



Caracterización de cambios didácticos en la práctica docente universitaria de química organometálica

- Characterization of Didactic Changes in University Teaching Practice of Organometallic Chemistry
- Caracterização das mudanças didáticas na prática docente no Ensino Superior de química organometálica

Formas de citar este artículo:

Cárdenas-Acero, A., Mosquera, C. J. y Baquero, E. A. (2025). Caracterización de cambios didácticos en la práctica docente universitaria de química organometálica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 234 - 255. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-18968>

Resumen

En este trabajo se presenta el primer estudio de la caracterización de los cambios didácticos en la práctica docente de un profesor universitario de química organometálica, en relación con la inclusión de la naturaleza de la ciencia en su quehacer educativo y su conocimiento didáctico del contenido. Para ello, se adoptó un enfoque multiparadigmático y plurimetodológico y se llevó a cabo un proceso de reflexión con el docente a lo largo de un año académico, a través de espacios de discusión conjunta. La implementación de otros instrumentos de recolección de datos, como entrevistas y observaciones de clase, complementó la información recolectada en las sesiones de trabajo. Debido a la emergencia provocada por el COVID-19, la intervención se llevó a cabo de manera virtual. Los datos obtenidos fueron analizados en términos de las categorías de trabajo propuestas. Entre los resultados, se destaca la comprensión de la reflexión de la práctica como un proceso esencial en el quehacer docente (actitudinal), la aparición de formas alternativas de explicación (procedimental), y el reconocimiento de la importancia de abordar el conocimiento histórico dentro del aula (conceptual). Sin embargo, a pesar del proceso implementado, el profesor no mostró interés en las posturas de la filosofía de la ciencia, lo cual concuerda con trabajos anteriores.

Palabras clave

cambio didáctico; conocimiento didáctico del contenido; naturaleza de las ciencias; química organometálica; educación universitaria

Alexander Cárdenas-Acero* 
Carlos J. Mosquera** 
Edwin A. Baquero*** 

* Magíster en Educación. Grupo Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. alecardenasace@unal.edu.co

** Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Grupo DIDAQUIM, Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. cmosquera@udistrital.edu.co

*** Doctor en Química Inorgánica Molecular. Grupo Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. eabaquero@unal.edu.co

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 28/03/2023
Fecha de aprobación: 15/04/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

This work presents the first study characterizing didactic changes in the teaching practice of a university professor of organometallic chemistry, focusing on the inclusion of the nature of science in their educational approach and their pedagogical content knowledge. A multi-paradigmatic and pluri-methodological approach was adopted, involving a year-long reflective process with the professor through joint discussion sessions. Additional data were collected using interviews and classroom observations, which complemented the information gathered during the work sessions. Due to the COVID-19 emergency, the intervention was carried out virtually. The collected data were analyzed according to the proposed work categories. The results highlighted the understanding of reflection on practice as an essential process in teaching (attitudinal), the emergence of alternative explanatory forms (procedural), and the recognition of the importance of addressing historical knowledge in the classroom (conceptual). However, despite the implemented process, the professor showed no interest in philosophy of science, which is consistent with previous studies.

Keywords

didactic changes; pedagogical content knowledge; nature of science; organometallic chemistry; undergraduate education

Resumo

Este trabalho apresenta o primeiro estudo sobre a caracterização das mudanças didáticas na prática docente de um professor universitário de química organometálica, em relação à inclusão da natureza da ciência em sua abordagem educacional e em seu conhecimento pedagógico do conteúdo. Adotou-se uma abordagem multi-paradigmática e pluri-metodológica, envolvendo um processo de reflexão com o professor ao longo de um ano letivo, através de sessões de discussão conjunta. Dados adicionais foram coletados por meio de entrevistas e observações de sala de aula, complementando as informações obtidas nas sessões de trabalho. Devido à emergência causada pela COVID-19, a intervenção foi realizada virtualmente. Os dados coletados foram analisados de acordo com as categorias de trabalho propostas. Entre os resultados, destacou-se a compreensão da reflexão sobre a prática como um processo essencial no ensino (atitudinal), o surgimento de formas alternativas de explicação (procedimental) e o reconhecimento da importância de abordar o conhecimento histórico em sala de aula (conceitual). No entanto, apesar do processo implementado, o professor não mostrou interesse nas posturas da filosofia da ciência, o que é consistente com estudos anteriores.

Palavras-chave

alterações didáticas; conhecimento pedagógico do conteúdo; natureza da ciência; química organometálica; educação universitária

Introducción

En las últimas décadas, la enseñanza de las ciencias ha sido objeto de renovación y reconstrucción constante, pues se ha orientado a partir de una serie de esquemas epistemológicos que permiten la reestructuración del currículo en función de la comprensión de las teorías científicas (Marzábal *et al.*, 2015; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). Al pensar de esta manera, es posible salir de esa carrera continua de cubrir un tema antes que aprenderlo, dejar atrás procesos memorísticos y comprender que la ciencia que se quiere enseñar no es una ciencia de desarrollos sorprendentes, sino de construcción conjunta (Couló, 2018). Esto implica su valoración y uso como un sistema cultural (Arias-Monge y Navarro-Camacho, 2017). Lo anterior trae consigo la generación de cambios didácticos (Mosquera-Suárez, 2016) que conllevan a la transformación radical de la práctica docente de los profesores que piensan su quehacer educativo desde dicha perspectiva.

Ahora bien, aunque se han desarrollado investigaciones relacionadas con estos temas en primaria y secundaria (Porlán-Ariza, 2018; Rivero *et al.*, 2017), pareciera que la práctica docente a nivel universitario ha quedado olvidada. Bien lo afirma Campanario (2002) al decir que, “sin duda, sabemos muy poco sobre los profesores universitarios de ciencias y por tanto necesitamos investigar y aprender más sobre ellos, sobre sus concepciones y hábitos docentes, sobre sus actitudes y motivaciones y sobre sus estrategias de enseñanza” (p. 316). De allí que sea esencial el desarrollo de trabajos investigativos a este nivel, pues se rompe con esa idea de que para ser profesor es suficiente con tener conocimientos sobre la materia, experiencia, sentido común y cualidades personales innatas (Melo-Niño *et al.*, 2016) y se logra suscitar una preocupación en

los docentes por la forma en la que conciben la educación, la relación de la ciencia con el contexto, los conocimientos que poseen y las actitudes que presentan frente al hecho educativo.

Esto sucede aún más en carreras como la química, en donde la formación permanente del profesorado universitario es poca, pues se cree que la excelencia en la investigación disciplinar es directamente proporcional a la calidad docente. Cabe decir que esta falta de formación continua genera que la enseñanza de la química a este nivel caiga en la rutinización, el facilismo de la práctica y una actividad docente unidireccional (Casasola-Rivera, 2020; Díaz-Barriga, 2021). De allí que aún hoy se manejen esquemas tradicionales de enseñanza, en los cuales la cátedra y la transmisión verbal son pilares esenciales del proceso de enseñanza y de aprendizaje. Desde esta perspectiva, uno de los campos que requiere mayor atención en la actualidad es la química organometálica, una rama de la química que muchas veces se relega a un simple tema dentro del currículo de química inorgánica en diversas instituciones universitarias (Reisner *et al.*, 2012), puesto que no se le reconoce su importancia dentro de la formación profesional de químicos.

