

Articulación de saberes disciplinares y didácticos en la formación inicial del profesorado de Química: una experiencia de co-docencia con casos auténticos

Ainoa Marzabal 

Facultad de Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.

amarzabal@uc.cl

Virginia Delgado 

Facultad de Química y de Farmacia. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.

vcdelgad@uc.cl

[Recibido: 25 mayo 2025; Revisado: 22 diciembre 2025; Aceptado: 7 enero 2026]

Resumen: Este artículo sistematiza una propuesta formativa orientada al desarrollo del Conocimiento Pedagógico del Contenido en la formación inicial del profesorado de Química, implementada durante una década en una universidad chilena. La propuesta se organiza en torno a dos pilares articulados: la co-docencia entre especialistas disciplinar y didáctico y el análisis de casos auténticos de enseñanza con alto componente disciplinar. A través de ciclos formativos iterativos, los futuros docentes interpretan el pensamiento estudiantil, definen propósitos de aprendizaje y diseñan intervenciones didácticas situadas, integrando de manera crítica saberes disciplinares, curriculares, didácticos y pedagógicos para una enseñanza responsiva. Los casos auténticos actúan como dispositivos de reflexión situada, que vinculan el análisis del contenido disciplinar con la toma de decisiones pedagógicas fundamentadas. Los resultados muestran transformaciones en la forma en que los futuros docentes articulan teoría y práctica, y en su capacidad para pensar la enseñanza desde una perspectiva profesionalizada. Se discuten los aportes y desafíos de la propuesta, destacando su potencial para fortalecer la formación inicial del profesorado de ciencias mediante la integración deliberada de saberes disciplinares y didácticos.

Palabras clave: Formación Inicial Docente, Conocimiento Pedagógico del Contenido, Enseñanza de la Química, Co-docencia, Casos auténticos.

Integrating disciplinary and didactic knowledge in chemistry teacher education: a co-teaching proposal based on authentic cases

Abstract: This article systematizes a instructional proposal aimed at developing pedagogical content knowledge in the initial education of chemistry teachers, implemented over a decade in a Chilean university. The proposal is organized around two articulated pillars: co-teaching between disciplinary and didactic specialists, and the analysis of authentic teaching cases with a high disciplinary component. Through iterative instructional cycles, future teachers interpret student thinking, define learning goals and design situated didactic interventions, critically integrating disciplinary, curricular, didactic and pedagogical knowledge for responsive teaching. The authentic cases act as situated reflection devices, linking the analysis of disciplinary content with informed pedagogical decision-making. The results show transformations in the way prospective teachers articulate theory and practice, and in their ability to think about teaching from a professionalized perspective. The contributions and challenges of the proposal are discussed, highlighting its potential to strengthen the initial education of science teachers through the deliberate integration of disciplinary and didactic knowledge.

Keywords: Initial Teacher Education, Pedagogical Content Knowledge, Teaching Chemistry, Co-teaching, Authentic Cases.

Para citar este artículo: Marzabal, A. y Delgado, V. (2026). Articulación de saberes disciplinares y didácticos en la formación inicial del profesorado de Química: una experiencia de co-docencia con casos auténticos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 23(1), 1601.

https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1601

Introducción

La formación inicial del profesorado de ciencias enfrenta el desafío permanente de articular de manera efectiva los saberes disciplinares y didácticos, de modo que los futuros docentes no solo comprendan en profundidad los contenidos científicos, sino que desarrollen la capacidad de transformarlos en experiencias de enseñanza significativas y accesibles para el estudiantado (Abell, 2008; Loughran, 2019). Esta articulación, esencial para una enseñanza alfabetizadora, requiere oportunidades formativas que promuevan una reflexión situada y deliberada sobre la práctica docente, especialmente en torno a los procesos de toma de decisiones en contextos escolares reales (Gess-Newsome, 2015).

Uno de los marcos conceptuales más influyentes para abordar esta integración es el del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK por sus siglas en inglés), entendido como la forma especial en que los profesores transforman el conocimiento disciplinar en formas comprensibles para los estudiantes (Shulman, 1986, p. 9). A lo largo de las últimas décadas, el modelo de PCK ha evolucionado hacia enfoques más complejos y contextuales, destacando su carácter dinámico, situado y altamente dependiente del conocimiento profesional del docente y del contexto en el que enseña (Gess-Newsome, 2015; Park y Chen, 2012; Van Driel et al., 2023).

Las propuestas formativas que integran el trabajo con casos auténticos —situaciones problemáticas reales de la enseñanza— y la co-docencia entre especialistas disciplinares y didácticos han mostrado un notable potencial para favorecer el desarrollo del PCK en la formación inicial del profesorado de ciencias (Bacharach et al., 2010; Kind y Chan, 2019). Estas estrategias permiten a los estudiantes enfrentar dilemas de la práctica que requieren la movilización conjunta de saberes disciplinares, curriculares, didácticos y pedagógicos, contribuyendo así a la construcción de un conocimiento docente más profundo, integrado y contextualizado.

Este artículo presenta una propuesta formativa desarrollada desde hace una década en una universidad de Chile, en el marco de un curso obligatorio de formación inicial del profesorado de Química (Marzabal et al., 2016). Esta experiencia se estructura en torno a dos pilares: la co-docencia entre un experto en Química y un experto en Didáctica de las Ciencias, y el análisis colaborativo de casos que presentan problemas de enseñanza con un alto componente disciplinar. Este artículo tiene por objetivo describir el diseño y fundamentos de esta propuesta, así como reflexionar sobre su valor formativo desde una perspectiva profesional. Se espera que esta sistematización aporte orientaciones útiles para el diseño de experiencias similares que busquen integrar, de manera significativa los saberes científicos y didácticos en la formación del profesorado de ciencias.

Marco teórico

El Conocimiento Pedagógico del Contenido en la formación inicial docente

Desde su formulación original, el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) ha sido comprendido como una forma específica de conocimiento profesional docente que articula el saber disciplinar con la comprensión de cómo ese saber puede ser enseñado y aprendido en contextos concretos (Shulman, 1986). En educación en ciencias, esta propuesta se consolidó a través de desarrollos teóricos que caracterizaron dimensiones diferenciadas del PCK —como las ideas de los estudiantes, el currículo, las estrategias de enseñanza o la evaluación—, subrayando su naturaleza intrínsecamente ligada a contenidos específicos (Magnusson et al., 1999; Justi y van Driel, 2005; Kind, 2009).

Con el tiempo, estas aproximaciones han ido evolucionando desde descripciones estructurales hacia una comprensión más relacional y dinámica del PCK. Investigaciones posteriores destacan que este conocimiento no constituye un cuerpo estable, sino que se configura en permanente interacción entre distintas bases del conocimiento profesional, las creencias del profesorado y las demandas de la práctica (Park y Oliver, 2008; Park y Chen, 2012; Gess-Newsome, 2015). En consecuencia, la reflexión sobre la enseñanza y los procesos de razonamiento pedagógico adquieren un papel central en su desarrollo.

