

**Desarrollo Profesional Docente en trabajos prácticos de química:
PCK declarativo vs PCK en acción**

Teaching Professional Development in chemistry practical work:
PCK declarative vs PCK in action

Samuel David Vargas-Neira¹
Andrés Bernal-Ballén²
John Jairo Briceño-Martínez³
Universidad Antonio Nariño

Recibido: 10.02.2024

Aceptado: 15.04.2024

Resumen

Los procesos de desarrollo profesional docente promueven la reflexión de los docentes en el contexto de la práctica pedagógica, y estas necesitan ser contrastadas con el ejercicio en el aula de clase desde el punto de vista del conocimiento pedagógico del contenido. Este artículo tiene como propósito identificar los elementos del conocimiento pedagógico del contenido declarativo y en acción de tres docentes de química en el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos. Desde lo declarativo se recogieron las apreciaciones y reflexiones a partir de la aplicación de una entrevista semiestructurada, y desde la acción, el insumo fueron

¹ svargas85@uan.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-5952-3186>

² abernal93@uan.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-2033-3817>

³ decano.educacion@uan.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-2285-8396>

los episodios de un trabajo práctico aplicado por los docentes participantes de un programa de lesson study. A partir de la transcripción de las entrevistas y de los videos de los trabajos prácticos implementados, se identificaron los elementos del conocimiento pedagógico del contenido. Se evidenció, desde lo declarativo, que el componente con la mayor frecuencia de relaciones es el conocimiento del estudiante, y desde la acción, la categoría con mayores nexos son las orientaciones hacia la enseñanza, en la que el seguimiento de instrucciones, las dificultades de aprendizaje y la contrastación fueron los elementos que fomentaron la evaluación formativa y sumativa. El docente puede desarrollar actividades de mejora de la práctica pedagógica y fomentar procesos de reflexión a partir del diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos en química.

Palabras clave: trabajo práctico, conocimiento del profesor, desarrollo profesional, repertorio, conocimiento declarativo, conocimiento en acción

Abstract

The processes of teacher professional development promote teachers' reflection in the context of pedagogical practice, and these need to be contrasted with the exercise in the classroom from the point of view of pedagogical knowledge of the content. This article aims to identify the elements of pedagogical knowledge of declarative content and in action of three chemistry teachers in the design, implementation and evaluation of practical work. From the declarative point of view, the appreciations and reflections were collected from the application of a semi-structured interview, and from the action point of view, the input was the episodes of practical work applied by the teachers participating in a lesson study program. From the transcription of the interviews and the videos of the practical work implemented, the elements of pedagogical knowledge of the content were identified. It was evident, from the declarative point of view, that the component with the highest frequency of relationships is the student's knowledge, and from the action point of view, the category with the greatest connections are the orientations towards teaching, in which the following of instructions, the difficulties of Learning and contrasting were the elements that promoted formative and summative

evaluation. The teacher can develop activities to improve pedagogical practice and promote reflection processes based on the design, implementation and evaluation of practical work in chemistry.

Keywords: practical work, teacher knowledge, professional development, repertoire, declarative knowledge, knowledge in action

Introducción

El desarrollo profesional docente (TPD) es una de las líneas de investigación en la enseñanza de las ciencias (Conceição et al., 2021; Ravanal Moreno & López-Cortés, 2016) y se ha establecido que permite a los docentes desarrollar procesos de aprendizaje en el ejercicio de la práctica pedagógica a través de la reflexión y la integración de saberes (Faikhamta et al., 2020; Tardif, 2004; Vaillant & Marcelo, 2015). La reflexión implica que el docente analice sus procesos de enseñanza y aprendizaje a partir de los resultados de los estudiantes, y, por tanto, permite mejorar estos en el aula de clase (Dudley, 2013; Solís-Ramírez et al., 2012).

En el desarrollo de los procesos de formación permanente de docentes, una de las metodologías reportadas es la *lesson study*, que es una estrategia fomentada a partir de preguntas orientadoras o preguntas de investigación en al menos dos ciclos de mejora (Fernández & Yoshida, 2004; Soto-Gómez et al., 2021). En estos ciclos, los docentes planifican, aplican, evalúan y reflexionan sobre una lección en un primer ciclo, dejando abierta la opción para la implementación de ciclos posteriores (Conceição et al., 2021; Fernández & Yoshida, 2004; Soto-Gómez et al., 2021).

En la reflexión que emerge de la intervención de la *lesson study*, se identifica, describe y desarrolla el conocimiento del docente desde el punto de vista del conocimiento pedagógico del contenido (PCK). El PCK ha sido objeto de investigación en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (Akinyemi & Mavhunga, 2021; Mapulanga et al., 2022) y su conocimiento otorga al docente un reconocimiento como profesional en la sociedad (Shulman, 1986; Valbuena

Ussa, 2007). Además, genera un impacto en las acciones de enseñanza en el aula de clase (Chan & Hume, 2019; Gess-Newsome, 2015; Magnusson et al., 1999).

Se ha estudiado el PCK, identificándose componentes en el campo de la enseñanza de las ciencias, que son, según Magnusson et al. (1999), los siguientes: orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias (OTS), que explican los propósitos de enseñanza en los procesos de enseñanza y aprendizaje; conocimiento del currículo (CuK), que abarca las metas y componentes, además de los materiales y programas específicos; conocimiento de la evaluación (AK), que se refiere a las maneras en que el docente evalúa a los estudiantes; conocimiento de la ciencia por parte del estudiante (SK), que enmarca el conocimiento del docente sobre los prerrequisitos y dificultades de aprendizaje de los estudiantes, y, por último, conocimiento de estrategias instruccionales (ISK), que atiende las formas en las que el docente presenta esquemas generales para la instrucción científica.

La identificación de estos componentes se ha realizado con la mediación de dos instrumentos que recogen el PCK: los repertorios de contenido (CoRe) y los repertorios de práctica y experiencia profesional (PaPers) (Loughran et al., 2004). Estos instrumentos plasman las ideas centrales de enseñanza a partir de insumos como entrevistas, observaciones de clase y diálogos reflexivos, que describen los elementos del PCK sin llegar a cuantificarlos (Farré et al., 2014; Rollnick & Mavhunga, 2014). Además de identificar los elementos del PCK, las investigaciones en enseñanza de las ciencias han apuntado a identificar las relaciones que se pueden establecer entre estos elementos por medio de diferentes modelos. Los modelos más explicativos de las relaciones de los elementos del PCK son los propuestos por Park & Oliver (2008), Park & Chen (2012) y Suh & Park (2017).

Con estos modelos se registran diferentes episodios que identifican conexiones entre los componentes del PCK, se realiza el conteo respectivo y se mapean para cada docente. Los episodios que se identifican son desde el punto de vista declarativo, es decir, lo que manifiesta el docente que realiza en el aula de clase (CoRe) (Park, 2019). Por otro lado, se registra lo que realiza el docente en la práctica pedagógica (PaPers) con el propósito de especificar y construir

el PCK procedimental, también denominado en acción (Mavhunga, 2019; Vergara-Díaz & Cofré-Mardones, 2014). Con estos insumos es notable que se construye el PCK declarativo y en acción para un docente, de tal forma que sea posible comprender las intenciones y propósitos de la práctica pedagógica y llevar al docente a reflexionar sobre su quehacer pedagógico. En el plano declarativo, se han desarrollado procesos de investigación con respecto a la descripción de los elementos del PCK en trabajos prácticos.