Por esto, en el presente artículo se reportan los resultados obtenidos a partir de la investigación realizada, cuyo objetivo general era caracterizar los cambios en la práctica docente de un profesor universitario de química, mediados por el conocimiento didáctico del contenido (CDC), mediante la incorporación de la naturaleza de las ciencias (NdC) en la enseñanza de la química organometálica. Para ello, se identificaron las características generales del CDC de un docente de química organometálica, se plantearon estrategias metodológicas para la generación de cambios didácticos en el aula y se determinó el

impacto de la incorporación de la NdC en la práctica docente del profesor. A continuación, se presentan los antecedentes teóricos, el enfoque metodológico, la discusión de resultados y las conclusiones correspondientes.

Antecedentes

En el marco de la investigación desarrollada, se llevó a cabo un proceso de revisión de antecedentes previo a la intervención realizada. Dicha revisión demostró dos cosas. Por un lado, existen algunos trabajos con profesores en formación a nivel universitario (Candela-Rodríguez, 2016; Mora-Penagos y Parga-Lozano, 2008; Reyes-Roncancio, 2016; Salica *et al.*, 2020). Sin embargo, las investigaciones en educación superior relacionadas con profesores que no son formadores de formadores (Mosquera-Suárez, 2008), es decir, profesores cuya misión es formar profesionales en diversas disciplinas no enfocadas hacia la educación, no son comunes. Esto hace relevante el trabajo realizado, en la medida en que se enfoca en el estudio de un grupo poblacional poco estudiado. Por otro lado, son únicamente siete (figura 1) los autores que abordan la enseñanza de la química organometálica en sus investigaciones, y, en su mayoría, están enfocados en la metodología y el currículo de la enseñanza dentro del aula.

Figura 1. Resumen de los trabajos investigativos relacionados con la enseñanza de la química organometálica



Fuente: elaborado a partir de Duncan y Johnson (2007), Ellis (1976), Hathaway (1979), Miessler y Spessard (1991), Reisner *et al.* (2012), Sanabria y Yepes (2019), Schaller *et al.* (2015).

Lo que es aún más importante es que no se encontró información alguna relacionada con la identificación del CDC de profesores de esta área. Esto subraya la relevancia de un trabajo investigativo como el que se presenta, en la medida en que genera la construcción de conocimiento a nivel universitario en una rama en la que poco se ha reflexionado. Más aún si se habla de la integración de la NdC en la práctica docente y el currículo de la asignatura (Green *et al.*, 2021), ya que no existen trabajos en torno a dicha articulación dentro de la materia a abordar.

Marco teórico

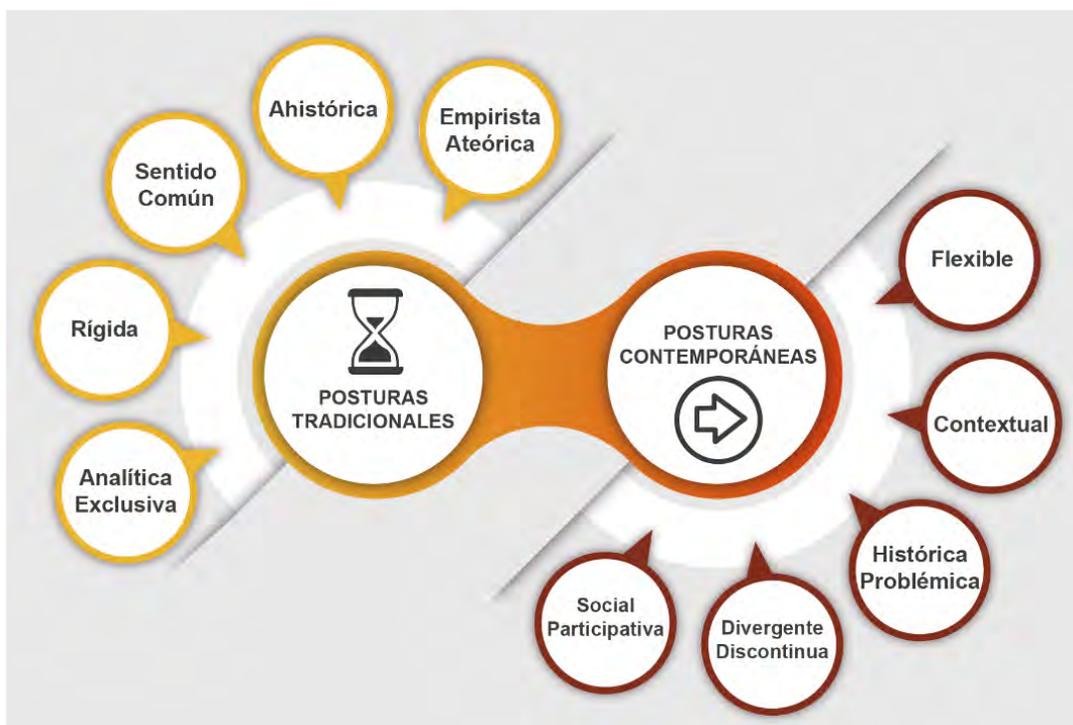
Epistemología docente

Recientemente, la investigación educativa ha centrado su atención en la Didáctica de las Ciencias como un cuerpo de conocimiento que abarca desde teorías del aprendizaje de las ciencias hasta estrategias para su enseñanza (Álvarez-Herrero y Valls-Bautista, 2019; Kelly y Licona, 2018). En este sentido, esta disciplina ha conseguido un lugar de reconocimiento en terrenos académicos, donde surge la necesidad de pensar y actuar a partir de la posibilidad de lograr un constructo de alfabetización científico-tecnológica (Neira-Morales, 2021). Una de las líneas de investigación más populares en este campo es la del diseño de propuestas de formación del profesorado (Lorenzo *et al.*, 2018; Parga-Lozano, 2016),

especialmente porque existe una preocupación latente por generar procesos de innovación didáctica y reflexión educativa que partan de la generación de cambios significativos dentro de la práctica docente.

Se hace esencial, entonces, abordar formas de modificar la epistemología espontánea (Vargas y Acuña, 2020) o de sentido común (Ademar-Ferreira y Rúa, 2017; Furió y Furió, 2000) que caracteriza a los docentes, con el fin de generar mejores comprensiones sobre la forma de abordar el conocimiento científico en favor de su enseñanza. Lo que se busca es consolidar una epistemología docente robusta, innovadora y reflexiva, caracterizada por aspectos conceptuales, actitudinales y procedimentales (Mosquera-Suárez, 2008), que superen las posturas tradicionales sobre la enseñanza de la ciencia (figura 2).

Figura 2. Algunas posturas epistemológicas tradicionales y contemporáneas del docente



Fuente: elaboración propia.

Cambios didácticos

Una vez identificadas esas visiones educativas espontáneas de los profesores, es posible conocer el punto de partida para la generación de cambios didácticos que permitan la consolidación de “transformaciones significativas en las concepciones y prácticas de los profesores de ciencias [que] contribuyen a vivenciar y fundamentar en los estudiantes formas alternativas de pensar, sentir y actuar” (Mosquera-Suárez, 2016, p. 32). Cabe decir que un cambio didáctico es considerado como un proceso complejo, en el que intervienen diversos factores y que es obstaculizado por ciertas visiones epistemológicas (Piza-Hernández y Reyes-Roncancio, 2016), como se mencionó anteriormente. Desde esta postura, el cambio didáctico trasciende los aspectos puramente metodológicos y se instala en el campo de los saberes, concepciones, conocimientos, actitudes y conductas en el aula de los profesores. Esto concuerda con los postulados de Mosquera-Suárez *et al.* (2021), quien propone que estos cambios deben afectar tanto aspectos conceptuales como metodológicos y actitudinales.

