

Pedagogical content knowledge desde el modelo de consenso refinado: revisión sistemática de la literatura

Leidy Johanna Hernández Álvarez¹, Martha Merchán Merchan², Ellie López Barrera³

¹Universidad Antonio Nariño. Facultad de Educación; Bogotá, Colombia
Correo electrónico lehernandez54@uan.edu.co

²Universidad Antonio Nariño. Facultad de Educación; Bogotá, Colombia
Correo electrónico mmerchan30@uan.edu.co

³Universidad Sergio Arboleda. Instituto de Estudios y Servicios Ambientales-IDEASA; Bogotá, Colombia

Resumen

Este trabajo presenta una revisión sistemática sobre los procedimientos metodológicos abordados en la investigación del pedagogical content knowledge (PCK) desde el modelo en consenso refinado (RCM) para conocer las tendencias de los investigadores que han adoptado el RCM al entender la necesidad de crear una taxonomía del PCK unificada y simplificada de sus componentes a través de la discusión académica para guiar nuevas investigaciones. Para esta revisión se estableció como bases de datos a Google Scholar, Scopus, ERIC y Web Science, donde se recopilaron doce artículos de investigación y dos disertaciones doctorales en el periodo de 2019 y 2021 que usaban el modelo como marco teórico en el diseño de su investigación. De dicha muestra se analizaron aspectos metodológicos como la población estudiada, áreas de conocimiento, los niveles, componentes y tipos de PCK; enfoque de investigación e instrumentos usados para la aproximación del conocimiento pedagógico del contenido. El análisis de estos aspectos permitió vislumbrar una escasa muestra recolectada en artículos que usan el modelo de consenso refinado del PCK llevando a considerar que existe un desconocimiento por su reciente aparición para el campo investigativo en educación como también pone en evidencia la ausencia en el abordaje del PCK en docentes la biología y matemáticas, dichas consideraciones pueden guiar nuevas investigaciones bajo este marco referencial.

Palabras clave:

Base de datos, metodologías, revisión sistemática, análisis metodológico, enfoques investigativos.

Abstract

This work presents a systematic review on the methodological procedures approached in the investigation of Pedagogical content knowledge (PCK) from the refined consensus model (RCM) to know the tendencies of the researchers who have adopted the RCM that arises from the second summit of the PCK held in 2016 where the need is recognized to create a unified and simplified PCK taxonomy of its components through academic discussion to guide new research. For this review, it

established Google Scholar, Scopus, ERIC as databases, where twelve research articles and two doctoral dissertations were collected in the period 2019 and 2021 that used the model as a theoretical framework in the design of their research. From this sample, methodological aspects such as the studied population, areas of knowledge, levels, components and types of PCK were analyzed; research approach and instruments used for the approximation of pedagogical content knowledge. The analysis of these aspects allowed us to glimpse a scarce sample collected in articles that use the refined consensus model of the PCK leading to consider that there is a lack of knowledge due to its recent appearance for the research field in education and absence in the approach of the PCK in biology teachers and mathematics, these considerations can guide new research under this frame of reference.

Keywords:

Database, methodologies, systematic review, methodological analysis, research approaches.

1. Introducción

El pedagogical content knowledge (PCK) es un constructo teórico planteado por Shulman (1986,1987) y se constituye en su manera más básica de dos conocimientos: contenido y pedagógico, de ahí su traducción literal de conocimiento pedagógico del contenido, sin embargo, en este análisis bibliográfico se usará solo su terminología en inglés. Este marco referencial permite analizar cómo el docente lleva los contenidos disciplinares específicos al aula permitiendo el aprendizaje en los estudiantes de las áreas del conocimiento en ciencias. El origen de este concepto como lo enuncia Shulman, 1987 se dirige cambiar la concepción del docente como aquel profesional que no ejerció su profesión disciplinar o de ser un generalista con algunos conocimientos pedagógicos.

Luego de su aparición en la investigación educativa, su auge permitió enfocarse en un esfuerzo por demostrar que la profesión docente cuenta con un cuerpo propio de conocimientos, solo desarrollados por el ejercicio y en los procesos de enseñanza de los contenidos (Park et al., 2010). En esta búsqueda de consolidar este marco referencial, surgen una serie de modelos que intentan explicar la conformación e interacción de componentes del PCK y junto a estos esquemas surgen muchas divergencias en la literatura sobre su naturaleza, formas de acceso y medición (Carvalho et al., 2017).