Los trabajos prácticos se catalogan como uno de los intereses de investigación en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (Awad, 2021; Gericke et al., 2022; Itzek-Greulich & Vollmer, 2017). Se ha identificado al trabajo práctico como un concepto polisémico (Rodríguez-Cepeda, 2016) y se ha definido como toda aquella actividad que posibilita al estudiante el aprendizaje a partir de la experimentación con el mundo natural (Chen & Eilks, 2019). El trabajo práctico se desarrolla con el objetivo de incentivar a los estudiantes en el desarrollo de habilidades (Gallego et al., 2019), la vivencia de los conceptos científicos (Abrahams & Reiss, 2012) y la exploración de actitudes científicas en los estudiantes (Sharpe & Abrahams, 2020). Por otro lado, se ha percibido el trabajo práctico desde el punto de vista del docente, en cuanto a las intencionalidades que tiene en el contexto del aula de clase (Abrahams & Reiss, 2012), además de explorar la efectividad de estos en el desarrollo del pensamiento crítico del estudiante. De esta forma, se permite emular el rol científico de los procesos de investigación (Vargas et al., 2024). Asimismo, el rol del docente se ha explorado para identificar las concepciones sobre el trabajo práctico y la perspectiva de este en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, específicamente de la química (Wei & Liu, 2018). Sin embargo, existe poca evidencia acerca de la identificación de los elementos del PCK desde lo declarativo y desde la acción en el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos de química. Por lo tanto, el presente artículo tiene como propósito explorar las relaciones que se identifican de los elementos del PCK declarativo y en acción en el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos de tres profesores de química de colegios públicos de Bogotá.

1. Metodología

Esta investigación se desarrolló desde un enfoque cualitativo dentro de un marco descriptivo (Creswell & Creswell, 2018; Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El propósito fundamental fue identificar las relaciones que se pueden establecer entre los elementos del PCK en el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos en química, realizados por tres profesores que participaron en un programa de TPD bajo una metodología denominada *lesson study*. En el desarrollo de su proceso de aprendizaje, los profesores implementaron un trabajo práctico diseñado como resultado de esta intervención.

1.1 Participantes

Esta investigación contó con la participación de tres docentes de química, dos de los cuales son mujeres con formación inicial como licenciadas en química y un docente con formación inicial en microbiología. Dos de los participantes tienen formación posgradual en maestría en educación y docencia de la química. Los docentes participantes fueron seleccionados bajo una metodología denominada muestra de voluntarios. La Tabla 1 muestra el perfil académico, la experiencia y el trabajo práctico desarrollado por los participantes.

Tabla 1. Perfil de los participantes

Id	Género	Años exp.	Formación inicial	Formación posgradual	Trabajo práctico desarrollado
ECG G	F	28	Lic. Química	Mg. Ed.	Estequiometría (obtención de diferentes productos).
YES C	F	10	Lic. Química	NT	Obtención de alcoholes por fermentación.
JLG G	M	14	Microbiólogo	MDQ	Estequiometría de gases.

Fuente: Elaboración propia.

1.2 Entrevista previa y posterior a la implementación

Con el objetivo de registrar las acciones del docente en el diseño e implementación de un trabajo práctico, se realizó un diálogo reflexivo del diseño, que consistió en una entrevista semiestructurada previa y posterior, la cual permitió identificar los elementos del PCK. Para ello, las preguntas se basaron en lo planteado por Loughran et al. (2004), Wei & Liu (2018) y Farré et al. (2014). Las preguntas pasaron por un proceso de validación por expertos, conformado por un panel de tres doctores en educación. La evaluación del nivel de acuerdo entre los pares se estableció con la determinación de la V de Aiken (Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez, 2008; Penfield & Giacobbi, 2004) en los criterios de claridad, coherencia y pertinencia. Los valores obtenidos para cada criterio fueron: claridad: 0.889; coherencia: 0.986 y pertinencia: 1; por tanto, el cuestionario completo presentó un valor de V de Aiken de 0.958, lo que indica un alto acuerdo entre los evaluadores. Esta entrevista se piloteó y se aplicó a dos docentes de Liceos de Talca (Chile) en un estudio de las mismas características (Vargas-Neira et al., 2023).

1.3 Implementación de trabajo práctico

Los docentes participantes, durante el proceso de formación con *lesson study*, diseñaron, implementaron y evaluaron un trabajo práctico. Se realizó la recolección de información mediante una observación no participante. En la Tabla 1 se muestran los trabajos prácticos desarrollados por los tres docentes participantes. De forma simultánea, se realizó la grabación de video y audio con el propósito de facilitar el proceso de transcripción. La cámara utilizada para registrar el video fue manejada por el investigador. La grabación de voz se ubicó cerca del docente participante. Para cada docente se grabó una sesión de trabajo práctico y una relacionada con la retroalimentación. Las grabaciones fueron transcritas en su totalidad para su respectivo análisis. Con las transcripciones, se identificaron los episodios en los que se relacionan dos o más componentes del PCK en acción (Dueñas, 2019).

Análisis de la información

La información se registró en grabaciones de audio y video, tanto de las entrevistas como de las sesiones de trabajo práctico. Con base en la información recogida, se realizó la transcripción completa. A partir de las transcripciones, se llevó a cabo un análisis enumerativo de los componentes del PCK, con el propósito de identificar las relaciones entre ellos (Park, 2019; Suh & Park, 2017). Las relaciones surgen tanto de lo declarado por los docentes (ideas, conocimientos, experiencias, situaciones, ejemplos, etc.) como de lo percibido en las sesiones de trabajo práctico.

A partir de la información recogida, se llevó a cabo el análisis de contenido y, posteriormente, una codificación axial apoyada con el programa MAXQDA® versión 2022.

1.4 Consideraciones éticas

Los docentes y estudiantes participantes firmaron un consentimiento y un asentimiento informado, respectivamente, acorde a la declaración de Helsinki y al comité de ética de la Universidad Antonio Nariño # INV-FE-CE007. Los datos proporcionados son anónimos; es decir, no se publica información específica por persona ni por institución, y son tratados con absoluta confidencialidad, garantizando la protección de datos según la Ley 1581 de 2012 (Colombia).

2. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del mapeo del PCK declarativo y en acción de cada uno de los docentes participantes que aplicó un trabajo práctico.

2.1 Mapeo PCK docente ECGG

La docente aplicó un trabajo práctico relacionado con el concepto de estequiometría, enfocado en la obtención de productos de la vida cotidiana y la medición como aspecto central en la

formulación. El mapa del PCK declarativo y en acción, así como sus respectivas frecuencias de relaciones de la docente ECGG, se presentan en las figuras 1(a) y 1(b). El total de relaciones que establecen los componentes desde el marco declarativo es de 102. Desde la acción, el total de relaciones es de 98. Es notable en los mapas de la docente que los componentes interactúan entre sí en el declarativo, aspecto que en el PCK en acción no se evidencia.

