson Study: professional development (PD) for beginning and experienced teachers. *Professional Development in Education*, 45(2), 217-230. <https://doi.org/10.1080/19415257.2018.1430050>
- Conceição, T., Baptista, M., & da Ponte, J. P. (2020). Lesson study in initial teacher education to stimulate pedagogical content knowledge on the speed of sound. *Acta Scientiae*, 22(2), 29-47. <https://doi.org/10.17648/ACTA.SCIENTIAE.5315>
- Conceição, T., Baptista, M., & da Ponte, J. P. (2021). Examining Pre-service Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through Lesson Study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(1), 1-15. <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11442>
- Cooper, R., Fitzgerald, A., & Carpendale, J. (2022). A Reading Group for Science Educators: an Approach for Developing Personal and Collective Pedagogical Content Knowledge in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 117-139. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10260-y>
- Corwin, L. A., Kiser, S., Lore, S. M., Miller, J. M., & Aikens, M. L. (2019). Community college instructors' perceptions of constraints and affordances related to teaching quantitative biology skills and concepts. *CBE Life Sciences Education*, 18(4), 1-13. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-01-0003>
- de Alba-Fernández, N., & Porlán, R. (2021). *Docentes universitarios: Una formación centrada en la práctica*. Morata.
- de Sá Ibraim, S., & Justi, R. (2021). Discussing Paths Trodden by PCK: an Invitation to Reflection. *Research in Science Education*, 51, 699-724. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09867-z>

- Edgerly, H., Kruse, J., & Wilcox, J. (2022). Investigating Elementary Teachers' Views, Implementation, and Longitudinal Enactment of Nature of Science Instruction. *Science and Education*, 32(4), 1049-1073. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00343-1>
- Ekiz-Kiran, B., Boz, Y., & Oztay, E. S. (2021). Development of pre-service teachers' pedagogical content knowledge through a PCK-based school experience course. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(2), 415-430. <https://doi.org/10.1039/d0rp00225a>
- Ellebæk, J. J. (2021). Primary science teachers' narratives about significant colleagues in light of collective PCK. *International Journal of Science Education*, 43(10), 1667-1684. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1927235>
- Etkina, E., Gitomer, D., Iaconangelo, C., Phelps, G., Seeley, L., & Vokos, S. (2018). Design of an assessment to probe teachers' content knowledge for teaching: An example from energy in high school physics. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 10127. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010127>
- Fernandez, C., & Yoshida, M. (2012). *Lesson study: A Japanese approach to improving mathematics teaching and learning*. Routledge.
- Fischer, J., Machts, N., Bruckermann, T., Möller, J., & Harms, U. (2022). The Simulated Classroom Biology—A simulated classroom environment for capturing the action-oriented professional knowledge of pre-service teachers about evolution. *Journal of Computer Assisted Learning*, April, 1-14. <https://doi.org/10.1111/jcal.12718>
- Garner, J. K., Kaplan, A., Hathcock, S., & Bergey, B. (2020). Concept Mapping as a Mechanism for Assessing Science Teachers' Cross-Disciplinary Field-Based Learning. *Journal of Science Teacher Education*, 31(1), 8-33. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1625573>
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D., & Stuhlsatz, M. A. M. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, 41(7), 944-963. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158>
- Goes, L. F., Fernandez, C., & Eilks, I. (2020). The development of pedagogical content knowledge about teaching redox reactions in german chemistry teacher education. *Education Sciences*, 10(7), 1-22. <https://doi.org/10.3390/educsci10070170>
- Goodnough, K., Azam, S., & Wells, P. (2019). Adopting Drone Technology in STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics): An Examination of Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 19(4), 398-414. <https://doi.org/10.1007/s42330-019-00060-y>