Esta visión se ha profundizado recientemente al reconocer que el PCK se genera, transforma y circula en distintos niveles: como conocimiento disponible en la comunidad profesional, como conocimiento personal de cada docente y como conocimiento que se manifiesta en la práctica de aula. Estas interacciones son descritas por el *Refined Consensus Model* (Carlson et al., 2019), y han sido empleadas en estudios empíricos para analizar cómo el profesorado —en formación inicial y en ejercicio— reconstruye su PCK a partir de la enseñanza, la interacción con otros y la reflexión sistemática sobre la propia práctica (Vázquez-Bernal et al., 2022; Behling et al., 2022).

De manera complementaria, otros trabajos han insistido en el carácter situado y contextual del PCK, entendiendo que este conocimiento se construye en diálogo permanente con las condiciones reales de enseñanza, los estudiantes y las culturas escolares (Friedrichsen et al., 2009; Gess-Newsome, 2015). En este marco, la hipótesis de complejidad propuesta por Vázquez-Bernal et al. (2022) subraya que el desarrollo profesional docente supone transitar entre dimensiones técnicas, prácticas y críticas de reflexión pedagógica, reforzando la idea de que el PCK se configura en la interpretación de problemas auténticos de aula y en la toma de decisiones situada.

Desde esta perspectiva, el desarrollo del PCK en la formación inicial no puede abordarse como una mera acumulación fragmentada de saber disciplinar y didáctico. Más bien, requiere experiencias formativas que permitan a los futuros docentes movilizar PCK colectivo —por ejemplo, el contenido curricular o la literatura didáctica—, transformarlo en conocimiento personal y ponerlo en juego en escenarios de enseñanza auténtica, reflexionando críticamente sobre sus propias decisiones pedagógicas (Friedrichsen et al., 2009; Justi y van Driel, 2005).

En el caso particular de la Química, esta discusión adquiere especial relevancia. La abstracción, multirrepresentacionalidad y complejidad epistemológica de muchos de sus conceptos demandan del profesorado formas refinadas de mediación didáctica, que articulen comprensión disciplinar, análisis pedagógico y sensibilidad hacia las dificultades de aprendizaje del alumnado (Kind, 2009; Justi y van Driel, 2005). Concebir el PCK como un conocimiento dinámico, situado y reflexivo permite reconocer estas exigencias y orienta el diseño de experiencias formativas que integren coherentemente teoría, práctica y reflexión en la construcción del conocimiento profesional docente.

La co-docencia como estrategia de formación docente

La co-docencia, entendida como la enseñanza desarrollada conjuntamente por dos o más docentes con áreas de experticia complementarias, se ha consolidado en la formación inicial del profesorado como una estrategia que modela la colaboración profesional y enriquece los procesos formativos (Friend y Cook, 2010; Bacharach et al., 2010). Desde esta perspectiva, no se trata solo de compartir la responsabilidad de la enseñanza, sino de generar espacios de diálogo profesional donde se hacen explícitos los procesos de razonamiento que sustentan las decisiones pedagógicas, favoreciendo prácticas docentes más reflexivas y críticas (Baeten y Simons, 2014).

En el ámbito de la formación del profesorado de ciencias, esta modalidad adquiere especial relevancia cuando participan especialistas en contenido disciplinar y especialistas en didáctica. La

literatura ha destacado que este trabajo conjunto permite integrar de manera más coherente teoría y práctica, apoyando la construcción situada del conocimiento profesional docente y el desarrollo del PCK (Murphy y Martin, 2015; Dubek y Doyle-Jones, 2021). Esta modalidad permite no solo una mayor coherencia entre los marcos teóricos y las decisiones prácticas, sino también la posibilidad de hacer explícita la articulación entre los saberes disciplinares, curriculares, didácticos y pedagógicos en situaciones de enseñanza concretas. Al modelar el análisis conjunto de fenómenos de aula, la selección de representaciones, la formulación de explicaciones o la anticipación de obstáculos de aprendizaje, la co-docencia proporciona oportunidades formativas para que los futuros docentes comiencen a construir un PCK activo, relacional y situado. En esta línea, se ha planteado que la co-docencia debe entenderse como un dispositivo formativo que estructura y modela los procesos de integración de saberes y deliberación profesional que se espera que los futuros profesores desarrollen en su propia práctica (Berry et al., 2015; Weinberg et al., 2020).

La evidencia disponible muestra que estas experiencias contribuyen a fortalecer la comprensión del contenido y su enseñanza en el profesorado en formación, en tanto la interacción con otros docentes facilita la explicitación del razonamiento pedagógico y la revisión crítica de las propias concepciones sobre la enseñanza de las ciencias (Dubek y Doyle-Jones, 2021; Weinberg et al., 2020). Así, la co-docencia opera como un contexto de aprendizaje profesional donde el conocimiento docente se construye de manera colectiva, situada y progresivamente más integrada.

Casos auténticos como recurso formativo

El uso de casos auténticos en la formación docente tiene una larga tradición en el campo de la pedagogía. Su potencial radica en que permiten a los futuros docentes enfrentarse a situaciones problemáticas reales de la práctica docente, promoviendo el juicio profesional, la toma de decisiones fundamentadas y la reflexión crítica (Darling-Hammond y Snyder, 2000). A diferencia de los ejemplos abstractos o descontextualizados, los casos auténticos sitúan los dilemas en escenarios escolares concretos, lo que obliga a los futuros profesores a considerar múltiples dimensiones de la enseñanza: el contenido, las características de los estudiantes, el contexto institucional y los objetivos de aprendizaje.

En educación científica, el trabajo con casos ha sido utilizado para favorecer el desarrollo del PCK, ya que permite analizar cómo el conocimiento disciplinar se entrelaza con las decisiones de enseñanza en situaciones reales. La literatura muestra que el análisis sistemático de casos contribuye tanto al fortalecimiento del conocimiento del contenido como al desarrollo de capacidades de interpretación pedagógica y toma de decisiones didácticas en profesorado en formación (Günther et al., 2019). De manera complementaria, el uso del estudio de caso en la formación docente ha sido identificado como una vía para apoyar procesos de reflexión profesional situada, permitiendo que los futuros profesores elaboren comprensiones más integradas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Yee, 2019). Asimismo, se ha señalado que el diseño de casos en educación científica constituye una herramienta formativa relevante para acercar a los docentes en formación a la complejidad de la práctica escolar, promoviendo análisis pedagógicos informados (DeCoito y Fazio, 2016).

Estos tres elementos —el Conocimiento Pedagógico del Contenido, la co-docencia interdisciplinar y el uso de casos auténticos— se entrelazan en la experiencia formativa que aquí se presenta. En lugar de abordarse como elementos independientes, en el curso se articulan de manera intencional para ofrecer a los futuros docentes una aproximación situada, crítica e integrada al proceso de enseñar Química. La co-docencia permite que los estudiantes se involucren en un diálogo real entre el saber disciplinar y el saber didáctico, en tanto que los casos auténticos actúan como

mediadores que sitúan ese diálogo en problemas concretos de enseñanza. Esta combinación potencia la construcción del PCK al ofrecer experiencias donde los conocimientos no solo se transmiten, sino que se negocian, se tensionan y se resignifican colectivamente.

A partir de este marco, el presente artículo tiene como objetivo presentar el diseño y los fundamentos de un curso de formación inicial de profesoras y profesores de Química, centrado en el desarrollo del PCK a través de la co-docencia y el análisis de casos auténticos con alto componente disciplinar. A través de esta sistematización, se busca poner en valor una propuesta formativa consolidada, reflexionar sobre sus aportes y desafíos, y ofrecer orientaciones para quienes deseen promover una integración significativa entre saberes científicos y didácticos en la formación inicial docente en ciencias.