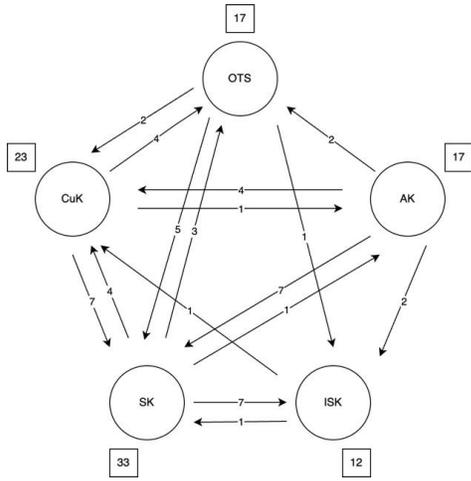
El componente con mayor frecuencia de relaciones desde lo declarativo es el conocimiento del estudiante, con cerca del 32%. En general, se establecen pocas relaciones entre los componentes del PCK; no obstante, se identifica que todos se relacionan entre sí. Es interesante que, en el conocimiento del estudiante, la docente centró su práctica en el aprendizaje del manejo de instrumentos, como se evidencia en la respuesta de la docente en su diálogo reflexivo:

¿Cuáles fueron las intenciones de aprendizaje que pretendió los estudiantes con el trabajo práctico implementado?

En primera medida que ellos observan los ingredientes que tenían que tener para hacer un producto en cuanto a emprendimiento, pero dentro de eso, entonces, que aprendieran el manejo y reforzaron el manejo de la balanza, sobre todo la de triple brazo. Y que pudieran establecer las cantidades adecuadas para cada sustancia para obtener el producto deseado. (n.d.)

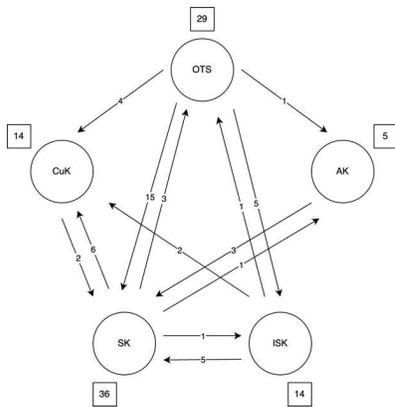
Figura 1. Mapas de PCK declarativo (a) y en acción (b) de docente ECGG

a.



Componente	Frecuencia
OTS	16,7 %
CuK	22,5 %
AK	16,7 %
SK	32,3 %
ISK	11,8%

b.



Componente	Frecuencia
OTS	29,6 %
CuK	14,3 %
AK	5,1 %
SK	36,7 %
ISK	14,3 %

Fuente: Elaboración propia.

Desde la perspectiva de la docente, el propósito de aprendizaje en el trabajo práctico era que los estudiantes obtuviesen un producto, como velas, cremas, geles, entre otros, en el cual el aspecto de la medición cobrara relevancia. De esta forma, se utilizó este espacio para reforzar el aprendizaje del manejo de instrumentos de laboratorio. De otro lado, es notable que la docente declara que una de las dificultades identificadas en los estudiantes es lo relacionado con las operaciones matemáticas aplicadas en química, como se ilustra en la siguiente respuesta:

¿Qué dificultades identificaste en esta implementación del trabajo práctico?

Otra dificultad, pues, es reforzar algunos aspectos matemáticos, de hallar las cuentas. Los chicos todavía fallan en la parte de las reglas de tres o los factores de conversión para lograr establecer las cantidades exactas de los ingredientes. (n.d.)

Desde la acción, se observa que el conocimiento del estudiante es el componente que presenta la mayor frecuencia de relaciones con las demás categorías del PCK, con alrededor del 37 %. Sin embargo, hay pocas conexiones entre los componentes, y es llamativo que no se perciben conexiones entre todos los elementos, específicamente entre el conocimiento de la evaluación y el conocimiento curricular, así como con las estrategias instruccionales. Se percibe que la evaluación de los productos realizados por los estudiantes consistía en tomar evidencia para anexar, como lo manifiesta la docente en la intervención realizada:

ECGG: ...huele rico, pero tiene demasiado alcohol, demasiado aceitoso entonces toca hacer las proporciones, las cantidades para segundo laboratorio, medirlas exactamente quedar como el, pues, aproximado listo, pues tómele la foto tóme la foto. (n.d.)

De otro lado, la intervención de trabajo práctico de la docente está enfocada en llevar a los estudiantes a que sigan instrucciones en el manejo de instrumentos, de acuerdo con el siguiente fragmento:

Por favor todos lleven a cero, después de que está en ceros acá al lado hay un tornillo que vamos, vamos a graduar para que la línea quede con esta línea esta parte la línea debe quedar con esta línea que yo pase vamos a hacer. (n.d.)

2.2 Mapeo PCK docente YESC

La docente desarrolló un trabajo práctico relacionado con la obtención de alcoholes por fermentación, en el que se obtienen productos autóctonos como el masato y la chicha,

utilizando diferentes materias primas. El mapa de relaciones del PCK declarativo y en acción de la docente YESC se muestra en las figuras 2(a) y 2(b). Se establece que la frecuencia de las relaciones del PCK declarativo es de 102. En los mapas de PCK declarativo y en acción de la docente YESC, se observa que todos los componentes interactúan entre sí.

El componente con la mayor frecuencia de relaciones es el conocimiento del estudiante, con alrededor del 37 % de las relaciones desde un punto de vista declarativo. Se identifica que hay pocos nexos entre los elementos del PCK, pero todos los componentes logran establecer vínculos entre sí.

Es interesante que la docente en su reflexión vincula los conceptos de química con el contexto del estudiante, tal como se evidencia en una de las respuestas de la docente a uno de los interrogantes:

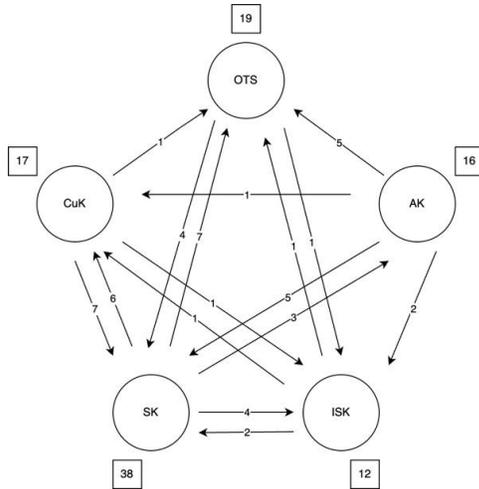
¿Cuáles fueron las intenciones de aprendizaje que pretendiste en los estudiantes con el trabajo práctico implementado?

Entonces genera flexibilidad en los estudiantes, pueden utilizar una práctica de laboratorio porque es más visible, entonces ellos pueden ver el fenómeno mucho mejor y lo que ocurre que digamos solamente desde la parte teórica...es la fermentación también que comprendieran la parte de azúcares y de diferentes frutas de Colombia y de su porcentaje de azúcar para que supieran también cómo era ese proceso de fermentación y por último, que también supieran un poquito el contexto de nuestro país, nuestros aborígenes, cómo utilizaba en estas bebidas y las aplicaciones, e inclusive la parte tradicional que nosotros tenemos hoy en día en fechas como es Navidad en casa, pues para hacer y elaborar estos productos. (n.d.)

En estas respuestas, es relevante que la docente pretende ir más allá de los conceptos químicos desarrollados desde la parte teórica, y asocia con los procesos de obtención de alcohol a partir de la fermentación de frutas.