Este proceso de transformación personal que el docente vive en diversas dimensiones de su ser no implica necesariamente el abandono de modelos tradicionales en los que ha inscrito su práctica por tanto tiempo (Martín-Ortega, 2000), sino que representa más bien adquisiciones o retenciones parciales (Navas, 2020). En otras palabras, los cambios pueden ser considerados como una articulación de las nuevas reflexiones o la integración de nuevos aprendizajes en su práctica (Berríos-Molina, 2019), con el fin de generar transformaciones importantes, aunque no necesariamente gigantes, en diversas áreas de su quehacer educativo. De allí que el proceso de cambio sea complejo, pues

los profesores no cambian fácilmente sus concepciones, y menos aún sus prácticas docentes. Unas veces porque se muestran satisfechos con unos planteamientos didácticos consolidados por la experiencia profesional, otras porque en el sistema educativo y en el propio profesorado existen condicionantes que refuerzan los modelos tradicionales y suponen obstáculos para el cambio didáctico. (Mellado-Jiménez, 2001, p. 21)

Conocimiento didáctico del contenido (CDC)

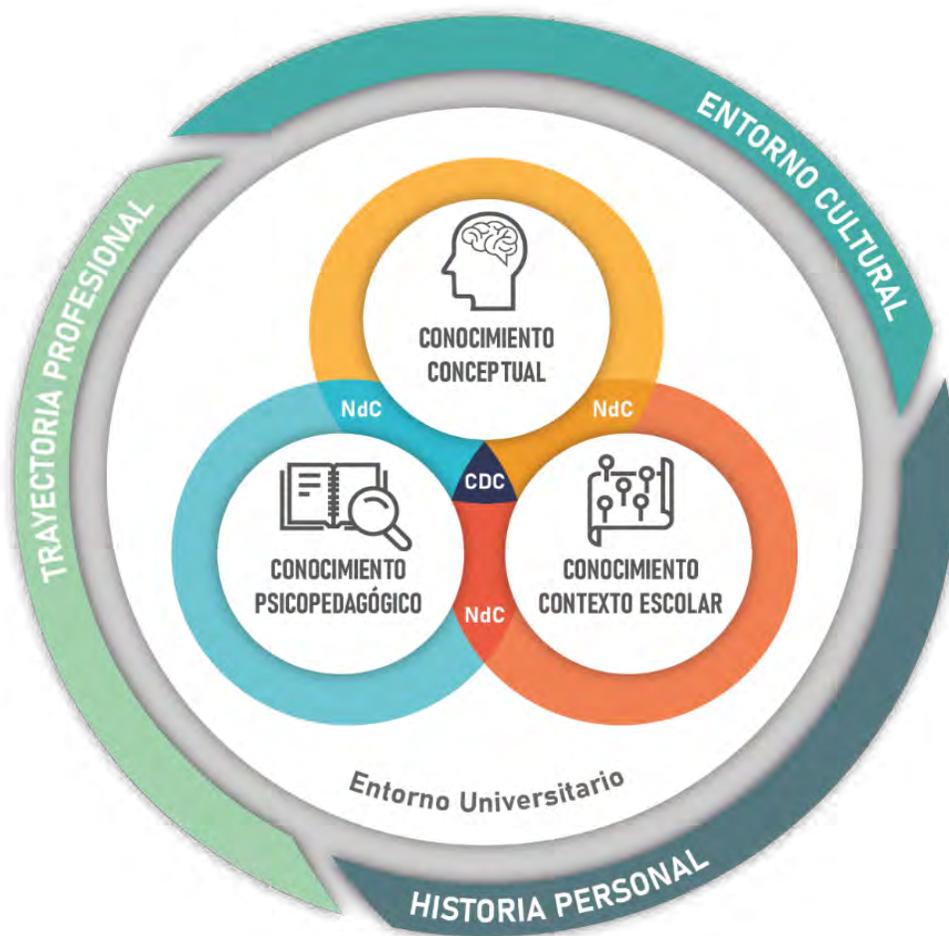
A la hora de consolidar la generación de cambios didácticos en la práctica pedagógica de profesores universitarios de química, es fundamental considerar las formas a través de las cuales el docente aborda el acto educativo (Ibáñez y Villasana, 2020; Shulman, 2015). Esta postura reafirma la idea de que hoy en día no es suficiente con conocer la materia para saber enseñarla (Tourrián-López, 2020), lo que implica que el docente requiere no solo un conocimiento disciplinar, sino también habilidades pedagógicas para desempeñar su labor social (Vázquez-Bernal *et al.*, 2019). Esto permite comprender que existe un conocimiento propio de los profesores, epistemológicamente ubicado en una perspectiva praxeoló-

gica y reflexiva (Reyes-Roncancio, 2016), que es fuente de construcción y reconstrucción permanente, capaz de resignificar la propia práctica cuando se consideran perspectivas de cambio.

Enmarcado en esta línea, el conocimiento didáctico del contenido (CDC) centra su atención en la necesidad de estudiar la cognición del profesor (Vázquez-Bernal *et al.*, 2019): cómo conoce y enseña lo que sabe. En otras palabras, el CDC del profesor incluye los temas más comúnmente enseñados, las formas más efectivas de representar estas ideas, las

mejores analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones que facilitan una mejor comprensión del conocimiento propio de una disciplina (Salica *et al.*, 2020). Respecto a sus componentes, existen diversas posturas (Escudero-Ávila y Yáñez, 2020; Melo *et al.*, 2018). Sin embargo, la propuesta investigativa plantea un modelo que articula tres componentes característicos del CDC con la naturaleza de las ciencias (NdC), mostrando sus interacciones para la generación de cambios didácticos en la práctica del profesor de química organometálica (figura 3).

Figura 3. Componentes del CDC y su relación con la NdC en la propuesta presentada



Fuente: elaboración propia.

Naturaleza de las ciencias (NdC)

Uno de los enfoques más destacados en el campo de la didáctica de la ciencia es la implementación de la naturaleza de las ciencias (NdC) en el aula, entendida como un conjunto de conocimientos sobre la historia, la filosofía y la epistemología de la ciencia, que permiten articular el conocimiento didáctico del contenido (CDC) del docente dentro de la práctica cotidiana (Dagher y Erduran, 2016). En términos formales, autores como Cabrera (2021) la definen como un metacognoscimiento sobre la ciencia que surge de reflexiones interdisciplinarias sobre las características de la indagación científica. Desde esta perspectiva, los diversos contenidos de la NdC contribuyen a la construcción de teorías científicas para la enseñanza de las ciencias (Calagua-Mendoza, 2018), integrando preguntas sobre el conocimiento, convenciones lingüísticas y validación de saberes que desempeñan un papel fundamental en la práctica docente.