- Gropen, J., Kook, J. F., Hoisington, C., & Clark-Chiarelli, N. (2017). Foundations of Science Literacy: Efficacy of a Preschool Professional Development Program in Science on Classroom Instruction, Teachers' Pedagogical Content Knowledge, and Children's Observations and Predictions. *Early Education and Development, 28*(5), 607-631.  
<https://doi.org/10.1080/10409289.2017.1279527>
- Gunckel, K. L., Covitt, B. A., & Salinas, I. (2018). Learning progressions as tools for supporting teacher content knowledge and pedagogical content knowledge about water in environmental systems. *Journal of Research in Science Teaching, 55*(9), 1339-1362. <https://doi.org/10.1002/tea.21454>
- Harrell, P. E., Thompson, R., & Waid, J. (2022). Using inquiry-based learning to develop Earth science pedagogical content knowledge: impact of a long-term professional development program. *Research in Science and Technological Education, 41*(4), 1519-1538.  
<https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2052037>
- Hewson, P. W. (2007). Teacher Professional Development in Science. En *Handbook of Research on Science Education*.
- Kang, E. J. S., Donovan, C., & McCarthy, M. J. (2018). Exploring Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge and Confidence in Implementing the NGSS Science and Engineering Practices. *Journal of Science Teacher Education, 29*(1), 9-29. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1415616>
- Karim, N. I., Maries, A., & Singh, C. (2018). Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism. *Physical Review Physics Education Research, 14*(1), 10117. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010117>
- Krepf, M., Plöger, W., Scholl, D., & Seifert, A. (2018). Pedagogical content knowledge of experts and novices—what knowledge do they activate when analyzing science lessons? *Journal of Research in Science Teaching, 55*(1), 44-67. <https://doi.org/10.1002/tea.21410>
- Kulgemeyer, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J., & Vogelsang, C. (2020). Professional knowledge affects action-related skills: The development of preservice physics teachers' explaining skills during a field experience. *Journal of Research in Science Teaching, 57*(10), 1554-1582.  
<https://doi.org/10.1002/tea.21632>
- Kulgemeyer, C., Kempin, M., Weißbach, A., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J., & Vogelsang, C. (2021). Exploring the impact of pre-service science teachers' reflection skills on the development of professional knowledge during a field experience. *International Journal of Science Education, 43*(18), 3035-3057.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2021.2006820>

- Kutluca, A. Y. (2021). An investigation of elementary teachers' pedagogical content knowledge for socioscientific argumentation: The effect of a learning and teaching experience. *Science Education*, 105(4), 743-775.  
<https://doi.org/10.1002/sce.21624>
- Lampley, S. A., Gardner, G. E., & Barlow, A. T. (2018). Exploring pedagogical content knowledge of biology graduate teaching assistants through their participation in lesson study. *Teaching in Higher Education*, 23(4), 468-487.  
<https://doi.org/10.1080/13562517.2017.1414786>
- Lawrie, G. A., Schultz, M., Bailey, C. H., & Dargaville, B. L. (2019). Personal journeys of teachers: An investigation of the development of teacher professional knowledge and skill by expert tertiary chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 132-145.  
<https://doi.org/10.1039/c8rp00187a>
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and Learning of Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry: Building Capacity through Systematic Research-Based Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, 30(7), 737-762.  
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1625572>
- Liepertz, S., & Borowski, A. (2019). Testing the Consensus Model: relationships among physics teachers' professional knowledge, interconnectedness of content structure and student achievement. *International Journal of Science Education*, 41(7), 890-910.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1478165>
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.  
<https://doi.org/10.1002/tea.20007>
- Luft, J. A., & Hewson, P. W. (2014). Research on Teacher Professional Development Programs in Science. En *Handbook of Research on Science Education*, Volume II. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Magnusson, S. J., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge*, 95-132. Kluwer Academic Publishers.
- Malcolm, S. A., Mavhunga, E., & Rollnick, M. (2019). The Validity and Reliability of an Instrument to Measure Physical Science Teachers' Topic Specific Pedagogical Content Knowledge in Stoichiometry. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 23(2), 181-194.  
<https://doi.org/10.1080/18117295.2019.1633080>
- Mapulanga, T., Nshogoza, G., & Yaw, A. (2022). Teachers' Perceived Enacted Pedagogical Content Knowledge in Biology at Selected Secondary Schools in Lusaka. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(10), 418-435. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.10.23>