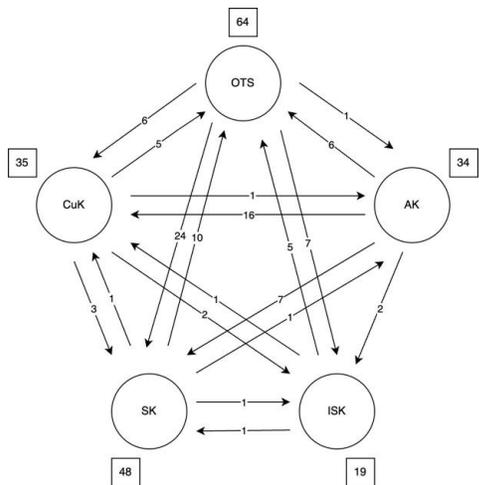
Figura 2. Mapas de PCK declarativo (a) y en acción (b) de docente YESC

a.



Componente	Frecuencia
OTS	18,6 %
CuK	16,7 %
AK	15,7 %
SK	37,2 %
ISK	11,8 %

b.



Componente	Frecuencia
OTS	32 %
CuK	17,5 %
AK	17 %
SK	24 %
ISK	9,5 %

Fuente: Elaboración propia.

De otro lado, es notable la visión que presenta la docente con relación a las dificultades de los estudiantes al relacionar los conceptos de los alcoholes, como se muestra en la siguiente respuesta:

¿También dentro de este diseño, implementación del trabajo práctico, qué dificultades tú identificas cuando hiciste esta planeación?

Bueno eh. Una de las dificultades resulta que el tema de alcohol es para ellos en esta generación todo lo ven por el lado de como tal de tomar y ya, o sea, hacerles cambiar una visión que el tema de alcoholes es más allá que eso. Por ejemplo, los carros también en limpiavidrios, realmente eso es alcohol, entonces como que cambiar esa visión, cambiar que el metanol es dañino, ¿cómo actúa en nuestro cuerpo, tener un campo desde la parte de bioquímica de qué es lo que pasa? ¿En qué ocurre el alcohol en nuestro cuerpo?... A ellos les cambia un poquito esa visión referente del alcohol, entonces, antes de hacer esta práctica, sí me topé, obviamente con este tema, ellos lo vieron, por un lado, muy, muy popular, muy de ahí vamos a hacerlo, pero no dimensionaban que también hay unas implicaciones frente a ello y frente al consumo, entonces tuve que hacer con ellos una explicación desde la parte bioquímica de qué era lo que pasaba en nuestro cuerpo y los daños de acuerdo con las cantidades y las concentraciones. (n.d.)

Desde el punto de vista de la docente, los estudiantes asocian a los alcoholes con el consumo de bebidas que contienen estas sustancias. Desde la práctica pedagógica, la docente tiene la intención de ampliar la visión y enfocarla sobre las aplicaciones que tienen.

Con respecto al PCK en acción, es notable que la mayor frecuencia de las relaciones la tiene las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, y al igual que en el marco declarativo, todos los componentes logran tener nexos entre sí. Las orientaciones están encaminadas a que los estudiantes, a pesar de que tenían la autonomía de escoger las muestras que iban a preparar entre productos, recibían instrucciones por parte de la docente, de acuerdo al siguiente episodio:

Listo, ahora sí recordemos las pautas, primero vamos a lavar todo lo que corresponde con estos materiales, vamos a limpiar la mesa, ustedes trajeron su trapito, su clorox, ojo como vamos a trabajar con comida cuando arranque el proceso de comida, o sea de manipulación de los alimentos. ¿Necesito bien lavadas las manos si quieren también, para eso les solicité que trajeran ustedes sus guantes, listo? ¿El día de hoy,

afortunadamente, pues ustedes trajeron agua porque, pues no contamos con, con agua, pero, pues, podemos hacer la práctica listo? Yo les voy a estar pasando por cada grupo y asesorando, ¿listo muchachos? ¿Alguna otra duda? ¿Listo? Ahora sí, como la cocina se trabaja, es de pie y no sentados, ustedes ya lo saben, dejamos las sillitas bien, puestecitas y nos ponemos a trabajar. (n.d.)

Por otro lado, en el desarrollo del trabajo práctico, la docente reitera de forma permanente el desarrollo de conceptos en el transcurso del trabajo práctico, para que el estudiante pudiese relacionar e identificar en los procedimientos, como se ilustra en el siguiente episodio:

Referente a esta levadura como vamos a preparar durazno, recordemos que utiliza todo el proceso con levadura, cantidad es lo que vamos con estos cuatro llegamos máximo hasta acá porque tiene que ser espeso. Ojo con la levadura, si uno le adiciona mucho, pues, la reacción vamos a tener dos problemas, ¿listo? Los catalizadores no influyen como tal en reactivos y productos, solamente aceleran o inhiben una reacción. Si le añadimos mucho vamos a acelerarla demasiado y eso nos va a dañar realmente un buen proceso de fermentación. (n.d.)

Así mismo, y de forma constante, la docente dejaba en los grupos, teniendo como punto de partida el procedimiento, algunas preguntas que los estudiantes consultaban, respondían y anexaban en el informe de trabajo práctico. Estas preguntas estaban relacionadas con el tipo de materia prima utilizada, de tal forma que los estudiantes identificaban similitudes y diferencias entre cada material utilizado. Eso se evidencia en el siguiente episodio:

Ponme cuidado, le tengo una tarea, para el grupo, el grupo pasado, me van a buscar cuál es la diferencia entre la levadura de panadería, va usted y me busca en el forrito el nombre porque es muy diferente a la levadura activa seca que sus compañeros consiguieron. ¿Cuáles diferencias hay? Porque esta se utiliza para el pan y por ejemplo no otra o si se utiliza esta sí, les quiero que averigüen esta porque esta tiene una contextura totalmente diferente, le van a añadir esto, no más, si ustedes añaden mucho

van a acelerar la reacción y la acelera tanto que comienza a subir y como lo vamos a manejar tapado, ¿qué pasa? (n.d.)

En el episodio anterior, la consulta asignada por la docente hacía referencia a las propiedades de las levaduras según su presentación comercial. Esto se debió a que los estudiantes llevaron muestras de levadura utilizada para panadería y levadura seca granulada. Por ende, la docente aprovechó para llevar a los estudiantes a analizar e identificar el material utilizado en el trabajo práctico. Ese mismo ejercicio lo realizó con las materias primas, como durazno, mango y ciruelas, y la relación que existe entre el contenido de azúcar de una muestra y la forma de medirlo con instrumentos como el refractómetro.