Desarrollo de prácticas científicas para enseñar Química

El curso *Desarrollo de prácticas científicas para enseñar Química* se implementa en una universidad chilena como parte del plan de estudios de 10 semestres de formación inicial del profesorado de Química. Tiene una duración semestral y se sitúa estratégicamente en el quinto semestre de la carrera, momento en el cual los estudiantes han cursado la mayor parte de su formación disciplinar y pedagógica, pero aún no han iniciado sus prácticas profesionales y su formación didáctica. Esta ubicación lo convierte en una instancia bisagra entre la teoría y la práctica, en la que se busca consolidar saberes previos mediante su articulación en situaciones auténticas de enseñanza. El curso es de carácter obligatorio y presencial, y cuenta regularmente con una matrícula de aproximadamente veinte estudiantes.

Diseño del curso

Los objetivos formativos del curso se orientan a fortalecer la capacidad de transformar el conocimiento químico en objetos de enseñanza, mediante la selección y representación comprensible y didácticamente significativa de conceptos, fenómenos y relaciones. En segundo lugar, se promueve la toma de decisiones pedagógicas fundamentadas, basadas en el análisis del pensamiento estudiantil, el uso de marcos conceptuales especializados y la reflexión crítica sobre la práctica. Finalmente, se espera que los participantes desarrollen la capacidad de diseñar tareas experimentales que respondan a desafíos reales de aprendizaje en Química.

Estos objetivos se vinculan estrechamente con un conjunto de prácticas docentes que el curso busca modelar explícitamente, tales como el análisis del trabajo de los estudiantes, la toma de decisiones fundamentadas y el diseño de experiencias de indagación. A través del trabajo con casos auténticos, en un contexto colaborativo y con el acompañamiento de formadores expertos, los futuros profesores tienen la oportunidad de ensayar formas incipientes de enseñanza responsiva, en un entorno seguro que favorece la reflexión, la deliberación y la construcción progresiva del juicio profesional.

El curso se estructura en torno a ciclos formativos que modelan la toma de decisiones profesionales propias de una enseñanza responsiva de las ciencias (Richards y Robertson, 2015). Este ciclo, que se itera dos o tres veces a lo largo del semestre, se estructura en etapas que simulan la práctica docente real: comienza con el análisis de las tareas propuestas y continúa con el análisis de producciones estudiantiles y el diseño fundamentado de respuestas pedagógicas apropiadas, en el sentido de que responden a las ideas, dificultades, intereses y formas de pensamiento de los estudiantes.

En los apartados siguientes, se describen en detalle las fases que componen el ciclo formativo para la enseñanza responsiva de las ciencias (Figura 1) y el tipo de trabajo que los futuros docentes realizan en cada una de ellas.



Figura 1. Ciclo formativo para la enseñanza responsiva de las ciencias.

El ciclo comienza con el análisis de la tarea experimental que da origen al caso auténtico (A). Los futuros docentes examinan la consigna, el fenómeno implicado y el contexto de aplicación, con el objetivo de comprender la intención didáctica y los supuestos que la sustentan. Esta revisión permite situar la experiencia en el marco del currículo y anticipar las oportunidades y límites que la propuesta ofrece para el logro de los objetivos de aprendizaje curriculares. Esta etapa promueve una mirada crítica sobre el diseño de tareas escolares, reconociendo que las decisiones sobre qué y cómo enseñar no son neutras, sino que configuran las posibilidades de aprendizaje. Al asumir este rol analítico desde el inicio, los estudiantes comienzan a posicionarse como profesionales capaces de evaluar y transformar la enseñanza.

El ciclo continúa con el análisis de respuestas reales de estudiantes escolares a las tareas experimentales presentadas en el caso (B). Este análisis constituye una práctica central para el desarrollo del juicio profesional docente, en tanto posiciona al futuro profesor como intérprete informado del pensamiento estudiantil. Asimismo, se inscribe en una perspectiva de enseñanza responsiva, que concibe la comprensión de las ideas del estudiantado como punto de partida para la toma de decisiones pedagógicas. La evidencia analizada no se interpreta de forma intuitiva, sino con el apoyo de marcos teóricos provenientes de la didáctica de las ciencias, que orientan la

identificación de patrones de pensamiento relevantes y permiten proyectar trayectorias posibles de progresión conceptual.

A partir de la interpretación del pensamiento estudiantil, los futuros docentes identifican aquellos aspectos del contenido que deben ser abordados para avanzar en la comprensión del fenómeno en estudio. El proceso implica seleccionar y jerarquizar conceptos o relaciones clave que constituyen focos relevantes de enseñanza, en diálogo con el conocimiento disciplinar y los marcos conceptuales de la didáctica de la Química. En esta etapa, los propósitos de aprendizaje se definen como respuestas pedagógicas fundamentadas al pensamiento de los estudiantes, en línea con el enfoque de enseñanza responsiva (C). Esto supone asumir que enseñar no es transmitir un contenido planificado con anterioridad, sino decidir —a partir de la interpretación profesional de la evidencia— qué vale la pena enseñar, cómo y con qué énfasis, para generar aprendizajes significativos.

En la siguiente etapa, los futuros docentes someten la tarea experimental original a un proceso de evaluación empírica mediante su exploración directa en el laboratorio, utilizando una aproximación indagatoria (D). Esta indagación no tiene como objetivo reproducir un protocolo, sino movilizar prácticas científicas al servicio de un análisis didáctico: valorar en qué medida el fenómeno propuesto puede facilitar u obstaculizar el logro de los aprendizajes esperados, en función del pensamiento estudiantil previamente interpretado. Además de explorar críticamente la propuesta existente, esta etapa brinda a los estudiantes la oportunidad de diseñar y poner a prueba sus propios diseños experimentales. Este proceso abre también un espacio para la reflexión epistemológica, en la medida en que permite discutir qué tipo de conocimiento se produce en la actividad experimental, cómo se valida y qué implicancias tiene su uso como recurso de enseñanza.

Con base en el análisis realizado en las etapas anteriores, los futuros docentes elaboran una nueva propuesta de tarea experimental que responda de manera más adecuada al pensamiento de los estudiantes y a los propósitos de aprendizaje definidos (E). Esta intervención implica tomar decisiones respecto al fenómeno a utilizar, el contenido a enfatizar, el contexto de la tarea, el tipo de indagación que se espera promover y los apoyos que facilitarán el trabajo de los estudiantes. Más que diseñar propuestas desde cero, el trabajo se centra en la evaluación crítica y el ajuste de propuestas didácticas preexistentes, desarrollando criterios profesionales que permitan transformarlas en experiencias coherentes con los propósitos de aprendizaje y con las ideas efectivamente expresadas por los estudiantes. Esta actividad promueve una comprensión situada del diseño instruccional, en la que cada decisión se fundamenta en el análisis del contenido, del fenómeno y del pensamiento estudiantil. Al hacerlo, los futuros docentes ejercitan una práctica reflexiva que fortalece su capacidad de construir propuestas de enseñanza responsiva ajustadas a contextos reales, con sentido disciplinar y formativo.