- Marcelo, C., & Vaillant, D. (2016). *Desarrollo profesional docente ;cómo se aprende a enseñar?* (1ra. ed.). Narcea.
- Maryati, M., Prasetyo, Z., Wilujeng, I., & Sumintono, B. (2019). Measuring teachers' pedagogical content knowledge using many-facet rasch model. *Cakrawala Pendidikan*, 38(3), 452-464.  
<https://doi.org/10.21831/cp.v38i3.26598>
- Maseko, B., & Khoza, H. C. (2021). Exploring the Influence of Science Teaching Orientations on Teacher Professional Knowledge Domains: A Case of Five Malawian Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(12), 2-17. <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11333>
- Masters, H. L., & Park Rogers, M. A. (2018). Examining Early Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Teaching Scientific Explanations. *Journal of Science Teacher Education*, 29(3), 223-242.  
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1432228>
- Mavhunga, E. (2016). Transfer of the pedagogical transformation competence across chemistry topics. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1081-1097. <https://doi.org/10.1039/c6rp00095a>
- Mengist, W., Soromessa, T., & Legese, G. (2020). Ecosystem services research in mountainous regions: A systematic literature review on current knowledge and research gaps. En *Science of the Total Environment* (Vol. 702). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134581>
- Mesci, G. (2020). The Influence of PCK-Based NOS Teaching on Pre-service Science Teachers' NOS Views. *Science and Education*, 29(3), 743-769.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-020-00117-7>
- Miheso, J. M., & Mavhunga, E. (2020). The retention of topic specific pck: A longitudinal study with beginning chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 789-805. <https://doi.org/10.1039/d0rp00008f>
- Mikeska, J. N., Brockway, D., Ciofalo, J., Jin, H., & Ritter, S. (2021). Examining Variability in Elementary Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge About Phase Change: Implications for Teacher Development and Assessment. *Journal of Science Teacher Education*, 32(4), 400-424.  
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1831741>
- Miller, A. R., & Kastens, K. A. (2018). Investigating the impacts of targeted professional development around models and modeling on teachers' instructional practice and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), 641-663. <https://doi.org/10.1002/tea.21434>
- Nilsson, P., & Elm, A. (2017). Capturing and developing early childhood teachers' science pedagogical content knowledge through CoRes. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 406-424.  
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1347980>

- Ogodo, J. A. (2019). Comparing Advanced Placement Physics Teachers Experiencing Physics-Focused Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, 30(6), 639-665. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1596720>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pekdağ, B., Dolu, G., Ürek, H., & Azizoğlu, N. (2021). Exploring On-Campus and in Real School Classroom Microteaching Practices: the Effect on the Professional Development of Preservice Teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(6), 1145-1166. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10109-2>
- Piliouras, P., Plakitsi, K., Seroglou, F., & Papantoniou, G. (2018). Teaching Explicitly and Reflecting on Elements of Nature of Science: a Discourse-Focused Professional Development Program with Four Fifth-Grade Teachers. *Research in Science Education*, 48(6), 1221-1246. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9600-4>
- Poti, J. G., Dudu, W. T., & Sebatana, M. J. (2022). A South African beginner natural sciences teacher's articulated PCK-in-practice with respect to electric circuits: A case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(10). <https://doi.org/10.29333/ejmste/12426>
- Pozo-Municio, J. I., & Gómez-Crespo, M. Á. (2013). *Aprender y enseñar ciencia* (7ma. ed.). Ediciones Morata.
- Reiser, B. J., Michaels, S., Moon, J., Bell, T., Dyer, E., Edwards, K. D., McGill, T. A. W., Novak, M., & Park, A. (2017). Scaling Up Three-Dimensional Science Learning Through Teacher-Led Study Groups Across a State. *Journal of Teacher Education*, 68(3), 280-298. <https://doi.org/10.1177/0022487117699598>
- Reynolds, W. M., & Park, S. (2021). Examining the relationship between the Educative Teacher Performance Assessment and preservice teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(5), 721-748. <https://doi.org/10.1002/tea.21676>
- Rodríguez-Becerra, J., Cáceres-Jensen, L., Díaz, T., Druker, S., Bahamonde Padilla, V., Perna, J., & Aksela, M. (2020). Developing technological pedagogical science knowledge through educational computational chemistry: A case study of pre-service chemistry teachers' perceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 638-654. <https://doi.org/10.1039/c9rp00273a>
- Rollnick, M. (2017). Learning About Semi Conductors for Teaching—the Role Played by Content Knowledge in Pedagogical Content Knowledge (PCK) Development. *Research in Science Education*, 47(4), 833-868. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9530-1>