La solución a esta problemática se dio a través de un modelo de consenso refinado, su denominación en inglés refine consensus model (RCM), que unifica diversas conceptualizaciones y estructura del PCK como resultado de la disertación entre investigadores de diferentes países. Como lo enuncia Carpendale, J., & Hume, A., 2019 la eficacia de este modelo se basa en la organización de los componentes, niveles y tipos de manera simplificada creando tres niveles de PCK disciplina,

dominio y concepto; que a su vez se encuentran inmersos en tres tipos de desarrollo; la construcción en la comunidad educativa, la planeación y decisiones sobre contenido disciplinar y la práctica en el aula. (Carlson y Daehler 2018, Mavhunga, 2020)

Debido a su reciente aparición en la investigación educativa, es necesario establecer ¿cuál fue el impacto del RCM en la investigación del PCK? lo cual nos lleva a explorar la producción actual en artículos de investigación para conocer las tendencias metodológicas e indagar la aceptación y entendimiento de este cuerpo teórico para el campo educativo y así develar el manejo procedimental del RCM para futuras líneas investigativas del PCK.

1.1. Referentes teóricos

El conocimiento pedagógico del contenido o su denominación en inglés pedagogical content knowledge (PCK) del docente en formación, es un sistema dinámico donde interactúan el conocimiento del contenido y el pedagógico, permitiendo “ver” los procesos de enseñanza en el aula. El PCK es un constructo o modelo conceptual de la formación de los profesores ampliamente utilizado en el ámbito educativo para describir sobre las características clave de un “buen docente”.

El primer investigador en proponerlo fue Shulman (1986,1987), y lo describió como una mezcla del conocimiento de contenido y conocimiento pedagógico necesarios para enseñar un tema específico de una manera comprensible para los estudiantes. Desde la introducción de Shulman del constructo de PCK, como un modelo integrado en la conferencia American Educational Research Association (AERA) en 1985, se ha producido una amplia gama de investigaciones especialmente la educación en ciencias que aportan a la conceptualización de este referente teórico (Roy & Bairagya, 2019)

Las primeras divergencias para las conceptualizaciones de su conformación se producen desde Grossman, 1990 donde se plantea al PCK como resultado de la transformación del conocimiento de la materia para la enseñanza. (Neumann et al., 2019, 850) a lo cual se le denominara el modelo de transformación o complementario (Vergara Díaz & Mardones, 2014). En esta concepción el PCK se convierte en una suma de muchas interacciones de sus componentes mientras que el primer modelo de Shulman se concibe como una “amalgama” de todas las partes.

Formalmente esta visión de la estructura como la suma de sus partes, lo formaliza Magnusson, Krajcik y Borko (1999) definiéndolo como la transformación del conocimiento de otros dominios y enfatizando su papel en la planificación, conducción y desarrollo de la enseñanza. Estas dos líneas de concepción son analizadas por Gess -Newsome (1999) con lo cual se crean los modelos: integrativo

y de transformación que comenzarán a predominar en el campo de la investigación (Lima et al., 2020).

En las subsecuentes configuraciones desde la visión transformadora del sistema del PCK, los investigadores introdujeron elementos propios del profesorado de ciencias complejizando la estructura, un ejemplo es el modelo de Grossman como lo describe Fernández, 2015, que amplían los componentes básicos (conocimiento de contenido, conocimiento pedagógico) al añadir el conocimiento del currículo, conocimiento de los estudiantes conocimiento de instrucción, comprensión de las estrategias de conocimiento.