Un aspecto que llama la atención en la intervención de la docente es la invitación que hace a los estudiantes para efectuar ajustes a los informes presentados, con el fin de mejorar la calidad de sus productos entregados. Este hecho se denota en la sesión de retroalimentación del trabajo práctico desarrollado, en la que no solo se socializa la valoración obtenida, sino también la intención de promover la evaluación formativa de los estudiantes. A continuación, se ilustra este hecho:

Se revisó el informe ¿listo? Primero, recordemos que debe tener la estructura de diagrama V, ¿listo? Segundo, si mi grupo es de cinco personas son cinco hipótesis, cinco análisis, ¿sí? O sea, quiero que seamos, eh consecuentes con lo que habíamos acordado porque el primer informe fue individual, ¿listo? Recordemos lo siguiente: ¿Cómo se hace una hipótesis? Aquí les había puesto las correcciones. Por ejemplo, en este grupo, materiales, marco teórico, el procedimiento, lo más importante análisis y conclusiones... Pero entonces aquí, en análisis y conclusiones, ¿qué me di cuenta revisándolo? Número uno, hacen descripciones más, no buscan el porqué. Se nos oscureció, fermentó y algo importante sería informe perdón de la práctica de laboratorio. Yo pasé por cada uno de los grupos y les estuve formulando unas preguntas, no las respondieron. El único grupo que respondió todas las preguntas en cuanto a estos que se revisaron fue el grupo de aquí. Tenemos el otro. Este tuvimos

acá un problema como pegar esto, ¿listo? Ahora sí, vamos de la siguiente manera muchachos. ¿Qué vamos a hacer? Listo, les voy a explicar cómo lo revisé. Siempre aquí aparecen las observaciones, ustedes van a revisar aquí mismo. Dice la nota si aparece una palabra completamente subrayada con otra, aquí les puse redacción por ejemplo en este mismo párrafo mencionan la palabra incorrecto dos o tres veces, manejo de redacción. (n.d.)

Es valioso que la docente en el proceso de evaluación del trabajo práctico promueve los aspectos formativos de la misma. Es decir, que los estudiantes identifiquen los aspectos a corregir o ajustar, además de destacar que el desarrollo y la entrega del informe presentaba un componente grupal y un componente individual. La docente no solo tuvo en cuenta los elementos formales de reacciones, análisis y lenguaje científico, sino también lo relacionado con la redacción, ortografía, uso de sinónimos y organización de la información.

2.3 Mapeo PCK docente JLGG

El docente en una intervención de trabajo práctico desarrolló lo relacionado con la obtención del volumen experimental de un gas, a partir de una reacción química entre un ácido un metal. Se ilustra en la figura 3 (a) y 3 (b) el mapeo del PCK declarativo y en acción del docente JLGG. La frecuencia entre las relaciones del PCK declarativo es de 102. Las relaciones desde la acción son de 146. Es valioso en los mapas declarativos y en acción que los componentes interactúan entre sí, y se percibe que los componentes de conocimiento del currículo y de evaluación no presentan relaciones entre sí. En el plano declarativo, el componente con la mayor frecuencia de relaciones es el conocimiento del estudiante. Se identifica que hay pocas conexiones entre los elementos, pero en general, existen nexos entre sí.

El docente en su práctica pedagógica centró su planeación del trabajo práctico, la contrastación entre aspectos teóricos y experimentales, como se muestra en la siguiente respuesta:

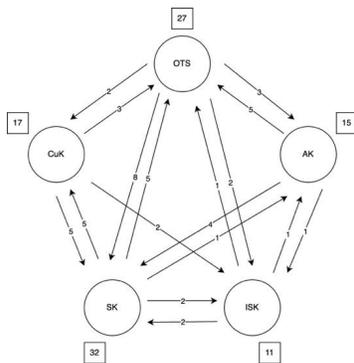
¿Cuáles son las intenciones de aprendizaje que pretende usted en los estudiantes cuando vaya a hacer esa intervención, o sea qué espera de ellos?

De los estudiantes espero que logren con el volumen medido experimentalmente calcular una masa experimental que se compara con la masa teórica y realizar los cálculos estadísticos correspondientes a dichas comparaciones.

De acuerdo con esta respuesta, el docente tiene la intención de llevar a los estudiantes a que determinen la masa, a partir de datos obtenidos experimentalmente, que comparen y apliquen cálculos estequiométricos (aunque el docente habla de cálculos estadísticos).

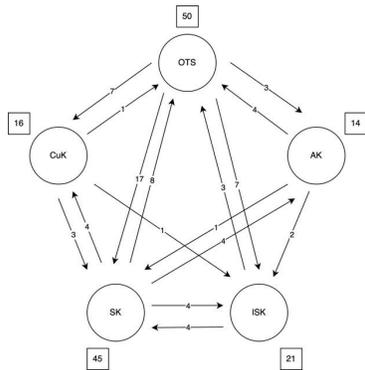
Figura 3. Mapas de PCK declarativo (a) y en acción (b) de docente JLGG

a.



Componente	Frecuencia
OTS	26,4 %
CuK	16,7 %
AK	14,7 %
SK	31,4 %
ISK	10,8 %

b.



Componente	Frecuencia
OTS	34,2 %
CuK	10,9 %
AK	9,6 %
SK	30,8 %
ISK	14,4 %

Fuente: Elaboración propia

No obstante, el docente reconoce que los estudiantes tienen dificultades para abordar los aspectos matemáticos cuando desarrollan trabajos prácticos, como se evidencia en la respuesta que brinda con relación a las dificultades de los estudiantes:

¿Qué dificultades usted encontró en el diseño e implementación de este?

Y ya la parte didáctica con los estudiantes sí siento una enorme cantidad de falencias en cuanto a análisis matemático que poseen, muchos no son capaces de leer una ecuación ni de reemplazar. Ni siquiera estoy refiriéndome a hacer despejes o a manipularla, entonces esa es una dificultad que he encontrado. (n.d.)

A pesar de ello, el docente manifiesta que ha trabajado estas dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Cuando se auscultó al respecto, esto manifestó:

Ok, en esa identificación de esa dificultad, ¿cómo lo ha trabajado con los estudiantes? (n.d.)

Pues es una cuestión que sale antiguüita cometiendo errores, practicando, corrigiendo, practicando, corrigiendo, poco a poco han ido mejorando, pero todavía les falta mucho.

Para el docente, la forma de abordarlas está relacionada con la práctica y la corrección. Además, reconoce que ha habido mejora en los estudiantes, pero que hay que trabajar bastante; de otro lado, se reconoce que otra dificultad es referente a la forma de escritura, cuando se abordan conceptos propios de la química, como lo es estequiometria:

No, pues ahí ha tocado decirles que el número estequiométrico tienen que hacerlo como una v con copete, tratar de hacer algo con caligrafía. Algo que la distingán, entonces ahí ya es muy complicado. Si ellos no tienen la habilidad caligráfica, que se vea de la que se debería que tendrían que tener. (n.d.)

Por otro lado, es notable que el docente reconoce como insumo para el desarrollo de la evaluación la construcción de un informe escrito y la exposición oral:

Pues la evaluación involucra aspectos de forma y fondo en el informe de laboratorio. Y también de forma y fondo en la exposición, si es que tenemos tiempo para hacer una evaluación en plenaria, las cuestiones se forman para la parte escrita, pues es que sigan las instrucciones de una plantilla que les voy a dejar de esa plantilla. Va a ser una plantilla de alguna revista indexada para que traten de expresar su informe, pero con la apariencia de un artículo... Pues que es básicamente el máximo producto que hacemos nosotros como científicos o didactas de la ciencia, o sea, eso es el producto que debemos aprender a desarrollar tanto nosotros mismos, porque yo creo que nadie se conoce todos los detalles de la escritura de un artículo científico, así que y también, por lo tanto, lo que conocemos de eso debemos comunicarlo, porque ese es el producto. (n.d.)