Metodología

La propuesta metodológica de la investigación se basa en un enfoque multiparadigmático y plurimetodológico, siguiendo el ejemplo de investigaciones similares (Fonseca, 2018). Se enmarca en una dialéctica entre paradigmas interpretativos (Hernández-Sampieri *et al.*, 2006; Vasilachis de Gialdino, 2006) y sociocríticos (Denzin y Lincoln, 2012), lo que facilita un análisis profundo de la práctica del profesor asociado para lograr transformaciones en la realidad educativa. Además, se emplea el estudio de caso como metodología principal (Stake, 2015), que permite una comprensión exhaustiva de un fenómeno desde múltiples perspectivas (Creswell y Poth, 2018). Esta metodología se complementa con la investigación participativa dialógica (Ferrada *et al.*, 2014), una propuesta chilena que, desde las epistemologías del sur, fomenta la creación de una comunidad donde el diálogo y la participación son centrales en un proceso investigativo transformador.

Figura 4. Fases de trabajo durante la investigación realizada



Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo una investigación de este nivel, se propuso la implementación de un programa de formación estructurado en tres fases de trabajo (figura 4). Estas fases están diseñadas para comprender la configuración del conocimiento didáctico del contenido (CDC) del docente (Fonseca, 2018) y su relación con la naturaleza de las ciencias (NdC) (Green *et al.*, 2021), permitiendo identificar los cambios didácticos que se manifiesten (Mosquera-Suárez, 2016) en tres niveles específicos: conceptuales, actitudinales y procedimentales.

En este contexto, se han organizado categorías, subcategorías y dimensiones orientadoras de la investigación, como se describe en la figura 5. Es importante mencionar que este programa de formación se llevó a cabo a lo largo de un año (2020) con un docente universitario de química organometálica en ejercicio, quien no posee formación académica en educación o pedagogía, y está vinculado a la Universidad Nacional de Colombia desde el año 2017. Además, para facilitar la estructura del texto, se utiliza el término *intervención* para referirse a las tres fases mencionadas en la figura 4.

Figura 5. Categorías, subcategorías y dimensiones orientadoras del proyecto investigativo



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los instrumentos de recolección de información, estos fueron seleccionados de acuerdo con las fases establecidas en el programa de formación (figura 4). En este sentido, se utilizó una representación de contenido (ReCo) basada en trabajos previos (Candela-Rodríguez, 2016; Loughran *et al.*, 2004) y se llevó a cabo la observación de las

actividades prácticas docentes a lo largo de un año académico utilizando protocolos de observación (Creswell y Poth, 2018) durante la primera fase. Para la segunda fase, se tomaron en consideración las observaciones realizadas y se llevaron a cabo doce (12) sesiones de diálogo. Dentro de cada sesión se abordaron temas relacionados con las categorías de

investigación y una serie de lecturas elaboradas por el investigador. Estas sesiones fueron grabadas y posteriormente transcritas. Para la fase de cierre, se implementó una encuesta tipo Likert ($\alpha_{\text{Cronbach}} = 0,70$) basada en investigaciones anteriores (Mosquera-Suárez, 2016). Todos estos instrumentos (formatos, preguntas, afirmaciones) fueron validados por un profesor de la Universidad de Caldas (Colombia) experto en el tema. Es importante señalar que, debido a la emergencia sanitaria causada por el COVID-19, tanto los instrumentos mencionados como el desarrollo de la intervención con el profesor se realizaron de manera virtual.

El análisis de datos, realizado en el primer semestre del año 2021, consistió en la transcripción y organización de los 66 documentos obtenidos durante la recolección (Creswell y Poth, 2018). Aunque se llevó a cabo este análisis según las categorías y dimensiones planteadas, se dejó espacio para la aparición de dimensiones emergentes (Domingo-Coscollola *et al.*, 2020) que surgieron de la experiencia propia de la intervención llevada a cabo con el profesor universitario. Para fortalecer la interpretación realizada, se utilizó el programa Atlas.ti® 8.4.23. La categorización se realizó de manera deductiva a la luz de la fundamentación teórica desarrollada. En ese sentido, se consideraron seis grupos de códigos (CDC, innovación didáctica, reflexión docente, conocimiento histórico, interpretación filosófica, dimensiones emergentes) analizados desde diversos aspectos, siguiendo el ejemplo de investigaciones previas (Uribe-Pérez, 2020). Entre estos aspectos se incluyen la revisión de memos, la recodificación de datos, las relaciones entre códigos y el uso de tablas de co-conurrencias. Todos estos análisis fueron validados mediante revisión por pares y participantes que formaron parte del trabajo investigativo.

Resultados y análisis

Dado que la intervención con el profesor se desarrolló en tres fases de trabajo (figura 4), fue posible evidenciar la evolución de los cambios didácticos en su práctica educativa mediante la comparación entre su estado inicial, la transición durante la intervención y las conclusiones a las que llegó de manera autónoma al final del proceso. La discusión presentada a continuación se fundamenta en estas fases.

Fase de alistamiento: una revisión de la realidad del profesor

El análisis de diversas categorías y dimensiones (figura 5) permitió mostrar, desde un panorama inicial, el CDC del profesor asociado. Se encontró que este centraba sus clases en la transmisión de conceptos teóricos y experimentales de la asignatura. Era un docente preocupado por el aprendizaje de sus estudiantes y se esforzaba por transformar su metodología dentro del aula. Sin embargo, mantenía una concepción tradicional de la evaluación, considerándola mayormente sumativa, lo cual contrastaba con lo expresado en sus clases y sesiones

de trabajo. En cuanto a su actitud, mostraba cierto pesimismo hacia el aprendizaje de los estudiantes y cierta frustración con el proceso de enseñanza. A pesar de ello, demostraba un fuerte deseo por implementar cambios y transformaciones en su enseñanza.

En relación con la NdC, mostraba un marcado interés por la historia de la química organometálica. Anteriormente, tenía una comprensión limitada de cómo la historia o la filosofía de su disciplina podrían contribuir a su enseñanza. Aunque abordaba algunos temas en el aula, se enfocaba más en aspectos anecdóticos o relacionados con la experimentación. Para él, la historia servía principalmente como estrategia de contextualización más que como conocimiento que pudiera integrar el proceso educativo en sí mismo. Además, no había explorado ideas sobre la filosofía de la ciencia ni reflexionado

filosóficamente sobre su disciplina, posiblemente debido a la falta de formación o interés en estos temas.

Para completar la caracterización del CDC del profesor durante esta fase, pueden mencionarse otros aspectos que complementan el análisis presentado. En sus clases sobre química organometálica, destacaba su enfoque en la experimentación, reflejando así su comprensión de la relación entre teoría y práctica. Demostraba un amplio conocimiento en estos temas y mostraba un claro entusiasmo por ellos, lo cual revelaba su propia epistemología científica y cómo intentaba integrarla con su epistemología docente. Cabe indicar que, a partir de lo analizado, para el profesor la teoría sustenta la experimentación, pero es la comprensión de esta última la que adquiere mayor relevancia dentro de una disciplina como la química organometálica.

Figura 6. Representación gráfica de los hallazgos durante la fase de alistamiento



Fuente: elaboración propia.