El siguiente paso en el modelaje del PCK es su mayor especialización en el área de las ciencias lo cual lo introduce el modelo de Carlsen (1999) con los componentes: errores en concepciones de ciencias, propósitos de la enseñanza de las ciencias y colocando en contexto al PCK al incluirlo en el sistema educativo general (nación, estado, comunidad y escuelas) y en nivel específico (aula y estudiantes) (Roy y Bairagya, 2019)

Sin embargo, en el campo de la investigación como lo afirma Neumann et al., 2019 fue el modelo de Magnusson et al. (1999) con una fuerte orientación transformadora, el más aceptado para las líneas de investigación del PCK, debido a las aclaraciones en los componentes: (i) Lineamientos para la enseñanza de las Ciencias; (ii) conocimientos del currículo que evaluaría el currículo y los objetivos de la ciencia ; (iii) Conocimientos de evaluación que busca dimensiones y los métodos para evaluar conceptos científicos; (iv) Conocimientos y Creencias sobre la comprensión de los estudiantes donde se identificarán áreas de mayor dificultad para el aprendizaje y la necesidades especiales para su comprensión; y (v) Conocimientos y Creencias sobre estrategias instruccionales frente a todos los conceptos definiendo las representaciones y actividades (Lima et.al., 2020; Magnusson et.al,1999)

También cabe destacar que Magnusson et al. (1999) da importancia de la noción de un PCK para la práctica en el aula y papel que desempeñan las orientaciones de los profesores y un PCK en forma en que el conocimiento de los profesores da forma a esta práctica (Neumann et al., 2019), esta aproximación es un esbozo de los dos tipos de PCK que posteriormente serán denominados PCK personal y el promulgado, lo cual se materializa con el modelo de Rollnick et al. (2008) que estará explícitamente integrado.

Este modelo de Rollnick et al. (2008) con un carácter más ligado a una visión integrativa del PCK muestra como matriz de entrada los siguientes componentes: conocimiento del tema, conocimiento pedagógico, conocimiento de contexto agregando un elemento que es el conocimiento de los estudiantes, estos elementos se configuran para dar como salida: las representaciones, el dominio curricular, evaluación y el conocimiento de las instrucciones específicas del concepto. La

importancia de este modelo es que ubica dentro del esquema dos tipos de ver el PCK: manifestaciones del conocimiento del profesor y los dominios del conocimiento del profesor.

Un modelo que lo aborda desde otra perspectiva estos dos tipos de PCK, será el de Park & Oliver, 2008 o denominado modelo hexagonal del conocimiento de contenidos pedagógicos para la enseñanza de las ciencias, que mantiene los componentes propuestos por Magnusson (1999) pero agrega dos elementos llamados eficacia del profesor y orientaciones para la enseñanza. El primero abarca el contexto y el dominio en el aula es decir la manifestación del PCK mientras que las orientaciones serán las decisiones, creencias y propósitos de la enseñanza del concepto en otras palabras el dominio que permite la planificación de sus estrategias.

Después del modelo hexagonal del PCK, como lo enuncia Roy & Bairagya, 2019 en su revisión sobre la conceptualización del PCK, los investigadores ven la necesidad de unificar criterios ya que a lo largo cada modelo el marco referencial adquirió una naturaleza multidimensional difícil de abordar, por lo cual se organiza la primera cumbre del PCK. Esta reunión se celebra 2012 estableciendo un único modelo de consenso; sin embargo, la producción de artículos sigue sin establecerse una taxonomía unificada y los resultados siguen diversificando los componentes esto conlleva a la organización de la segunda cumbre del PCK (Roy & Bairagya, 2019). En ella se reconoció un perfeccionado del modelo de consenso al cual se le denominó el Refine Consensus Model de PCK (Figura 2).

Como lo enuncia Carpendale, J., & Hume, A., 2019 la eficacia de este último modelo radica en la incorporación de las ideas y conceptualizaciones de diversos investigadores sobre la formación del PCK en el profesorado de ciencias al identificar la naturaleza única y personal a través de pPCK, y su reconocimiento de las múltiples fuentes e influencias en el conocimiento profesional de los docentes. La estructura del modelo refinado del PCK se explica en los siguientes componentes: existen tres niveles disciplina, dominio y concepto; que a su vez se encuentran en cada uno de los tres tipos de desarrollo de PCK llamados PCK colectivo (cPCK), PCK personal (pPCK) y PCK promulgado (ePCK). (Carlson y Daehler 2018; Mavhunga, 2020)