En ese aspecto, el docente reconoce su rol como didacta de las ciencias. Expresa a los estudiantes que una de las formas de divulgación del conocimiento científico es la producción

de artículos, y de esta forma solicita la entrega del informe de resultados. Además, el docente solicita una presentación oral para evaluar las habilidades expositivas, en términos de elocuencia y pertinencia. Es notable que reconozca que más que los resultados numéricos, lo importante son los análisis que se pueden abstraer, que expliquen el fenómeno observado y las posibles causas de diferencia entre el resultado obtenido y el esperado.

Con respecto al PCK en acción, como se muestra en la figura 3(b), se observa en términos generales, que el componente con la mayor frecuencia de relaciones son las orientaciones hacia la enseñanza, en donde se identifica que el docente enfoca el trabajo práctico en el seguimiento de instrucciones a los estudiantes previo al desarrollo de este, como se ilustra en el siguiente episodio:

Así que es necesario usar un ácido fuerte concentrado para que la reacción se realice rápidamente. Es por eso que les pedí material de protección. El ácido empleado va a ser ácido clorhídrico al 36 %, eso es una concentración de 12 molar, no se puede concentrar más el ácido clorhídrico. Después de eso o sea ese concentrado lo máximo que se puede obtener. Cuando se destapa va a salir vapor. Ese vapor es cloruro de hidrógeno... Por lo tanto, ese vapor no puede interactuar con ninguna mucosa bajo ninguna circunstancia o se van a quemar. No puede entrar en contacto con los ojos o pueden perder la vista. Es por eso que quien vaya a recibir aquí el ácido debe ser aquel personaje que haya traído las gafas de protección o las gafas más bacanas de protección. (n.d.)

Es notable que el docente en sus instrucciones se enfoca en mantener la seguridad de los estudiantes, cuando van a manipular sustancias como el ácido clorhídrico (HCl). Por lo tanto, los estudiantes deben tener las precauciones pertinentes como el uso de gafas de seguridad. En ese sentido, el docente para darse a entender sobre los efectos de este reactivo hace uso de analogías como estrategia para explicar las consecuencias a los estudiantes:

Pero este si es extremadamente volátil no miren el genio a los ojos, el vapor no puede interactuar con los ojos en ninguna circunstancia, ¿estamos claros con eso?... ok, usted ha escuchado la leyenda de medusa?, bien ese es el humo que no debe tocar. (n.d.)

El docente en su analogía busca prevenir a los estudiantes sobre la incidencia de los reactivos que emiten vapores nocivos como el HCl. Por otro lado, reitera que no solo con los reactivos se debe tener cuidado, sino también con lo relacionado con los montajes, en donde indica que solo los estudiantes que porten los elementos de protección son los encargados de la manipulación de los montajes. Además, es interesante que los estudiantes en el desarrollo del procedimiento participan activamente, siguen las indicaciones y, ante todo, preguntan al docente sobre el avance de la reacción, sobre todo en los cambios que se identifican, tales como efervescencia, cambios de temperatura y de volumen:

Muy bien, ahora sí aprietan muy bien ya tienen el reactivo clave. Recuerden solo los que tengan protección para ojos deben estar manipulando el sistema; en este momento necesito que deben estar apretando la abrazadera, ¿OK?, tengan el tubo firme; ah, creo que es por el cable por la ubicación, bueno no importa esa parte no necesita, hasta aquí no vamos a medir nada, por lo tanto, que se desvió aquí no hay problema. (n.d.)

Un aspecto que se destaca en el proceso es lo relacionado con la evaluación, que, desde el punto de vista del docente, más que la obtención de los resultados, lo relevante es el análisis de los datos registrados en el trabajo práctico, en el que la intención por parte del docente es verificar la capacidad de contrastación y de abstracción que realizan los estudiantes; para ello, solicitó la entrega de un informe y la presentación oral del mismo:

Buenos jóvenes estamos en la etapa de retroalimentación de nuestro laboratorio de desplazamiento de gases. Vamos a proceder a escuchar su informe de laboratorio. Van a tener 10 minutos para hacer la presentación. Recuerden, voy a hacer muy puntual en lo que voy a decir, no se encuentra con la introducción, lo que necesitamos es que se explique, sobre todo en el análisis que hicieron de los datos, evidentemente. (n.d.)

En ese sentido, los estudiantes, cuando realizaron su presentación, se aproximaron a aspectos relacionados con reacciones químicas, las propiedades de los gases y estequiometría, en el que lo vincularon con conceptos como axiomas, teoremas, fórmulas y postulados. Es decir, que en las diferentes presentaciones abordan los resultados y los análisis con el propósito de realizar la contrastación entre los resultados obtenidos y los presupuestos teóricos trabajados en las clases. Además, el docente incentiva y desarrolla la evaluación formativa y sumativa. A manera de ejemplo, en el siguiente fragmento se ilustra:

Ok, una pregunta. ¿Cuál fue el fallo crítico, la causa que causó que no se les generara la burbuja? (n.d.)

E3: Que en la manguera se entró agua y también puede ser mala colocación de la probeta al ingresar ese polvito... una fuga en la manguera, que hubo alguna fuga. (n.d.)

JLGG: Muy bien al menos le pegaron a eso así de haber una fuga. Ok, eh retroalimentación lo más básico es no se puede salir leyendo un celular bueno en mi época era una hojita, no se podía salir leyendo su hojita, entonces es importante ustedes ya están en décimo dentro de poco van a estar en la universidad y no pueden salir leyendo con el celular... así que corrijan eso en sus exposiciones por favor y dado que tienen todas las libertades audiovisuales uno no pasa con el informe, uno pasa con un PowerPoint con las imágenes clave. (n.d.)

Es valioso destacar que el docente abordó la retroalimentación a través de preguntas, las dificultades en la aplicación del procedimiento y con base en la respuesta de los estudiantes, realizó sus observaciones y comentarios sobre el desempeño de los grupos. Allí reitera los aspectos a tener en cuenta en la realización de presentaciones orales y los insumos que se utilizan para tal fin. Es notable que el docente manifiesta que los recursos deben optimizarse para desarrollar la intervención.

3. Discusión

Este artículo tiene como propósito explorar las relaciones de los elementos del PCK declarativo y en acción en el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos de tres profesores de química. En primer lugar, en los mapas del PCK declarativo de los docentes, es notable que el componente con la mayor frecuencia de interacciones es el conocimiento del estudiante, aspecto que se ha identificado en otros procesos de investigación (Mapulanga et al., 2022; Park & Chen, 2012; Ravanal Moreno & López-Cortés, 2016). Desde el punto de vista de los docentes en el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos, es fundamental tener en cuenta los presaberes y las dificultades de los estudiantes. Por otro lado, las intenciones de aprendizaje, desde el punto de vista declarativo, se centran en el manejo de instrumentos (Lal et al., 2020), el desarrollo de procedimientos (Wellhöfer & Lühken, 2022) y la contrastación entre los aspectos teórico y experimental, generando hipótesis (Gericke et al., 2022). Asimismo, en las intenciones se abordan las dificultades que presentan los estudiantes, como la realización de cálculos matemáticos y la falta de apropiación del lenguaje técnico específico de la química, como la lectura de ecuaciones, el análisis de fenómenos y la simbología utilizada, aspecto que ha sido percibido en diferentes investigaciones (Aydin-Gunbatar & Akin, 2022; Aydin & Boz, 2013; Goes et al., 2020).