Implementación del curso

El curso se estructura en dos sesiones de trabajo semanales, una sesión de tres horas, y una sesión de una hora y media, durante las 16 semanas que dura el semestre. Cada ciclo formativo tiene unas 6 semanas de duración (12 sesiones). Al inicio del ciclo se propone un calendario tentativo, que propone distribuir las sesiones de la siguiente manera (Figura 2):

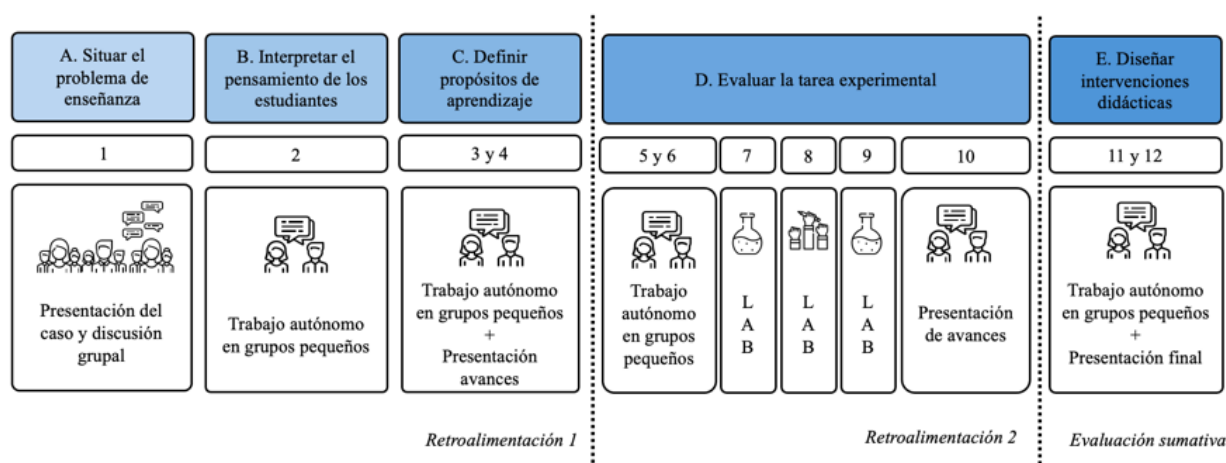


Figura 2. Calendario de trabajo del ciclo formativo.

Esta planificación tiene como propósito orientar el ritmo de trabajo esperado, aunque su aplicación es flexible, considerando los avances, dificultades e imprevistos que puedan surgir, velando por el logro de los objetivos de aprendizaje de cada etapa. Los estudiantes trabajan en grupos pequeños de tres o cuatro integrantes, con niveles crecientes de autonomía, complementados con instancias periódicas de discusión colectiva, monitoreo y retroalimentación formativa.

El curso se desarrolla bajo un modelo de co-docencia, en el que dos docentes —un especialista en Química y un especialista en Didáctica de las Ciencias— trabajan de manera complementaria, estando presentes en todas las sesiones. Cada docente asume un rol de acompañamiento especializado, monitoreando los avances de los estudiantes con mayor énfasis en su ámbito de experticia, pero en permanente diálogo interdisciplinar.

Un aspecto central del proceso de monitoreo y retroalimentación es fomentar la agencia de los futuros profesores, promoviendo que sean ellos quienes soliciten información, clarifiquen dudas y validen el trabajo que desarrollan durante todo el proceso. Esta dinámica busca fortalecer la autonomía profesional y la capacidad de toma de decisiones fundamentadas. Asimismo, el trabajo en co-docencia requiere asegurar un alineamiento constante entre los docentes, el cual se sostiene mediante criterios claros de evaluación, una comunicación fluida y el consenso en las decisiones evaluativas a lo largo de todo el curso.

Evaluación del curso

La evaluación del curso se concibe como un proceso formativo y sumativo, orientado a promover el desarrollo progresivo del PCK en los futuros docentes. Durante el desarrollo de cada ciclo formativo, los estudiantes reciben retroalimentaciones en tres momentos clave (Figura 2), asociadas a los hitos de avance definidos. Estas instancias permiten monitorear el progreso, ajustar los enfoques de trabajo y fortalecer el razonamiento pedagógico de los futuros profesores en función de la evidencia de aprendizaje estudiantil y del análisis de fenómenos disciplinares.

La evaluación final tiene carácter sumativo y se materializa a través de una entrega final que constituye una síntesis del progreso alcanzado a lo largo del proceso formativo. Los futuros docentes sistematizan en una bitácora el recorrido realizado, incluyendo los productos intermedios, los ajustes efectuados y la justificación de los cambios incorporados. El proceso de evaluación se sustenta en criterios explícitos, compartidos desde el inicio del curso, que se aplican a la bitácora y a la presentación final del trabajo. Estos incluyen criterios de evaluación de elaboración propia,

y criterios de evaluación asociados a la indagación, reportados en la literatura (Ferrés et al., 2015). La rúbrica de evaluación se estructura en tres dimensiones: (a) Evaluación de las respuestas de los estudiantes e identificación de dificultades de aprendizaje, (b) Etapas de la indagación científica, y (c) Desarrollo de la intervención didáctica. La evaluación individual de cada estudiante combina la valoración del trabajo colectivo realizado en los grupos pequeños, con la calidad y profundidad de las reflexiones desarrolladas en la presentación final del trabajo.

Finalmente, a partir de la revisión de las producciones estudiantiles y de las discusiones sostenidas durante las sesiones de retroalimentación, así como de grupos focales realizados con los estudiantes al término del curso, el equipo docente realiza una evaluación interna de la propuesta formativa, identificando fortalezas, áreas de mejora y posibles ajustes para futuras implementaciones. Esta reflexión metaevaluativa constituye un insumo esencial para la mejora continua del curso, en línea con el propósito de fortalecer de manera progresiva la formación profesional de los futuros docentes de ciencias.

Los casos como núcleo formativo

Uno de los pilares del curso es el uso de casos auténticos como dispositivos formativos orientados al desarrollo del PCK en contextos situados (Levin et al., 2009). Estos casos han sido diseñados a partir de situaciones reales de enseñanza de la Química en educación secundaria y se presentan acompañados de evidencias auténticas de aprendizaje estudiantil. Su finalidad no es ilustrativa, sino problematizadora: los casos proponen dilemas pedagógicos que deben ser abordados mediante una toma de decisiones profesional informada por el conocimiento disciplinar y didáctico.

Los casos auténticos que constituyen el eje articulador del curso provienen de experiencias reales de enseñanza, documentadas en el marco de investigaciones desarrolladas por el equipo docente. Estos casos surgen del trabajo con comunidades de práctica de profesores, cuyas clases son observadas periódicamente y en las que se recogen evidencias de aprendizaje. A partir de este corpus empírico, se seleccionan tareas abiertas que se sitúan en un contexto fenomenológico posible de explorar experimentalmente y cuyas respuestas estudiantiles evidencian una diversidad de formas de pensamiento en diálogo con el conocimiento didáctico disponible.