Una explicación sencilla de los niveles sería con el siguiente ejemplo: PCK a nivel de disciplina se constituirían en los constructos propios de la ciencia, PCK a nivel de tema abordaría las características de la química, y el PCK a nivel de concepto se enfocaría en un tema específico de la química tomando como ejemplo el equilibrio químico (Mavhunga, 2020). Para entender los tipos de PCK, debemos verlo como un proceso de desarrollo, el docente primero tiene una construcción social donde interactúa con otros maestros tanto inexpertos como especializados este se le denominara colectivo PCK, luego de recibir y compartir conocimiento, se centrara en su personal PCK, es decir donde hará una planeación y estrategias

para llevar al aula y finalmente el enacted PCK es la manifestación del personal PCK, lo que se ejecuta realmente en la clase con los estudiantes (Carlson y Daehler, 2018) Toda esta estructura se sostiene de cinco componentes básicos que son el conocimiento de contenido, conocimiento pedagógico, conocimiento de los estudiantes, conocimiento curricular y conocimiento de la evaluación.

2. Metodología

Esta revisión sistemática tuvo como objetivo explorar el estado investigativo de la teoría del conocimiento pedagógico del contenido (PCK) desde el modelo de consenso refinado (RCM) a través de tres fases:

- Exploración bibliográfica en bases de datos de artículos investigativos que integren el marco referencias del conocimiento pedagógico del contenido y el modelo de consenso refinado
- Recopilación artículos de investigación conocimiento pedagógico del contenido desde el modelo de consenso refinado.
- Análisis de las contribuciones metodológicas (población, áreas de conocimiento; niveles, componentes y tipos PCK del modelo de consenso refinado a la teoría del conocimiento pedagógico del contenido.

Este estudio tomó los artículos publicados entre el periodo del 2017 a 2021, la fórmula de búsqueda que se aplicó fue la combinación “PCK” OR “pedagogical content knowledge” AND “RCM” OR “refine consensus model”. Como los resultados eran muy limitados se introdujo en la búsqueda los términos relacionados al modelo como “ePCK OR “enacted PCK”AND “cPCK””colletive PCK” AND pPCK OR “personal PCK”.

De la aplicación de estos descriptores de búsqueda se obtuvo el total de 12 artículos y dos tesis doctorales, a estos trabajos se hizo las siguientes preguntas:

¿Cuál fue la población, área de conocimiento y tipo de PCK estudiado?

¿Qué niveles y componentes del modelo de consenso refinado se abordaron en las investigaciones?

¿Qué enfoque se usó y los instrumentos utilizados para el abordaje del PCK?

A partir de las respuestas obtenidas a estas preguntas se construyeron tablas resumen para clarificar el abordaje metodológico de las investigaciones y posteriormente se hizo un análisis de porcentajes de frecuencia dentro de cada categoría.

3. Resultados y análisis

3.1. Población y PCK abordado en el modelo RCM

Los artículos hallados abarcaron en su 74,5 % como población de estudio a los maestros en formación, solo Wilcox, W., (2020) combinó ambas poblaciones de

maestros sin experiencia y con años de ejercicio, la segunda característica predominante el 85,7 % de los investigadores se enfocan hacia el nivel de secundaria y áreas del conocimiento como física y química para la enseñanza de conceptos específicos.

Por el contrario, en el 14,3% de las investigaciones toma los niveles de primaria y preescolar, dentro de este grupo se encuentra la investigación Buldu & Buldu, (2021) quienes se enfocaron en los docentes en formación de preescolar para desarrollar su PCK en habilidades científicas y en nivel de primaria se abordó en la investigación de Wilcox, W., (2020) donde se buscó la formación en el nivel disciplinar de las ciencias.

Finalmente, el análisis sobre el nivel de PCK abordado se encontró que el 64 % de los artículos se dirigen al nivel de concepto específicos en áreas de la física y química, sin lograrse ver una representatividad en investigaciones de la disciplina o conceptos de biología o matemáticas

3.2. Las tendencias en niveles y componentes del PCK desde RCM

La investigadora con mayor producción dentro de este marco referencial es Mavhunga E. y colaboradores con cuatro artículos enfocada en el marco de referencia del topic-specific pedagogical content knowledge y manejado los componentes del PCK: conocimiento previo del alumno, conocimiento curricular del concepto, áreas difíciles de enseñar, representaciones específicas del tema y estrategias de enseñanza conceptual.