Además, es importante destacar que posee una idea de la investigación desde el enfoque cuantitativo y científico en el que se desempeña constantemente. En este sentido, considera el acto pedagógico como un proceso que no cambia día a día, sino que debe compararse con procesos anteriores para

evidenciar los cambios pertinentes. En otras palabras, concibe la investigación desde un enfoque positivista donde la comparación entre grupos refleja la posibilidad de progreso. Esto se observa claramente en una de sus afirmaciones durante la entrevista inicial:

Pero, por ejemplo, bueno entonces yo no tendría... no tendría efecto que las vaya implementando, o sea eso se va a hacer, se va a ir implementando lo que yo considere pertinente, se va a ir implementando, y... o sea, la pregunta es tiene algún efecto... hay alguna consecuencia que, se va implementando de una vez, si, y ¿va a haber alguna diferencia desde que veas el curso con todo lo nuevo aprendido implementado desde la primera clase? (54:5)¹

Con esto parece que para el profesor es difícil evidenciar los cambios a medida que trabaja. Primero debe aprender o estudiar algo de manera teórica para luego aplicarlo en su práctica. Por eso, el docente plantea que durante la intervención no habrá cambios porque está inmerso en el proceso de trabajo. Sin embargo, dentro de la práctica del profesor pueden reconocerse algunas transformaciones a medida que se desarrolla el programa de formación, ya que las lecturas y los diálogos abren la posibilidad a cambios continuos y procesuales en los planteamientos educativos del profesor que trabaja en un aula universitaria.

Para concluir el análisis de esta primera fase, se encontró que el profesor percibe una distancia significativa entre ser docente e investigador. Afirmaciones como “Una cosa es ser investigador o científico y otra cosa es ser docente. Son dos aspectos muy diferentes” (55:35) así lo demuestran. Es evidente cómo al inicio del proceso existe una ruptura entre estas dos epistemologías que caracterizan al ser del profesor con el que se está trabajando, la cual poco a poco se va superando. Esto es necesario porque según la propuesta realizada, tanto la epistemología científica como la docente deben interactuar dentro del CDC propio del profesor para generar diálogos que faciliten cambios y transformaciones significativas en el aula.

Fase de intervención: el diálogo como mediación

Durante la implementación del programa de formación, se observó que el profesor universitario abandonó la mera racionalidad técnica, lo cual no se limitó a una transformación conceptual del conocimiento, sino que fue un proceso gradual en el que el docente se dio cuenta de que sus concepciones, representaciones, actitudes, historia personal y contexto social afectan directamente su enfoque educativo. En este sentido, los cambios observados muestran procesos de transformación a nivel conceptual, actitudinal y procedimental (Mosquera-Suárez, 2008), lo cual coincide con los planteamientos expuestos durante la fundamentación teórica de la investigación. Por lo tanto, los cambios observados pueden interpretarse a la luz de las posturas contemporáneas en este campo del conocimiento.

Los resultados obtenidos de la intervención mostraron que el profesor fomentó en su práctica el desarrollo de flexibilidad en términos de creatividad e imaginación, especialmente en relación con la experimentación elucidativa de

¹ La nomenclatura presentada corresponde al número de documento digitalizado utilizado para el análisis en el programa Atlas.ti® y al número de comentario dentro de dicho documento.

procesos específicos dentro de su disciplina. Aunque el método científico sigue siendo fundamental en sus explicaciones y se evidencia un componente teórico fuerte en sus clases, se observa un marcado interés en desarrollar habilidades complementarias a la formación química, como el pensamiento crítico, capacidad analítica y habilidades para la vida. Además, el hecho de proponer posibles reformas en torno a la experimentación en el aula refleja esos cambios actitudinales hacia la flexibilidad mencionada. Un ejemplo de este cambio es la insistencia en la capacidad

de correlacionar contextos y ver la química como un conocimiento integral y no como conocimientos aislados:

[Se busca una] capacidad de correlación, o sea hacerles ver que la química no es por islas diferentes, por áreas, sino que la química es una sola, y que toda ella está interconectada de una u otra forma. Con un tema uno puede ver conceptos de varias asignaturas, y eso es lo que yo trato de hacer en mi asignatura, que ellos vean cómo el conocimiento de otros lados se puede aplicar. (57:8)

Figura 7. Representación gráfica de los hallazgos durante la fase de intervención



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, el desarrollo de estas habilidades fomenta una educación divergente y discontinua, donde se busca que la ciencia sea crítica y esté abierta a diversas posibilidades. Por lo tanto, pensar en nuevas formas de explicar el contenido en el aula contribuye a fortalecer la enseñanza de la disciplina desde perspectivas alternativas a las tradicionales. Esto coincide con los avances logrados mediante el uso de comparaciones y analogías en el aula (por ejemplo, relacionar la inserción 1,1 con una

relación de pareja, o las etapas de un ciclo catalítico con una carrera de Nascar, y los dendrímeros con las pizzas de la química), lo cual está directamente relacionado con los esfuerzos de concienciación realizados por el docente, quien reconoce la importancia de reconsiderar continuamente su práctica para mejorar el aprendizaje de sus estudiantes. En definitiva, esto evidencia procesos transformadores en la identidad docente del profesor, vinculados con la innovación didáctica y la adopción de una perspectiva divergente en la

educación de la química organometálica para futuros químicos profesionales en la actualidad.

Por otro lado, al desarrollar nuevas estrategias y metodologías alternativas de aprendizaje (como el uso de herramientas virtuales o juegos en el aula), se subraya la necesidad de contextualizar constantemente el conocimiento y responder a las demandas de la sociedad. En este sentido, el hecho de que el profesor reconozca la importancia de la problematización en el aula y pueda vincular explicaciones desde diversas situaciones reales que un químico debe enfrentar, indica una transformación significativa:

[Es importante] ponerlos en situaciones reales, en que los químicos se enfrentan a cierta reacción para decir cómo era el mecanismo, un problema de la vida real. ¿Cómo usan la química o cuáles estrategias usan para decir que el mecanismo es así? (41:8)

Es importante mencionar que el profesor se ve influenciado por toda su experiencia previa al comprender el hecho educativo en sí mismo, lo que refleja una postura desde una epistemología espontánea y el sentido común (Vargas y Acuña, 2020; Melo-Niño *et al.*, 2016). Sin embargo, la intervención le permitió comprender el papel que su propia historia ha tenido en la consolidación de una forma particular de enseñar, al punto de promover el uso de historias personales en forma de anécdotas de manera reflexiva dentro de su clase. Además, haber enriquecido su discurso pedagógico, histórico y filosófico le proporcionó herramientas para ser consciente de lo que debe mejorar y generó un fuerte deseo de profundizar en muchas de las temáticas abordadas durante la fase de intervención.