Con respecto a los mapas de PCK en acción, resulta llamativo que, en dos de los docentes, el componente con la mayor frecuencia de relaciones son las orientaciones hacia la enseñanza. En este aspecto, se enfatiza el seguimiento de instrucciones (manejo de la balanza) y en las indicaciones encaminadas hacia las normas de bioseguridad. Para llevar a la comprensión de los estudiantes, se utilizan analogías. En el desarrollo del trabajo práctico, el docente responde a las dudas que surgen alrededor de los fenómenos observados durante la implementación, acorde a los hallazgos de Wei & Liu (2018). Es destacado que el tipo de trabajo práctico fomentado en los procesos de enseñanza es del tipo semiabierto (Zorrilla & Mazzitelli, 2021), que lleva a los estudiantes a tener experiencias, a mostrar una imagen de la ciencia para la solución de problemas desde la indagación y a mantener activa su atención, aspecto que se ha previsto desde la investigación (Lunetta et al., 2007; Magnusson et al., 1999; Schneider, 2015,

2019). Por otro lado, el componente de conocimiento de la evaluación está centrado en el desarrollo, entrega y retroalimentación de un informe de trabajo práctico. En esta actividad, los estudiantes, más que reportar los resultados obtenidos, realizan un análisis y contrastación de los mismos, utilizando el lenguaje científico y matemático. Los docentes procuran incentivar la retroalimentación para mejorar los productos entregados en aspectos como la redacción, el uso de lenguaje formal, la organización y la búsqueda de información, aspecto que ha sido previsto en el desarrollo de trabajos prácticos y su incidencia en el desarrollo de habilidades en los estudiantes (Lal et al., 2017). Se destaca que la evaluación procura el desarrollo de habilidades comunicativas, investigativas y de trabajo en equipo, además de la producción de textos mediante la presentación de informes escritos. Los docentes llevaron a los estudiantes a ajustar sus producciones como proceso de mejora y retroalimentación (Fadzil & Saat, 2020).

En los mapas de PCK declarativo y en acción de los docentes, todos los componentes interactúan entre sí. En lo declarado, se enmarca que el conocimiento del estudiante es la categoría con mayor frecuencia de nexos con los demás elementos del PCK. En estas relaciones se identifican las dificultades más frecuentes en el abordaje de los trabajos prácticos. Ante estas dificultades, el docente utiliza los conocimientos previos para el desarrollo de los procesos, que pueden ser cuestionados, desarrollados y enriquecidos, como fue previsto por Dueñas (2019), antes que ser percibidos como errores que deben corregirse. Asimismo, en el PCK en acción, se identifican diferencias con el PCK declarativo en cuanto al componente en el que convergen las relaciones, que en este caso son las orientaciones hacia la enseñanza. Se destaca en la implementación y evaluación de los trabajos prácticos que los propósitos son abordar los aspectos de indagación, seguimiento de instrucciones y manejo de instrumentos. La actividad de trabajo práctico llevó a los estudiantes a desarrollar sus habilidades y actitudes científicas, facilitando sus aprendizajes (Aydin & Boz, 2013; Itzek-Greulich & Vollmer, 2017). Resulta llamativo identificar en los mapas declarativos y en acción particularidades en las relaciones de los componentes del PCK, aspecto que indica que el PCK, tanto declarativo como en acción, es específico de cada docente, es personal e idiosincrático (Cooper et al., 2015; Mavhunga, 2020; Park & Chen, 2012). Es valioso que esa

particularidad sea el resultado de las experiencias acumuladas por los docentes en su ejercicio profesional y que influye en los aprendizajes de los estudiantes, punto de partida de la planeación en el contexto del aula (Gess-Newsome, 2015). Es interesante identificar en los mapas de PCK declarativo y en acción de dos de los docentes que se acercan al modelo ideal de mapa de PCK, en donde todos sus componentes interactúan entre sí (Şen, 2023). Sin embargo, las frecuencias entre los elementos son escasas, lo que indica que el docente debe reflexionar sobre su ejercicio profesional para desarrollar acciones de mejora, poder evolucionar en las relaciones de los elementos del PCK y desarrollar con más eficacia y contundencia procesos de evaluación formativa, identificar el énfasis de su enseñanza y generar alternativas de diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos en procura de los aprendizajes de los estudiantes.

Conclusiones

El PCK declarativo y en acción de los docentes en el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos es propio, personal e idiosincrático, en el que todos los componentes interactúan entre sí. Las categorías más frecuentes son el conocimiento del estudiante y las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, donde se destaca el interés de los docentes por abordar las dificultades del estudiante en el aprendizaje de los conceptos científicos, el desarrollo de habilidades como el manejo de instrumentos, la comunicación y el análisis de los resultados obtenidos, así como generar procesos de retroalimentación que fomenten la evaluación sumativa y formativa.

El proceso de participación de los docentes en el diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos en química ha llevado a realizar procesos de reflexión de la práctica pedagógica con trabajos prácticos, en los que los docentes se cuestionan acerca de su quehacer en el aula y se motivan a desarrollar más actividades que impliquen el desarrollo de habilidades en los estudiantes. Esto incluye incentivar la contrastación entre los presupuestos teóricos y los resultados obtenidos en el trabajo práctico, así como mejorar las actitudes y la visión de la ciencia en los estudiantes.

Además, con los resultados obtenidos, es relevante que los docentes desarrollen un proceso constante de desarrollo profesional docente, en el que se ajuste de forma permanente la planeación del diseño, implementación y evaluación de trabajos prácticos. Esto debe incluir propósitos de enseñanza adicionales, otras alternativas de evaluación y la promoción de la mejora de la práctica pedagógica, de tal forma que se desarrollen procesos de alfabetización científica.

Referencias

Abrahams, I., & Reiss, M. J. (2012). Practical work: Its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035–1055. <https://doi.org/10.1002/tea.21036>

Akinyemi, O. S., & Mavhunga, E. (2021). Linking pre-service teachers' enacted topic specific pedagogical content knowledge to learner achievement in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(2), 282–302. <https://doi.org/10.1039/d0rp00285b>

Awad, N. (2021). Exploring STEM integration: assessing the effectiveness of an interdisciplinary informal program in fostering students' performance and inspiration. *Research in Science and Technological Education*. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1931832>

Aydin-Gunbatar, S., & Akin, F. N. (2022). Pre-service chemistry teachers' use of pedagogical transformation competence to develop topic-specific pedagogical content knowledge for planning to teach acid-base equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(1), 137–158. <https://doi.org/10.1039/d1rp00106j>

Aydin, S., & Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4),

615–624. <https://doi.org/10.1039/c3rp00095h>

Chan, K. K. H., & Hume, A. (2019). Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Is Investigated in Empirical Studies. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (1st ed., pp. 1–74). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>

Chen, X., & Eilks, I. (2019). An Analysis of the Representation of Practical Work in Secondary Chemistry Textbooks from Different Chinese Communities. *Science Education International*, 30(4), 354–363. <https://doi.org/10.33828/sei.v30.i4.13>

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., Loughran, J., & Berry, A. (2015). Science teachers' PCK: Understanding sophisticated practice. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (1st ed., pp. 60–74). Routledge.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage Publications.