Aunque los casos pueden abordar distintos tópicos del currículo de Química y situarse en variados niveles escolares, su elección responde a criterios formativos. En particular, se priorizan aquellos que permiten reforzar dominios disciplinares en los que se identifican debilidades en la formación disciplinar previa, así como temáticas reconocidas en la literatura por su complejidad didáctica. De este modo, la selección no solo se orienta a representar la diversidad de situaciones de enseñanza reales, sino también a aprovecharlas como oportunidad para profundizar en el conocimiento disciplinar y en la comprensión de su enseñanza. Para ilustrar el modo en que se articulan las distintas etapas del ciclo formativo, a continuación, se presentan dos de los casos trabajados en el curso.

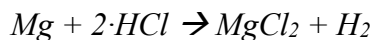
Cinética química

El primer ejemplo corresponde a una situación de enseñanza de la cinética química, aplicada a estudiantes de tercer año de educación secundaria (16-17 años). El caso propuesto plantea el siguiente problema:

La forma más eficiente de producir hidrógeno es la reacción de un metal alcalino con un ácido. Para explorar esa reacción, se introducen 25 mg de cinta de magnesio en ácido clorhídrico 0,6 mol/L y se mide el volumen de gas que se obtiene en un tubo medidor de

gases. Transcurridos 510 segundos, se comprueba que la reacción ha finalizado, ya que no se observa burbujeo. ¿De qué forma crees que se podría lograr que la reacción se complete en la mitad de tiempo?

Al aplicar esta actividad en parejas, se recogieron respuestas como la siguiente:



La reacción es de orden 1 respecto del magnesio y de orden 2 respecto del ácido clorhídrico. Para que la reacción se complete en la mitad de tiempo debemos poner más cantidad de Mg o más cantidad de HCl. En el caso del Mg, tendría que ser el doble y en el caso del HCl, como es de orden 2, cuatro veces más.

En una primera aproximación con el grupo completo, se discuten las respuestas y se identifican los errores de los estudiantes. Posteriormente, una vez conformados los grupos de trabajo, se analizan las respuestas considerando las ideas alternativas sobre cinética química reportadas en la literatura (Delgado et al., 2023). Este marco didáctico permite reconocer las ideas alternativas presentes, las ideas ausentes y aquellas sobre las que no aparece evidencia en las producciones de los estudiantes. Este constituye un primer proceso clave, ya que permite a los futuros docentes aproximarse a la interpretación del pensamiento del estudiantado, superando una lógica centrada en la evaluación de respuestas como correctas o incorrectas.

A continuación, cada uno de los grupos debe seleccionar la idea alternativa que le parece más relevante de abordar. A partir de criterios disciplinares, curriculares y didácticos esperamos que justifiquen la idea alternativa más importante de superar. En este caso, esperamos que los grupos puedan abordar la creencia de que los coeficientes estequiométricos coinciden con los órdenes de reacción, una idea alternativa ampliamente documentada en la literatura. Sin embargo, el orden de una reacción depende de su mecanismo y no necesariamente refleja la proporción estequiométrica de los reactivos.

Las estrategias didácticas que pueden desplegarse en este caso dependen en gran medida de la pertinencia de la reacción entre el magnesio y el ácido clorhídrico para abordar esta idea alternativa en particular. En este sentido, resulta didácticamente relevante establecer si, en esta reacción química, los coeficientes estequiométricos coinciden con los órdenes de reacción. Para ello, los profesores en formación deberán determinar experimentalmente el orden de reacción con respecto a cada reactivo, mediante una aproximación indagatoria. Esta actividad no solo les permite consolidar sus conocimientos sobre cinética química, sino también diseñar y llevar a cabo por primera vez un diseño experimental propio en el marco de su formación.

El trabajo de indagación se inicia con el planteamiento de una pregunta científica que los futuros docentes esperan responder. A partir de ella, identifican variables, formulan hipótesis, diseñan el experimento, lo aplican y analizan los datos obtenidos para elaborar conclusiones. Se trata de un proceso extenso, que requiere de un andamiaje constante y que permite transitar desde preguntas iniciales generales —por ejemplo: *¿Cuál es el orden de la reacción respecto del ácido clorhídrico?* — hacia formulaciones más precisas, como: *¿De qué manera influye la concentración de 20 mL de ácido clorhídrico en el tiempo de reacción, cuando este reacciona con 25 mg de cinta de magnesio en condiciones normales de presión y temperatura?* El proceso implica tomar decisiones, revisar y ajustar la propuesta hasta alcanzar un diseño experimental que permita responder adecuadamente la pregunta formulada y con ello evaluar la pertinencia didáctica de esta reacción.

A través de este trabajo, los futuros docentes exploran cómo una actividad experimental puede contribuir a cuestionar ideas previas del estudiantado y abrir espacios para la reestructuración

conceptual. Como producto final, se espera que elaboren una propuesta didáctica factible de implementar en el contexto escolar, que mantenga el carácter indagatorio de la tarea y que incorpore orientaciones pedagógicas y preguntas clave para guiar la interpretación de resultados y favorecer el aprendizaje de la cinética química desde una perspectiva disciplinar y formativamente coherente. Esta aproximación didáctica se basa en la convicción de que la superación de ideas alternativas requiere mucho más que la observación de un fenómeno discrepante; exige un trabajo sistemático de interpretación, modelización y discusión guiada con los estudiantes.

El trabajo termina con la presentación oral del trabajo al grupo y una reflexión final con el grupo completo. Al cierre del ciclo formativo, los futuros docentes reconocen que la experiencia no solo les permite profundizar en sus conocimientos sobre cinética química, sino también cuestionar sus propias ideas. Una de las estudiantes comenta: *“Al principio no vi el error en la respuesta de que los órdenes coincidían con los coeficientes estequiométricos. Recién al analizarlo con mi grupo me di cuenta de que yo también tenía esa confusión. Ahora entiendo mejor que el orden depende del mecanismo de reacción y no de la ecuación química, y eso cambia completamente cómo lo explicaría en una clase.”* Otra participante destaca el valor de la indagación como proceso formativo: *“Diseñar un experimento fue mucho más difícil de lo que creía. Nos equivocamos muchas veces, pero ahí entendí que la idea no es probar hasta que funcione: hay que entender bien el fenómeno para saber cómo hacerlo.”* Un tercer estudiante reflexiona sobre las exigencias del rol profesional: *“Me di cuenta de lo importante que es entender lo que está pensando un estudiante para poder dar una respuesta pedagógica. Aprendí mucho, pero me cuesta imaginar hacerlo solo. Siento que aún estoy lejos de poder guiar un proceso así sin apoyo.”* Estas reflexiones evidencian no solo el aprendizaje disciplinar y didáctico que emerge del trabajo, sino también una toma de conciencia sobre el carácter complejo y situado de la enseñanza responsiva.

Disoluciones

El segundo ejemplo corresponde a una situación de enseñanza sobre disoluciones, trabajada en segundo año de educación secundaria (15–16 años). El caso se inicia a partir de una conversación real registrada en una clase de Química, en la que el profesor introduce el tema a través de una pregunta contextualizada sobre alimentación y salud. A partir de una pregunta inicial —qué hacen los estudiantes para evitar resfriarse en invierno— se genera un diálogo espontáneo que deriva hacia el consumo de Vitamina C en distintos formatos. El siguiente fragmento recoge parte de esa interacción:

Sara – Mi mamá nos hace tomar un vaso de jugo de naranja gigante todas las mañanas, dice que tenemos que tomar las vitaminas. Yo le digo que prefiero jugo de manzana o de durazno, pero ella dice que no, que tiene que ser de naranja sí o sí, porque los otros jugos no tienen de esas vitaminas que sirven para el resfrío.