Estos componentes sirvieron en el 42,9% como marco conceptual de las investigaciones. Los artículos de Can, H. B. (2021) y Carpendale, J., & Hume, A. (2019) sin embargo no hacen énfasis en los componentes, por el contrario, intentan dar instrumentos de acceso a los tipos de personal PCK y conceptualizar posibles categorías de PCK promulgado en el aula, apegándose más estrechamente al modelo de consenso refinado.

El PCK personal y promulgado fueron abordados paralelamente en un 71,4 % dentro de las investigaciones mientras que el PCK colectivo se presentó un 28,6 %. La mayoría de los artículos trataron de manera muy superficial dichos tipos de PCK a excepción de Can, H. B. (2021) y Carpendale, J., & Hume, A. (2019) y Kim J., (2020) quienes estuvieron enfocados en la caracterización de estos y los instrumentos que permitieran analizar estos tipos de PCK.

3.3. Enfoques y abordaje desde PCK desde el RCM

La tendencia en el enfoque para abordar el PCK desde el modelo de consenso refinado, presenta un 64,3% hacia orientación cualitativa intentando describir el conocimiento pedagógico de los docentes y combinándolo con programas de

desarrollo en docentes en formación y experimentados. En menor medida la investigación mixta se logra ver en Can, H. B. (2021), Makhechane & Mavhunga, (2021) y Wilcox, W., (2020) donde manejan rúbricas de medición para puntuar el nivel de desarrollo de PCK después de una intervención de formación disciplinar.

La otra vertiente en las investigaciones del PCK es la indagación sobre interacción entre sus componentes, los trabajos más cercanos al modelo de RCM son los investigadores Kulgemeyer et al., (2020) que se plantearon encontrar la relación entre el conocimiento de contenido y conocimiento pedagógico además de la investigación de Kim J., (2020) que buscaron las relaciones subyacentes entre PCK promulgado y el PCK personal.

Frente a los instrumentos utilizados se puede generalizar que las investigaciones en el PCK, usan múltiples de herramientas para lograr un acceso a este constructo teórico, Azam (2020) propone una herramienta frente a la recolección de narrativas del profesorado para la construcción de historias que permitan ver de manera más natural y apegada a la experiencia en el aula. Pero la tendencia mostró que el 43% tiene una preferencia en el uso del instrumento de la representación de contenido (CoRe) y la entrevista de recuerdo estimuladas por video (SRI) que se acompañan con la entrevista con preguntas semiestructuradas y las observaciones en clase.

4. Conclusiones

El análisis de las tendencias para abordar el PCK desde el modelo de consenso refinado (RCM) permite ver las contribuciones metodológicas más recientes en el campo investigativo, y sirve para evaluar el impacto que ha tenido el modelo para guiar y arrojar nuevas preguntas de investigación que permitan llenar algunos vacíos en el conocimiento por su reciente aparición.

Por ejemplo, desde enfoque se halló en la muestra de artículos la predominancia hacia la investigación cualitativa haciendo uso de múltiples herramientas, pero mostrando una mayor frecuencia en las representaciones de contenido (CoRe) y entrevistas de recuerdo estimuladas por video (SRI) para la descripción conocimiento promulgado (ePCK) y personal (pPCK) en tópicos específicos de la física y la química, pero no se abordó la investigación del PCK en primaria y en áreas como la biología.

Mostró también que la línea de los artículos aún siguen en la definición de los componentes del PCK y no desarrollan totalmente el modelo de consenso mostrando una divergencia en los elementos base, por ello la relevancia del uso del modelo de consenso refinado para enfocar la investigación hacia los tipos de PCK, es decir, colectivo, personal y promulgado así como se logró analizar en las investigaciones enfocadas totalmente al modelo que dieron directrices a través de

instrumentos y aportes metodológicos importantes para investigadores que se inician en este campo

Cabe resaltar que las investigaciones que abordan la elaboración de rúbricas que permitan evaluar el desarrollo del PCK, son importantes para lograr estandarizaciones del modelo y dan herramientas claras para abordar una evaluación de diagnóstico para crear cursos de formación docente y además que la escasa muestra de artículos recolectada que usan el modelo de consenso refinado del PCK, lleva a considerar que existe un desconocimiento por su reciente aparición para el campo investigativo en educación por lo cual requiere de mayor divulgación como marco referencial.