Por otro lado, en cuanto a la nueva didáctica de la química (NdC), se observó que el profesor desarrolla y aplica formas alternativas de incluir la historia de la química organometálica en el desarrollo de temas, no como un simple contenido adicional, sino como un conocimiento integrador que le permite ejemplificar, explicar y motivar a los estudiantes en el aula hacia el aprendizaje de la asignatura. Además, a partir de las lecturas y los diálogos establecidos, el docente reconoce la importancia de contextualizar al estudiante y utiliza ese conjunto de conocimientos para articular la enseñanza de la química organometálica, incluyendo referencias a aspectos experimentales, biográficos, teóricos y anecdóticos que enriquecen su práctica pedagógica y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En contraste, el aspecto filosófico, uno de los componentes principales de la NdC, presenta una resistencia notable por parte del profesor. A pesar de su fuerte interés por la inclusión y reflexión sobre la historia en su experiencia docente, muestra una notable reticencia hacia la filosofía de la ciencia. Esto se refleja en los comentarios realizados durante las sesiones de trabajo y la ausencia de este tipo de conocimiento en las observaciones de clase. También confirma ideas planteadas previamente por Villaveces-Cardoso (2000) acerca de la resistencia de los químicos a abordar temas relacionados con esta área

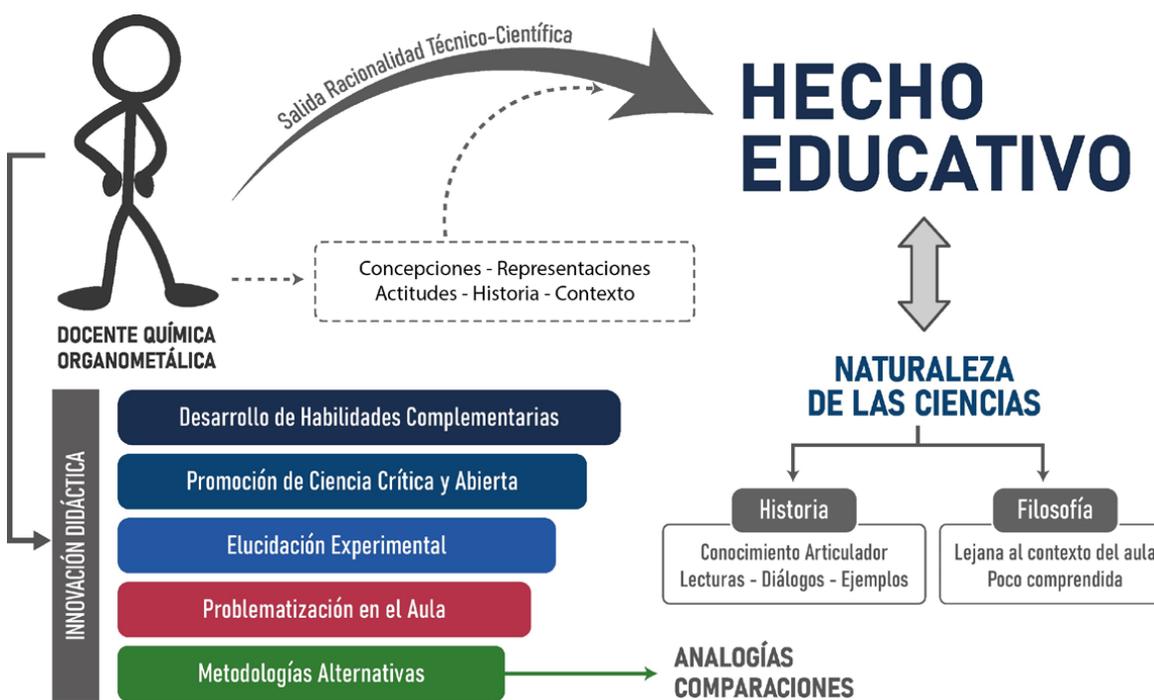
del saber y sugiere que, dentro del diálogo entre su epistemología docente y científica, el conocimiento de la filosofía de la ciencia no se considera esencial para él.

Fase de cierre: evidencias de la generación de cambios didácticos

Al concluir el proceso, es innegable la diversidad de cambios didácticos generados a partir de la identificación del CDC (conocimientos, destrezas y creencias) del profesor y la integración de la NdC en la práctica

docente asociada a la investigación. Desde la comprensión de la evaluación como una herramienta para asegurar el aprendizaje y no solo como una estrategia de verificación, hasta la preocupación por la educación desde una visión integral y compleja. En este sentido, el profesor no solo se concentra en lo académico-conceptual, sino que también considera el panorama completo del proceso educativo, incluyendo la planificación de clases, la selección de contenido y una reflexión docente posterior que le permite evaluar y mejorar constantemente su práctica.

Figura 8. Representación gráfica de los hallazgos durante la fase de cierre



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, se observa que el profesor ha asimilado e internalizado algunos elementos de la NdC, relacionándolos con su propio CDC, de modo que tanto su discurso como una variedad de prácticas dentro del aula dan cuenta de ello. Esto coincide con el hecho de

que el profesor ha incorporado un conocimiento fundamentado teóricamente sobre estas nuevas áreas del conocimiento abordadas, lo cual se refleja en la cita de expertos en el tema y el uso de definiciones robustas. Un claro ejemplo de esto es la siguiente afirmación del profesor:

La mejor definición fue la de Garritz, [que] es poder entender e interiorizar esa relación que existe entre el aprender sobre ciencia, el aprendizaje acerca de la ciencia y el hacer ciencia. (66:12)

Además, el profesor es capaz de entablar un diálogo entre la epistemología docente y científica que caracteriza su ser, de manera que logra la interacción de los conocimientos que posee en beneficio de su enseñanza. Esto lo realiza mediante nuevas formas de explicación y metodologías alternativas tanto dentro como fuera del aula.

Lo dicho hasta el momento concuerda con la actitud del profesor, quien muestra un marcado interés por profundizar continuamente en aspectos relacionados con la educación. Sin embargo, algo muy diferente ocurre con la NdC. A pesar de que el profesor reconoce la importancia de la historia de la química organometálica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la disciplina, y considera su inclusión como una estrategia aplicable dentro de su asignatura, no comprende el papel de la reflexión filosófica y reafirma esa falta de interés evidenciada en la fase anterior. Al finalizar el proceso, afirmaciones como las siguientes reflejan esta resistencia del profesor hacia la filosofía:

No, no, esto [de la filosofía de la ciencia] como que todavía no estoy preparado para eso (risas) (66:8).

Lo de la filosofía, eso si no, eso todavía no, digamos que lo dejamos para una versión 2.0 [del programa de formación] (risa). (66:10)

En definitiva, después de la intervención, el profesor demostró cambios a nivel actitudinal, procedimental y conceptual frente a diversas temáticas. Un ejemplo de ello es la siguiente afirmación, que refleja estas nuevas visiones relacionadas con la posibilidad de seguir reflexionando sobre la educación para generar mejores procesos de aprendizaje en los futuros profesionales de la química:

Como nos tenemos que adaptar o moldear para esa enseñanza de las ciencias, [se trata de] encontrar maneras más originales, más creativas de transmitir el conocimiento, y... porque es necesario, como más divertidas y más creativas, porque eso logra captar la atención del estudiante. (66:29)

Conclusiones

El trabajo de intervención permitió caracterizar los cambios didácticos en la práctica docente de un profesor universitario de química organometálica. Para ello, se propusieron diversas estrategias que facilitaron el reconocimiento del CDC propio del docente y las transformaciones que se fueron dando gradualmente dentro de su práctica, de manera voluntaria y gradual. Estas estrategias fueron herramientas fundamentales en el proceso desarrollado, ya que permitieron caracterizar los cambios didácticos del docente asociados a la investigación.

A nivel conceptual, se encontró que el profesor posee un cuerpo teórico fundamentado en su disciplina y es capaz de manejarlo completamente. La transformación radica en su capacidad para reconocer la importancia del conocimiento previo de los estudiantes como punto de partida en el proceso de enseñanza-aprendizaje de su disciplina, evitando suposiciones sobre los contenidos que los estudiantes ya deben tener asimilados.