Connie – En mi casa también tomamos vitaminas, pero de esas que vienen en tableta. Hay que esperar muuuuucho para que deje de hacer burbujitas, y ahí te la puedes tomar.

Rodrigo – Yo también tomo de esas tabletas y le hecho mucha agua para que no tarde tanto en disolverse.

Connie – Pero si le echas mucha agua, como que queda más aguada...entonces no te hace tanto efecto, creo yo.

Rodrigo – Pero igual tiene una tableta entera...da lo mismo el agua que le pongas

Connie – Yo creo que cuanto más fuerte esté, mayor es el efecto. Por eso en mi casa le ponemos poca agua, para que haga más efecto.

En una primera aproximación, los futuros docentes analizan este diálogo, reconociendo las diversas ideas que aparecen. A los futuros docentes les llama especialmente la atención la discrepancia entre los estudiantes respecto a si el volumen de agua influye o no en el efecto de la tableta efervescente. Este punto se convierte en un desencadenante para discutir, desde la perspectiva docente, cuál sería la mejor manera de gestionar el diálogo en el aula: cómo intervenir para mantener la discusión sin validar prematuramente uno de los puntos de vista y cómo aprovechar la divergencia para favorecer el desarrollo de explicaciones más ajustadas. En este caso, se espera que los grupos trabajen sobre la idea de que *más concentración implica mayor efecto* y la distinción entre *concentración* y *cantidad*, que ha sido ampliamente documentadas en la literatura didáctica como una dificultad persistente en la enseñanza de las disoluciones (Traiman-Schroh et al., 2022).

La actividad experimental que se propone consiste en estimar el contenido de ácido ascórbico en diversos productos de consumo cotidiano (frutas, jugos naturales, bebidas comerciales o tabletas efervescentes), mediante una reacción de oxidación-reducción con yodo. Cada grupo debe diseñar un procedimiento que permita generar datos comparables entre productos y estimar el aporte relativo de Vitamina C por porción (Figura 3). Este diseño experimental implica tomar decisiones sobre el volumen de muestra, el indicador utilizado, la forma de interpretar los resultados y su vinculación con la dosis diaria recomendada. El trabajo experimental se convierte así en una oportunidad para profundizar la comprensión conceptual de las disoluciones y su cuantificación, al tiempo que promueve poner en práctica criterios de validez, confiabilidad y pertinencia didáctica.

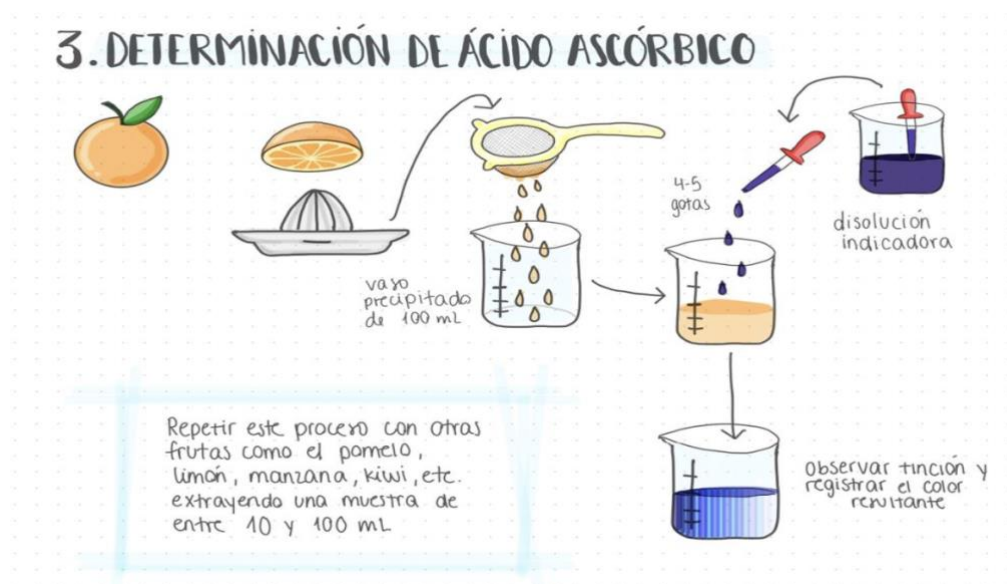


Figura 3. Diseño experimental para la determinación de ácido ascórbico.

A partir de los resultados obtenidos, los grupos elaboran una propuesta didáctica que recupera el diálogo inicial como punto de partida e incluye actividades orientadas a guiar la interpretación de los datos obtenidos. Estas propuestas buscan que el estudiantado escolar pueda distinguir entre concentración y cantidad total de soluto, comprender la relación entre sabor percibido y composición y reflexionar críticamente sobre sus hábitos de consumo en función del contenido nutricional.

El trabajo culmina nuevamente con la presentación oral de las propuestas y una instancia colectiva de reflexión. A diferencia del ciclo anterior, los futuros docentes ahora cuentan con una

experiencia previa de diseño experimental, lo que les permite comparar, evaluar sus avances y reconocer nuevas dificultades. Una de las estudiantes comenta: *“Esta vez nos costó menos organizarnos como grupo. Pudimos aplicar cosas que aprendimos antes, pero igual al principio hicimos un diseño que no servía. Eso nos ayudó a darnos cuenta de que todavía nos cuesta saber qué datos necesitamos para responder la pregunta.”* Un segundo estudiante reconoce el desafío de transferir lo aprendido al aula: *“Me siento más seguro que antes para diseñar un experimento, pero igual me doy cuenta de que hacer esto con estudiantes reales requiere mucha preparación. Lo que más me cuesta es imaginar cómo va a interpretar el estudiante los resultados y cómo guiar esa conversación.”*

Estas reflexiones evidencian la progresión en el aprendizaje profesional de los futuros docentes, no solo en relación con el dominio del contenido y las prácticas experimentales, sino también con su capacidad para anticipar y responder al pensamiento del estudiantado. La continuidad del trabajo a través de ciclos sucesivos de diseño, análisis y reflexión fortalece su comprensión de la enseñanza responsiva como una práctica compleja y esencialmente dialógica.

Valor formativo de la propuesta

Más allá de su diseño metodológico, el valor formativo de esta propuesta reside en su capacidad para generar procesos de transformación en la comprensión y el ejercicio de la práctica docente. A lo largo del curso, se observa cómo los futuros profesores de Química transitan desde una visión fragmentada del conocimiento disciplinar y pedagógico hacia formas más integradas, situadas y deliberadas de pensar la enseñanza.

Una de las transformaciones más evidentes es el uso del conocimiento didáctico como herramienta analítica para interpretar la práctica docente. Los futuros docentes comienzan a aplicar categorías conceptuales provenientes de la literatura especializada —como los obstáculos de aprendizaje, las funciones de las representaciones o las prácticas científicas escolares— para tomar decisiones pedagógicas informadas. En este proceso, la capacidad para “ver profesionalmente” la enseñanza —es decir, para atender a elementos relevantes de la práctica, interpretarlos a la luz del conocimiento profesional y responder pedagógicamente— constituye una dimensión clave del juicio docente.