- Seah, L. H., & Chan, K. K. H. (2021). A Case Study of a Science Teacher's Knowledge of Students in Relation to Addressing the Language Demands of Science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(2), 267-287. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10049-6>
- Sengul, O., Enderle, P. J., & Schwartz, R. S. (2020). Science teachers' use of argumentation instructional model: linking PCK of argumentation, epistemological beliefs, and practice. *International Journal of Science Education*, 42(7), 1068-1086. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1748250>
- Shi, F., Wang, L., Liu, X., & Chiu, M. H. (2021). Development and validation of an observation protocol for measuring science teachers' modeling-based teaching performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(9), 1359-1388. <https://doi.org/10.1002/tea.21712>
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Smit, R., Weitzel, H., Blank, R., Rietz, F., Tardent, J., & Robin, N. (2017). Interplay of secondary pre-service teacher content knowledge (CK), pedagogical content knowledge (PCK) and attitudes regarding scientific inquiry teaching within teacher training. *Research in Science and Technological Education*, 35(4), 477-499. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1353962>
- Sofianidis, A., & Kallery, M. (2021). An insight into teachers' classroom practices: The case of secondary education science teachers. *Education Sciences*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/educsci11100583>
- Sorge, S., Stender, A., & Neumann, K. (2019). The development of science teachers' professional competence. En A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 151-166). Springer. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2\\_15](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_15)
- Soto-Gómez, E., Pérez-Gómez, A., & Rodríguez-Robles, C. (2021). Aprender a enseñar en la universidad: de la investigación Acción a la Lesson Study. En N. De Alba-Fernández & R. Porlán (Eds.), *Docentes universitarios: Una formación centrada en la práctica* (1.ª ed., pp. 55-81). Morata.
- 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), 1-25. <https://doi.org/10.1080/03055698.2017.1331839>
- Stammes, H., Henze, I., Barendsen, E., & de Vries, M. (2020). Bringing design practices to chemistry classrooms: studying teachers' pedagogical ideas in the context of a professional learning community. *International Journal of Science Education*, 42(4), 526-546. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1717015>

- Suh, J. K., & Park, S. (2017). Exploring the relationship between pedagogical content knowledge (PCK) and sustainability of an innovative science teaching approach. *Teaching and Teacher Education*, *64*, 246-259. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.01.021>
- Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional* (vol. 97). Narcea Ediciones.
- Thongnoppakun, W., & Yuenyong, C. (2019). Pre-service science teachers' professional learning through content representations (CoRes) construction. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *7*(4), 1263-1275. <https://doi.org/10.17478/jegys.561118>
- Vaillant, D., & Marcelo, C. (2015). *El ABC y D de la formación docente*. Narcea Ediciones.
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., & Jiménez, V. M. (2019). Pedagogical content knowledge (PCK) of a science teacher: Reflection and action as facilitators of learning. *Enseñanza de las Ciencias*, *37*(1), 25-53. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2550>
- Vázquez-Bernal, B., Mellado, V., & Jiménez-Pérez, R. (2022). The Long Road to Shared PCK: a Science Teacher's Personal Journey. *Research in Science Education*, *52*(6), 1807-1828. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10028-4>
- Walan, S., & Mc Ewen, B. (2017). Primary Teachers' Reflections on Inquiry- and Context-Based Science Education. *Research in Science Education*, *47*(2), 407-426. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9507-5>
- Weitzel, H., & Blank, R. (2020). Pedagogical Content Knowledge in Peer Dialogues between Pre-Service Biology Teachers in the Planning of Science Lessons. Results of an Intervention Study. *Journal of Science Teacher Education*, *31*(1), 75-93. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1664874>
- Yang, Y., Liu, X., & 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), 263-282. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1439262>
- Yang, Y., Liu, X., & Gardella, J. A. (2019). Effects of a professional development program on science teacher knowledge and practice, and student understanding of interdisciplinary science concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, *57*(7), 1028-1057. <https://doi.org/10.1002/tea.21620>
- Yilmaz, Y., Cakiroglu, J., Ertepinar, H., & Erduran, S. (2017). The pedagogy of argumentation in science education: science teachers' instructional practices. *International Journal of Science Education*, *39*(11), 1443-1464. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1336807>