En cuanto al nivel procedimental, el profesor introdujo nuevas estrategias y formas de explicación para asegurar la comprensión del contenido de la asignatura por parte de los estudiantes. Específicamente, mediante el uso de ejemplos, analogías, comparaciones y gráficos explicativos, el profesor intentó transformar su conocimiento experto, desarrollado a lo largo de su carrera, en conocimiento aplicable a la enseñanza. Además, la implementación de nuevas estrategias evaluativas reflejó estos cambios.

A nivel actitudinal, el profesor reconoció la reflexión docente como una herramienta esencial para mejorar el proceso educativo. Más aún, descubrió que el acto educativo trasciende el aula y se inscribe en el devenir histórico del ser humano.

En cuanto al impacto de la incorporación de la NdC en la práctica docente del profesor, se puede afirmar que la intervención favoreció la inclusión de la historia de la química organometálica en sus clases, presentando anécdotas relevantes y analizando cuestiones experimentales relacionadas con estos eventos. Sin embargo, la situación es diferente en el ámbito filosófico, donde a pesar de que el profesor desarrolló una definición propia sobre la importancia de esta área y su relación con la historia de la disciplina, no la incluyó en la planificación ni ejecución de sus clases. Esto podría tener repercusiones importantes, ya

que, como mencionó Lakatos, “la filosofía de la ciencia sin historia es algo vacío; la historia de la ciencia, sin filosofía, está ciega” (1971, p. 91). En otras palabras, podría ocurrir que la reflexión sobre la historia no se entienda desde el proceso evolutivo inherente a la disciplina y se quede en una visión anecdótica del tema. A pesar de esto, el trabajo realizado muestra que la identificación del CDC, la inclusión de la NdC y su reflexión con un profesor universitario, a través de diálogos periódicos, generó cambios didácticos en su práctica docente.

Para concluir, y como perspectivas de investigación, es importante destacar dos aspectos. Por un lado, se debe tener en cuenta que la reflexión sobre la filosofía de la ciencia genera fuertes resistencias, especialmente en profesionales del área que carecen de una base pedagógica sólida (Villaveces-Cardoso, 2000). Esto podría deberse a dificultades para integrar la filosofía en el marco disciplinario del docente, a problemas en la comprensión de la disciplina filosófica y su propósito, o a la forma en que se presentó el tema durante la intervención. Por lo tanto, se requieren nuevas estrategias para su integración efectiva en el aula y en el discurso del profesor. Por otro lado, es fundamental continuar desarrollando programas de formación docente para profesores de ciencias (Parga-Lozano, 2016), especialmente para profesores universitarios, con el fin de contribuir a la consolidación de la didáctica de las ciencias (Mellado-Jiménez, 1999; Porlán-Ariza, 2018) como un campo de investigación.

Referencias

Ademar-Ferreyra, H. y Rúa, A. (2017). Dimensiones involucradas en el estudio de las prácticas de enseñanza. *Educación y Humanismo*, 20(34). <https://doi.org/10.17081/eduhum.20.34.2861>

- Álvarez-Herrero, J. y Valls-Bautista, C. (2019). Didáctica de las ciencias, ¿de dónde venimos y hacia dónde vamos? *Revista de Ciències de l'Educació*, 2, 5-19. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2704>
- Arias-Monge, M. y Navarro-Camacho, M. (2017). Epistemología, ciencia y educación científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3). <https://doi.org/10.15517/aie.v17i3.29878>
- Berríos-Molina, C. (2019). Creencias epistémicas, metacognición y cambio conceptual. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 18(37), 129-140. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191837berrios3>
- Cabrera, F. (2021). Second Philosophy and Testimonial Reliability: Philosophy of Science for STEM Students. *European Journal for Philosophy of Science*, 11(3). <https://doi.org/10.1007/s13194-021-00392-3>
- Calagua-Mendoza, L. (2018). Enseñanza de la naturaleza de la ciencia para mejorar el conocimiento pedagógico del contenido en estudiantes de formación docente. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número especial: Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de ciencias*. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/8924>
- Campanario, J. (2002). Asalto al castillo: ¿a qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 90(1), 315-325. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/90/1/012102>
- Candela-Rodríguez, B. (2016). El diseño de la "reco": una estrategia para iniciar la identificación, la explicitación y el desarrollo del CPC de un tópico de la química de profesores en formación inicial. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 40, 65-87. <https://doi.org/https://doi.org/10.17227/01203916.6147>
- Casasola-Rivera, W. (2020). El papel de la didáctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios. *Revista Comunicación*, 29(1). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-38202020000100038
- Couló, A. (2018). Philosophy of Science in Science Teacher Education: Meeting Some of the Challenges. En M. Clough (ed.), *Science: Philosophy, History and Education* (pp. 389-404). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74036-2_24
- Creswell, J. y Poth, C. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design* (3.ª ed.). Sage.
- Dagher, Z. y Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Why Does it Matter? *Science and Education*, 25(1-2), 147-164. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Denzin, N. y Lincoln, Y. (2012). *El campo de la investigación cualitativa. Manual de investigación cualitativa* (3.ª, vol. 1). Gedisa.

- Díaz-Barriga, Á. (2021). Rethinking the University: Didactics, an Option to Go Beyond the Inclusion of Digital Technologies. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 12(34), 3-20. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2021.34.976>
- Domingo-Coscollola, M., Bosco, A., Segovia, S. y Valero, J. (2020). Fostering Teacher's Digital Competence at University: The Perception of Students and Teachers. *Revista de Investigación Educativa*, 38(1), 167-182. <https://doi.org/10.6018/rie.340551>
- Duncan, A. y Johnson, A. (2007). A "Classic Papers" Approach to Teaching Undergraduate Organometallic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 84(3), 443-446. <https://doi.org/10.1021/ed084p443>
- Ellis, J. (1976). The Teaching of Organometallic Chemistry to Undergraduates. *Journal of Chemical Education*, 4(3), 2-6. <https://doi.org/10.1021/ed053p2>
- Escudero-Ávila, D. y Yáñez, J. (2020). El conocimiento didáctico del contenido: bases teóricas y metodológicas para su caracterización como parte del conocimiento especializado del profesor de matemáticas. *Educación Matemática*, 6(2), 8-38. <https://doi.org/10.24844/EM3202.01>
- Ferrada, D., Villena, A., Catriquir, D., Pozo, G., Turra, O., Chilling, C. y Pino, M. (2014). Investigación dialógica Kishu Kimkelay Ta Che en educación. *Rexe: Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 13(26), 33-50. <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/32/34>
- Fonseca, G. (2018). *El conocimiento profesional del profesor de biología sobre biodiversidad. Un estudio de caso en la formación inicial durante la práctica pedagógica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas* [Tesis de doctorado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Furió, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.3.66442>
- Green, S., Andersen, H., Danielsen, K., Emmèche, C., Joas, C., Johansen, M., Nagayoshi, C., Witteveen, J. y Sørensen, H. (2021). Adapting practice-based Philosophy of Science to Teaching of Science Students. *European Journal for Philosophy of Science*, 11(3). <https://doi.org/10.1007/s13194-021-00393-2>
- Hathaway, B. (1979). An Alternative Approach to the Teaching of Systematic Transition Metal Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 56(6), 390-392. <https://doi.org/10.1021/ed056p390>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Ibáñez, R. y Villasana, P. (2020). Aproximación crítica al conocimiento didáctico del contenido en educación superior y sus posibilidades de estudio. *Revista Espacios*, 41(18), 21-29. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n18/a20v41n18p21.pdf>
- Kelly, G. y Licona, P. (2018). Epistemic Practices and Science Education. En M. Clough (ed.), *Science: Philosophy, History and Education* (pp. 139-165). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62616-1_5
- Lakatos, I. (1971). History of Science and its Rational Reconstructions. En R. Buck y R. Cohen (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science* (vol. 8) (pp. 91-136). Springer.
- Lorenzo, M., Soledad-Farré, A. y Rossi, A. (2018). La formación del profesorado universitario de ciencias. El conocimiento didáctico y la investigación científica. *Revista Eureka sobre*

Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 15(3). <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i3.3603>

Loughran, J., Mulhall, P. y 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>

Martín-Ortega, E. (2000). ¿Puede ayudar la teoría del cambio conceptual a los docentes? *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 26, 31-50.