Asimismo, el trabajo con casos y la experiencia de diseño experimental permiten que los futuros docentes reconfiguren su comprensión sobre las prácticas científicas escolares. En lugar de concebir el conocimiento químico como un cuerpo de contenidos a transmitir, los futuros profesores comienzan a reconocer su dimensión epistémica y su carácter construido. Esto se traduce en una mayor sensibilidad hacia la función formativa de los fenómenos, una valoración crítica de las representaciones utilizadas en las tareas, y un esfuerzo por alinear las propuestas con prácticas indagatorias auténticas.

En particular, el lugar que ocupan los casos auténticos en el curso resulta decisivo para articular estos procesos de transformación. Al trabajar de manera reiterada con situaciones reales de enseñanza acompañadas de evidencias del pensamiento estudiantil, los futuros docentes disponen de un espacio protegido para ensayar la lectura e interpretación de la práctica, sin perder de vista las restricciones y posibilidades del contexto escolar. Los casos operan así como un puente entre teoría y práctica: obligan a tomar decisiones a partir de información incompleta, a justificar opciones pedagógicas con base en marcos conceptuales y a anticipar las posibles respuestas del estudiantado. De este modo, contribuyen a que el PCK se construya en diálogo con la complejidad de la enseñanza real y no solo como un saber declarado en abstracto.

De manera complementaria, el modelo de co-docencia entre especialistas aporta beneficios formativos tanto para los futuros profesores como para el propio equipo docente. La posibilidad de recibir monitoreo y retroalimentación desde múltiples perspectivas enriquece el proceso formativo, ofreciendo dispositivos de seguimiento más personalizados. Así, el trabajo colaborativo entre docentes modela explícitamente que el conocimiento profesional se construye a través de la discusión académica y la integración crítica de saberes diversos. Desde la perspectiva del equipo docente, la experiencia de co-docencia también constituye una fuente de aprendizaje profesional. Pensar conjuntamente sobre la enseñanza ofrece oportunidades valiosas para conocer otras visiones y enriquecer la práctica formativa. Al mismo tiempo, el diálogo interdisciplinario revela de manera auténtica la riqueza del quehacer universitario, reconociendo que los conflictos —resueltos o no— revelan la complejidad inherente a los procesos educativos y formativos.

Finalmente, cabe destacar que el curso contribuye a la formación de un estilo de pensamiento profesional, que articula conocimiento teórico, análisis situado y capacidad de acción transformadora. La propuesta formativa se estructura en torno a la interacción dinámica entre tres componentes: el Conocimiento Pedagógico del Contenido, la co-docencia interdisciplinar y el uso de casos auténticos (Figura 4).

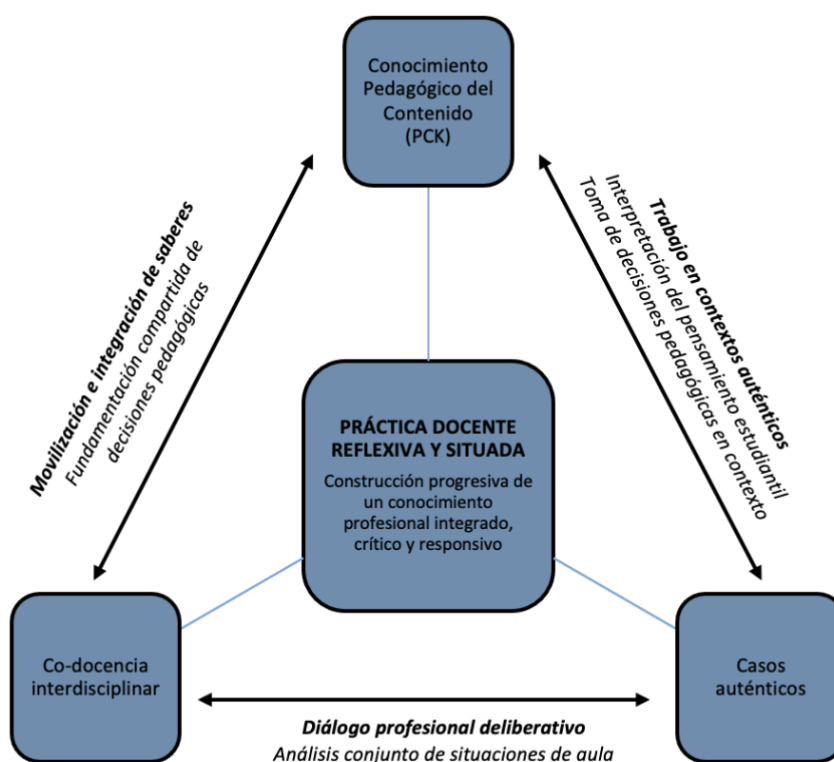


Figura 4. Articulación entre PCK, co-docencia y casos auténticos en el desarrollo del conocimiento profesional docente en la formación inicial del profesorado de ciencias.

Cada uno de estos componentes aporta una perspectiva específica sobre la enseñanza de la Química; sin embargo, su potencial formativo se despliega plenamente en la articulación entre los tres. Esta interacción favorece procesos de análisis situado, deliberación profesional y reflexión crítica sobre la práctica, contribuyendo a la construcción de un conocimiento docente integrado y progresivamente más sofisticado. La relación entre estos componentes no es secuencial, sino recursiva: cada ciclo de análisis, diseño y reflexión reconfigura el PCK personal de los futuros

docentes, reforzando la comprensión de la enseñanza como una práctica profesional situada. En definitiva, se trata de una propuesta orientada al desarrollo de un PCK activo, relacional y en permanente construcción, estrechamente vinculado con las condiciones reales de la enseñanza y el aprendizaje de la Química escolar.

Conclusiones

La propuesta formativa presentada en este artículo se enmarca en una preocupación central de la formación inicial del profesorado de ciencias: cómo generar experiencias que permitan a los futuros docentes integrar saberes disciplinares y didácticos en la enseñanza de contenidos específicos. Frente a modelos de formación fragmentados o excesivamente prescriptivos, esta experiencia se configura como una alternativa situada, deliberativa y profesionalizante, en la que se recrean las condiciones reales y complejas del ejercicio docente en el aula de ciencias.

Desde una perspectiva teórica, la propuesta contribuye al desarrollo del PCK como saber profesional en construcción. Al situar a los futuros docentes en un ciclo formativo que implica analizar evidencia, diseñar tareas, implementarlas, interpretarlas y revisarlas, se activa un proceso progresivo de articulación y reconstrucción del PCK en contextos auténticos. Esta activación se ve reforzada por la estructura dialógica de la co-docencia, que modela la deliberación profesional propia de una enseñanza fundamentada. En este sentido, el curso no solo promueve el aprendizaje de herramientas o enfoques didácticos, sino que permite la apropiación de formas de razonamiento pedagógico propias de una enseñanza atenta, adaptativa y sensible al aprendizaje de los estudiantes.

Como toda propuesta, esta experiencia también presenta limitaciones y desafíos. En primer lugar, aunque el análisis presentado se apoya en registros cualitativos y testimonios estudiantiles, no se ha sistematizado aún de manera rigurosa su impacto en las prácticas de enseñanza que los futuros docentes despliegan al egresar. Este aspecto constituye una línea de investigación pendiente, orientada a explorar cómo estas experiencias formativas inciden en la construcción del conocimiento profesional docente en contextos escolares concretos.