Por ello, este escrito ha permitido hacer un balance de las definiciones del modelo de consenso refinado y establecer ideas propias frente a los desarrollos conceptuales del PCK, vacíos en las líneas de investigación y generar una postura frente a la necesidad de la unificación de los marcos referenciales en el RCM para el abordaje del PCK.

5. Referencias

- Azam, S. (2020). Locating Personal Pedagogical Content Knowledge of Science Teachers within Stories of Teaching Force and Motion. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(12), 1–20. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8941>
- 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). <https://doi.org/10.1177/21582440211025564>
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., ... & Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77-94). Springer, Singapore.
- Carvalho Gastaldo, B., Castro, P. M., Homem-De-Mello, P., & Leal, S. H. (2017). *five years of pck summit, what has endured: 1. a descending hierarchical classification of the science pck published papers*.
- Coetzee, C., Rollnick, M., & Gaigher, E. (2020). Teaching Electromagnetism for the First Time: a Case Study of Pre-service Science Teachers' Enacted Pedagogical Content Knowledge. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09948-4>
- Fernandez, C. (2015). revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (pck) de professores de ciências. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(2), 500–528. <https://doi.org/10.1590/1983-21172015170211>
- Kim, J. (2020). *Connecting pedagogical content knowledge (pck) to teaching practice: investigating physics teachers' enacted pck, personal pck, and engagement with student ideas in classroom discussions*.

- 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>
- Lima, S. S., Darsie, M. M. P., & Mello, G. J. (2020). Análise comparativa dos modelos usados como ferramenta metodológica nas pesquisas sobre o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) de professores de Física no Brasil. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(1), 79–104. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n1p79>
- Magnusson, S. J., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical content Knowledge* (pp. 95-132). Boston, MA: Kluwer Press.
- Makhechane, M., & Mavhunga, E. (2021). Developing Topic-specific PCK in Chemical Equilibrium in a Chemistry PGCE Class: Feasible Or Not? *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.1080/18117295.2021.1925486>
- Maryati, Prasetyo, Z. K., 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>
- Mavhunga, E. (2020). Revealing the Structural Complexity of Component Interactions of Topic-Specific PCK when Planning to Teach. *Research in Science Education*, 50(3), 965–986. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9719-6>
- Mavhunga, E., & van der Merwe, D. (2020). Bridging Science Education's Theory–Practice Divide: A Perspective from Teacher Education Through Topic-Specific PCK. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 24(1), 65–80. <https://doi.org/10.1080/18117295.2020.1716496>
- Mazibe, E. N., Coetzee, C., & Gaigher, E. (2020). *A comparison between reported and enacted pedagogical content knowledge (PCK) about graphs of motion*.
- Miheso, J. M. (2021). *operationalizing the grand pck rubric: a case of developing a classroom rubric for portraying etspck in chemistry*. <https://www.researchgate.net/publication/351747697>
- Neumann, K., Kind, V., & Harms, U. (2019). Probing the amalgam: the relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 847–861. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1497217>
- Park, S., Jang, J. Y., Chen, Y. C., & Jung, J. (2010). Is Pedagogical Content Knowledge (PCK) Necessary for Reformed Science Teaching?: Evidence from an Empirical Study. *Research in Science Education*, 41(2), 245–260. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9163-8>
- Park, S., & 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), 261–284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>

- Sæleset, J., & Friedrichsen, P. (2021). Pre-service Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Integration of Students' Understanding in Science and Instructional Strategies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(5), 1–18. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10859>
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International journal of science education*, 30(10), 1365-1387.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Vergara Díaz, C., & Mardones, H. C. (2014). Conocimiento Pedagógico del Contenido: ¿el paradigma perdido en la formación inicial y continua de profesores en Chile? In *Estudios Pedagógicos: Vol. XL*.