Marzábal, A., Rocha, A. y Toledo, B. (2015). Caracterización del desarrollo profesional de profesores de ciencias. Parte I: sistemas de representación implícita en la epistemología profesional docente. *Educación Química*, 26(2), 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.006>

Mellado-Jiménez, V. (1999). La formación didáctica del profesorado universitario en ciencias experimentales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 34, 231-241.

Mellado-Jiménez, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 17-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=118089>

Melo, L., Cardona, G., Cañada, F. y Martínez, G. (2018). Conocimiento didáctico del contenido sobre el principio de Arquímedes en un programa de formación de profesores de física en Colombia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23(76), 253-279. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14054854011>

Melo-Niño, L., Buitrago, A., Cañada, F. y Mellado, V. (2016). Conocimiento didáctico del contenido declarado durante la enseñanza de la fuerza eléctrica en bachillerato: estudio de caso. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 39, 28-30. <https://doi.org/10.17227/01203916.4580>

Miessler, G. y Spessard, G. (1991). Organometallic Chemistry: A Course Designed for Sophomore Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 68(1), 16-18. <https://doi.org/10.1021/ed068p16>

Mora-Penagos, W. y Parga-Lozano, D. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto-aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81. <https://doi.org/10.17227/ted.num24-1083>

Mosquera-Suárez, C. (2008). *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química* [Tesis de doctorado, Universitat de Valencia].

Mosquera-Suárez, C. (2016). *El cambio didáctico en la formación inicial de profesores de química: Estrategias para su desarrollo en la reflexión sobre la práctica*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Mosquera-Suárez, C., Alonso, M., García-Supe-
lano, A., Marín-Velasco, A., Prada-Murcia,
L., Rincón-Nuñez, J. y Saldaña-Lozano, L.
(2021). El conocimiento didáctico del con-
tenido y su impacto en los conocimientos
prácticos de los profesores de ciencias y en
la construcción de conocimientos científicos
escolares. *Revista Científica*, 40(1), 45-62.
<https://doi.org/10.14483/23448350.15711>
- Navas, R. (2020). Breve historia del cambio
conceptual en el aprendizaje de la ciencia.
Revista de Psicología, 19(1). <https://doi.org/10.24215/2422572xe044>
- Neira-Morales, J. (2021). La experimentación
en ciencias naturales como estrategia de
alfabetización científica. *Revista ucmaule*,
60, 102-116. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.60.102>
- Parga-Lozano, D. (2016). El continuo de la
formación del profesorado de ciencias.
Tecné, Episteme y Didaxis: TED, 40(2), 7-15.
<https://doi.org/10.17227/01203916.6144>
- Piza-Hernández, L. y Reyes-Roncancio, J. (2016).
La necesidad de un cambio didáctico en los
docentes de ciencias naturales. *Tecné, Episte-
me y Didaxis: TED*, 1435-1441. [https://revistas.
upn.edu.co/index.php/TED/article/view/4765](https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/4765)
- Porlán-Ariza, R. (2018). Conscious Science
Education. *Enseñanza de las Ciencias*,
36(3), 5-22. [https://doi.org/10.5565/rev/
ensciencias.2795](https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795)
- Reisner, B., Stewart, J., Williams, B., Goj, L.,
Holl, P., Eppley, H. y Johnson, A. (2012).
Virtual Inorganic Pedagogical Electronic Re-
source Learning Objects in Organometallic
Chemistry. *Journal of Chemical Education*,
89(2), 185-187. [https://doi.org/10.1021/
ed200200](https://doi.org/10.1021/ed200200)
- Reyes-Roncancio, J. (2016). *Conocimiento didác-
tico del contenido en el profesor de física en
formación inicial. La enseñanza del campo
eléctrico*. Universidad Distrital Francisco José
de Caldas.
- Rivero, A., Martín del Pozo, R. y Porlán, R. (2017).
Didáctica de las ciencias experimentales
en educación primaria. *Revista Investiga-
ción en la Escuela*, 93, 76-80. [https://doi.
org/10.12795/ie.2017.i93.06](https://doi.org/10.12795/ie.2017.i93.06)
- Salica, M., Almirón, M. y Porro, S. (2020). Mode-
los de conocimiento didáctico del contenido
científico y tecnológico en docentes de quí-
mica y física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*,
48, 127-141. [https://doi.org/10.17227/
ted.num48-12384](https://doi.org/10.17227/ted.num48-12384)
- Sanabria, Q. y Yepes, D. (2019). Enseñanza
de las reacciones de combinación de com-
puestos organometálicos. Un diseño con
base en la naturaleza de las ciencias. *Quí-
mica e Industria. La Revista*, 31(2), 67-74.
<https://online.fliphtml5.com/znxb/iczb/#p=2>.
- Schaller, C., Graham, K. y Johnson, B. (2015).
Modules for Introducing Organometallic
Reactions: A Bridge between Organic and
Inorganic Chemistry. *Journal of Chemi-
cal Education*, 92, 986-992. [https://doi.
org/10.1021/ed500817m](https://doi.org/10.1021/ed500817m)
- Shulman, L. (2015). PCK: Its Genesis and Exodus.
En A. Berry, P. Friedrichsen y J. Loughran
(eds.), *Re-examining Pedagogical Content
Knowledge in Science Education* (pp. 3-13).
Routledge; Taylor & Francis Group.
- Stake, R. (2015). *Investigación con estudio de
casos* (2.ª ed.). Sage.
- Touriñán-López, J. (2020). Conocer, enseñar
y educar tienen distinto significado. La
diferencia permite hablar con sentido de
enseñanza educativa. una mirada mesoaxo-
lógica. *Revista Boletín Redipe*, 9(6), 30-41.
<http://orcid.org/0000-0002-7553->
- Uribe-Pérez, M. (2020). Concepciones de profe-
sores de ciencias en formación inicial sobre

interculturalidad y su relación con la enseñanza: reflexiones en el contexto colombiano. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 47(1), 53-70. <https://doi.org/10.17227/ted.num47-9539>

Vargas, K. y Acuña, J. (2020). El constructivismo en las concepciones pedagógicas y epistemológicas de los profesores. *Revista Innova Educación*, 2(4), 555-575. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2020.04.004>

Vasilachis de Gialdino, I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Gedisa.

Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6449623>

Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Jiménez, V. (2019). Pedagogical Content Knowledge (PCK) of a Science Teacher: Reflection and Action as Facilitators of Learning. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 25-53. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2550>

Villaveces-Cardoso, J. (2000). Química y epistemología: una relación esquiiva. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 1(2-3), 9-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41400302>