En segundo lugar, la propuesta requiere ciertas condiciones institucionales que no siempre están garantizadas, como la posibilidad de co-docencia, una matrícula acotada y espacios protegidos para la planificación conjunta. Estas condiciones, que han sido claves para el desarrollo sostenido de esta experiencia, podrían dificultar su escalamiento o réplica en otros contextos universitarios. En este sentido, es fundamental reflexionar sobre cuáles son los principios que podrían mantenerse incluso en formatos menos intensivos, sin perder el sentido formativo de la propuesta. Asimismo, el diseño de casos y su integración con fenómenos químicos pertinentes requiere experticia disciplinar y didáctica, junto a una reflexión continua sobre su adecuación al contexto escolar. No obstante, los beneficios formativos observados a lo largo de los años indican que este modelo tiene un alto potencial de transferencia y adaptación, especialmente en programas de formación docente que busquen integrar teoría, práctica y reflexión desde una perspectiva profesionalizante.

En suma, este artículo presenta una propuesta formativa que busca ir más allá del aprendizaje de estrategias didácticas puntuales, con el objetivo de contribuir a la formación de docentes de ciencias capaces de pensar profesionalmente su enseñanza. Se espera que su sistematización pueda constituir un insumo útil para el desarrollo de otras iniciativas que, desde sus propias condiciones institucionales, compartan el propósito de fortalecer el saber profesional docente en ciencias mediante una lógica de integración, deliberación y compromiso con el aprendizaje de los estudiantes.

Declaración de autoría

A.M.: conceptualización, curación de datos, investigación, metodología, supervisión y redacción del borrador original.
V.D.: conceptualización, curación de datos, investigación, recursos, supervisión y revisión y edición del borrador original.

Declaración responsable de uso de herramientas de Inteligencia Artificial

En la elaboración de este manuscrito se ha usado ChatGPT para reescribir, reformular y/o parafrasear algunos fragmentos del texto con el propósito de lograr una mayor claridad expositiva, coherencia argumentativa y adecuación al registro lingüístico propio de la escritura académica en español.

Referencias bibliográficas

- Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416.
<https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Bacharach, N., Heck, T. y Dahlberg, K. (2010). Changing the face of student teaching through co-teaching. *Action in Teacher Education*, 32(1), 3–14.
<https://doi.org/10.1080/01626620.2010.10463538>
- Baeten, M. y Simons, M. (2014). Student teachers' team teaching: Models, effects, and conditions for implementation. *Teaching and Teacher Education*, 41, 92–110.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.03.010>
- Behling, F., Förtsch, C. y Neuhaus, B. J. (2022). The refined consensus model of pedagogical content knowledge (PCK): Detecting filters between the realms of PCK. *Education Sciences*, 12(9), Article 592. <https://doi.org/10.3390/educsci12090592>
- Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (Eds.). (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. Routledge.
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Roetvelt, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., Park, S., Rollnick, M., Sickel, A., Schneider, R., Kjung, J., Van Driel, J. y Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. En A. Berry, P. Friedrichsen y J. Loughran (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77–94). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_5
- Darling-Hammond, L. y Snyder, J. (2000). Authentic assessment of teaching in context. *Teaching and Teacher Education*, 16(5–6), 523–545. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(00\)00015-9](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(00)00015-9)
- DeCoito, I. y Fazio, X. (2016). Developing case studies in teacher education: Spotlighting socioscientific issues. *Innovations in Science Teacher Education*, 2(1).
- Delgado, V., Marzabal, A. y Moreno, J. (2023). Las ideas alternativas de los estudiantes sobre la cinética de las reacciones químicas. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (111), 26–31.
- Dubek, M. y Doyle-Jones, C. (2021). Faculty co-teaching with their teacher candidates in the field: Co-planning, co-instructing, and co-reflecting for STEM education teacher preparation. *The Teacher Educator*, 56(4), 445–465. <https://doi.org/10.1080/08878730.2021.1909652>

- Ferrés, C., Marbà, A. y Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: Instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22–37.
- Friedrichsen, P., Van Driel, J. H. y Abell, S. K. (2009). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 93(4), 358–376. <https://doi.org/10.1002/sce.20303>
- Friend, M. y Cook, L. (2010). *Interactions: Collaboration skills for school professionals*. Pearson.
- Günther, S. L., Fleige, J., zu Belzen, A. U. y Krüger, D. (2019). Using the case method to foster preservice biology teachers' content knowledge and pedagogical content knowledge related to models and modeling. *Journal of Science Teacher Education*, 30(4), 321–343. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1560208>
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. En A. Berry, P. Friedrichsen y J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28–42). Routledge.
- Justi, R. y Van Driel, J. (2005). A case study of the development of a beginning chemistry teacher's knowledge about models and modelling. *Research in Science Education*, 35, 197–219. <https://doi.org/10.1007/s11165-004-7583-z>
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169–204. <https://doi.org/10.1080/03057260903142285>
- Kind, V. y Chan, K. K. (2019). Resolving the amalgam: Connecting pedagogical content knowledge, content knowledge and pedagogical knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 964–978. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1584931>
- Levin, D., Hammer, D. y Coffey, J. E. (2009). Novice teachers' attention to student thinking. *Journal of Teacher Education*, 60(2), 142–154. <https://doi.org/10.1177/0022487108330245>
- Loughran, J. (2019). Pedagogical reasoning: The foundation of the professional knowledge of teaching. *Teachers and Teaching*, 25(5), 523–535. <https://doi.org/10.1080/13540602.2019.1633294>
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95–132). Springer.
- Marzabal, A., Moreira, P., Delgado, V., Moreno, J. y Contreras, R. (2016). Hacia la integración del conocimiento disciplinar y pedagógico: Desarrollando el conocimiento pedagógico del contenido en la formación inicial de profesores de química. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 42(4), 243–260.
- Murphy, C. y Martin, S. N. (2015). Coteaching in teacher education: Research and practice. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 43(4), 277–280. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2015.1066807>
- Park, S. y Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of PCK: Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941. <https://doi.org/10.1002/tea.21022>

- Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Richards, J. y Robertson, A. D. (2015). *A review of the research on responsive teaching in science and mathematics*. Taylor & Francis.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Traiman-Schroh, N., Raviolo, A. y Farré, A. (2022). Dificultades en el aprendizaje del concepto concentración: Una metasíntesis. *Educación Química*, 33(3), 127–138. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81066>
- Van Driel, J. H., Hume, A. y Berry, A. (2023). Research on science teacher knowledge and its development. En *Handbook of research on science education* (pp. 1123–1161). Routledge.
- Vázquez-Bernal, B., Mellado, V. y Jiménez-Pérez, R. (2022). The long road to shared PCK: A science teacher's personal journey. *Research in Science Education*, 52(6), 1807–1828. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10005-1>
- Weinberg, A. E., Sebald, A., Stevenson, C. A. y Wakefield, W. (2020). Toward conceptual clarity: A scoping review of coteaching in teacher education. *The Teacher Educator*, 55(2), 190–213. <https://doi.org/10.1080/08878730.2019.1657214>
- Yee, S. F. (2019). *A phenomenological inquiry into science teachers' case method learning*. Springer.