Dudley, P. (2013). Teacher learning in Lesson Study: What interaction-level discourse analysis revealed about how teachers utilised imagination, tacit knowledge of teaching and fresh evidence of pupils learning, to develop practice knowledge and so enhance their pupils' lea. *Teaching and Teacher Education*, 34, 107–121. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.04.006>

Dueñas, A. (2019). *Conocimiento Didáctico del Contenido de la alimentación y la nutrición humana en profesores de Bogotá*. Universidad Pedagógica Nacional.

Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances En Medición*, 6, 27–36. [https://doi.org/10.1016/0032-3861\(78\)90049-6](https://doi.org/10.1016/0032-3861(78)90049-6)

Fadzil, H. M., & Saat, R. M. (2020). Exploring secondary school biology teachers' competency in practical work. *JPII*, 9(1), 117–124. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1>

Faikhamta, C., Lertdechapat, K., & Prasoblarb, T. (2020). The Impact of a PCK-based Professional Development Program on Science Teachers' Ability to Teaching STEM. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 43, 1–22. http://www.recsam.edu.my/sub_JSMEESEA/images/journals/YEAR2020/9Faikhamta2020.pdf

Farré, A., Lorenzo, M. G., Daza, S., & Garritz, A. (2014). El escurridizo conocimiento didáctico del contenido: estrategias metodológicas para su documentación. In A. Garritz, M. G. Lorenzo, & S. Daza (Eds.), *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana* (1st ed., pp. 34–64). Editorial Académica Española.

Fernandez, C., & Yoshida, M. (2004). *Lesson study: A Japanese Approach to Improving Mathematics Teaching and Learning*. In *Lesson study: A Japanese approach to improving mathematics teaching and learning*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Gallego, R., Gómez Ochoa de Alda, J., & Marcos-Merino, J. M. (2019). Extracción de ADN con material cotidiano: diseño, implementación y validación de una intervención activa interdisciplinar. *Educación Química*, 30(1), 42. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.1.67658>

Gericke, N., Högström, P., & Wallin, J. (2022). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, 59(2), 245–285. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125>

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (1st ed.). Routledge.

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>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México.

Itzek-Greulich, H., & Vollmer, C. (2017). Emotional and motivational outcomes of lab work in the secondary intermediate track: The contribution of a science center outreach lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(1), 3–28. <https://doi.org/10.1002/tea.21334>

Lal, S., Lucey, A. D., Lindsay, E. D., Sarukkalige, P. R., Mocerino, M., Treagust, D. F., & Zadnik, M. G. (2017). An alternative approach to student assessment for engineering–laboratory learning. *Australasian Journal of Engineering Education*, 22(2), 81–94. <https://doi.org/10.1080/22054952.2018.1435202>

Lal, S., Lucey, A. D., Lindsay, E. D., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Zadnik, M. G. (2020). Perceptions of the relative importance of student interactions for the attainment of engineering laboratory-learning outcomes. *Australasian Journal of Engineering Education*, 25(2), 155–164. <https://doi.org/10.1080/22054952.2020.1860363>

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>

Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (First, Vol. 1, pp. 393–441). Psychology Press.

Magnusson, S. J., Borke, 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).

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>

Mavhunga, E. (2019). Exposing Pathways for Developing Teacher Pedagogical Content Knowledge at the Topic Level in Science. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 1–329). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>

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>

Park, S. (2019). Reconciliation Between the Refined Consensus Model of PCK and Extant PCK Models for Advancing PCK Research in Science Soonhye. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge*

for Teaching Science (pp. 119–130). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>

Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941.

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>

Penfield, R. D., & Giacobbi, P. R. (2004). Applying a score confidence interval to Aiken's item content-relevance index. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 213–225. https://doi.org/10.1207/s15327841mpee0804_3

Ravanal Moreno, E., & López-Cortés, F. (2016). Mapa del conocimiento didáctico y modelo didáctico en profesionales del área biológica sobre el contenido de célula. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 13(3), 725–742. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.15

Rodríguez-Cepeda, R. (2016). Aprendizaje de conceptos químicos: una visión desde los trabajos prácticos y los estilos de aprendizaje. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7(1), 63. <https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.4403>

Rollnick, M., & Mavhunga, E. (2014). PCK of teaching electrochemistry in chemistry teachers: A case in Johannesburg, Gauteng Province, South Africa. *Educación Química*, 25(3), 354–362. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70551-8](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70551-8)

Schneider, R. M. (2015). Pedagogical content knowledge reconsidered: A teacher educator's perspective. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical*

content knowledge in science education (pp. 162–177). Routledge.

Schneider, R. M. (2019). Illustrating and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through Learning Study. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 165–184). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>

Şen, M. (2023). Suggestions for the Analysis of Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Components and Their Interactions. *Research in Science Education*, 53(6), 1081–1095. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10124-7>

Sharpe, R., & Abrahams, I. (2020). Secondary school students' attitudes to practical work in biology, chemistry and physics in England. *Research in Science and Technological Education*, 38(1), 84–104. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1597696>

Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>

Solís-Ramírez, E., Porlán-Ariza, R., & Rivero-García, A. (2012). ¿Cómo representar el conocimiento curricular de los profesores de ciencias y su evolución? How represent the Knowledge Curricular of the teachers of sciences and his evolution? *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 30(3), 9–30. www.redires.

Soto-Gómez, E., Péres-Gómez, A., & Rodríguez-Robles, C. (2021). Aprender a enseñar en la universidad: De la Investigación Acción a la Lesson Study. In N. De Alba-Fernández & R. Porlán (Eds.), *Docentes Universitarios: Una formación centrada en la práctica* (1st ed., pp. 55–81).

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.

Vaillant, D., & Marcelo, C. (2015). *El ABC y D de la formación docente*. Narcea Ediciones.

Valbuena Ussa, E. O. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.

Vargas-Neira, S. D., Bernal-Ballén, A., & Briceño-Martínez, J. J. (2023). Desarrollo Profesional Docente con PCK en trabajos prácticos de química: estudio de caso en Liceos de Talca (Chile). *MEMORIAS SIFORED - ENCUENTROS EDUCACIÓN UAN*, 7. <https://revistas.uan.edu.co/index.php/sifored/article/view/1702>

Vargas, S. D., Bernal-Ballén, A., Briceño-Martínez, J. J., & Ariza-Bareño, Y. (2024). Design and validation of an instrument to determine the relationship between pedagogical content knowledge and practical work in science instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(1), 1-. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13962>

Vergara-Díaz, C., & Cofré-Mardones, H. (2014). Conocimiento Pedagógico del Contenido: ¿el paradigma perdido en la formación inicial y continua de profesores en Chile? *Estudios Pedagógicos*, 40(Número especial), 323–338.

Wei, B., & Liu, H. (2018). An experienced chemistry teacher's practical knowledge of teaching with practical work: The PCK perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 452–462. <https://doi.org/10.1039/c7rp00254h>

Wellhöfer, L., & Lühken, A. (2022). Problem-Based Learning in an Introductory Inorganic Laboratory: Identifying Connections between Learner Motivation and Implementation.

Journal of Chemical Education, 99(2), 864–873.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00808>

Zorrilla, E. G., & Mazzitelli, C. A. (2021). Trabajos Prácticos de Laboratorio y Modelos didácticos: una propuesta de clasificación. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 40, 133. <https://doi.org/10.7203/dces.40.18056>