

Comunidad de desarrollo profesional de profesores en formación inicial para la incorporación didáctica de tecnologías de la información y las comunicaciones: una experiencia desde la investigación de diseño educativo

Professional development community of preservice teachers for the didactic incorporation of information and communication technologies: An experience from educational design research

<https://doi.org/10.54104/papeles.v14n28.1305>

Recibido: 18 de abril de 2022,
Aprobado: 20 de junio de 2022,
Publicado: 09 de julio de 2022



Leonardo Abella-Peña¹
<https://orcid.org/0000-0002-5453-2323>

Álvaro García-Martínez¹
<https://orcid.org/0000-0002-3597-6252>

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Doctorado Interinstitucional en Educación. Bogotá, Colombia

* Autor de correspondencia:
Leonardo Abella-Peña. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Doctorado Interinstitucional en Educación. Calle 13 # 31-75, Bogotá, Colombia, leabellap@correo.udistrital.edu.co

Para citar este artículo:
Abella-Peña, L. y García-Martínez, Á. (2022). Comunidad de desarrollo profesional de profesores en formación inicial para la incorporación didáctica de tecnologías de la información y las comunicaciones: Una experiencia desde la investigación de diseño educativo. *Papeles*, 14(28), e 1305. <https://doi.org/10.54104/papeles.v14n28.1305>

Resumen

Palabras clave

Formación de profesores;
didáctica; TIC; educación
científica; alfabetización
informática

En consideración a la importancia de las habilidades necesarias para la enseñanza en el siglo XXI dentro de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), se presentan reflexiones asociadas a una investigación enfocada en el desarrollo de habilidades digitales en profesores de Química en formación inicial para la incorporación de TIC en diseños didácticos. Con el objetivo de identificar las interacciones didácticas que se dan en una comunidad de desarrollo profesional de profesores, se realiza la intervención mediante una unidad didáctica gestionada desde la dinámica de investigación de diseño educativo, con la que se recoge información a partir de observaciones de trabajo de grupo, un cuestionario estandarizado y entrevistas semiestructuradas. Los datos obtenidos en forma de transcripciones, escalas de Likert y preguntas abiertas ofrecen información relevante sobre los aspectos críticos a considerar en los procesos de formación en TIC de profesores de ciencias. La dinámica de la investigación de diseño educativo ofrece la oportunidad de analizar y mejorar los productos de cada uno de los ciclos iterativos desarrollados durante la propuesta de formación. Los resultados permiten reconocer las categorías a considerarse en el ejercicio de formación docente (inicial y continuada) para desarrollar las habilidades de incorporación y evaluación de diseños didácticos apoyados en TIC.

Abstract

Keywords

Teacher training; didactics;
ICT; science education;
computer literacy

The reflections focused on the development of digital skills in chemistry preservice teachers for the incorporation of ICT resources in didactic designs associated with a research work are presented. With the aim of finding the didactic interactions that occur in a professional development community of preservice teachers, the intervention is conducted through a didactic unit managed from educational design research dynamics, with which information is collected from group work observations, a standardized questionnaire, and semi-structured interviews. The data obtained is related to transcripts, Likert scales and open-ended questions, data that offer relevant information on the critical aspects that must be considered in the ICT training processes of science teachers. The way of working from educational design research offers the opportunity to analyze and improve the products of each of the iterative cycles developed during the training proposal. The results allow to recognize the categories that must be considered in the exercise of preservice teacher training (and continuous) to develop the skills of incorporation and evaluation of didactic designs supported by ICT resources.

1 Introducción

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) hacen parte de los contextos educativos del siglo XXI, se desarrollan en medio de una sociedad cambiante orientada al desarrollo de conocimientos colectivos mediados por redes y el bombardeo constante de diferentes tipos de materiales multi- e hipermediales.

Las redes sociales, la simplificación y manipulación de la información disponible “*online*” demandan una educación que se pueda adaptar a los rápidos cambios de la tecnología, sin descuidar los propósitos mismos que se tienen en la formación de ciudadanos integrales para que sepan buscar la mejor información posible, hacer lo correcto con ella y ser capaces de resolver un sinnúmero de las posibles situaciones a las que deba enfrentarse con dicha información.

Para contribuir en el campo de la formación de profesores de ciencias, se presentan parte de los resultados de una investigación desarrollada con profesores en formación inicial de química, con quienes se aplicó una propuesta metodológica de formación en TIC desde la conformación de una comunidad de desarrollo profesional, orientada a ofrecerles las herramientas necesarias para que puedan generar diseños didácticos innovadores con incorporación de TIC.

Entendiendo por interacción didáctica la manera en que se relacionan los principios didácticos con el diseño de las actividades con incorporaciones de TIC, el objetivo de la experiencia se centró en reconocer estas interacciones generadas por la comunidad de desarrollo profesional de profesores, enfocados en el diseño de actividades para la enseñanza de la química en secundaria.

1.1 Las TIC en la enseñanza de las ciencias

Para reconocer la importancia de la incorporación de diferentes tipos de recursos digitales (TIC) en la educación en ciencias, y en particular en la química, se consideraron múltiples revisiones publicadas sobre la manera en que se integran e incorporan diversos tipos de recursos digitales en la enseñanza de la química (Abella-Peña, 2019; Chai, 2019; Da Silva et al., 2019; Giordan y Gois, 2009; Rocha Fernandes et al., 2020; Zydney y Warner, 2016), a fin de ofrecer un panorama general de lo que puede realizarse en el proceso de incorporación de TIC y de lo que es necesario considerar para futuras incorporaciones.

De ahí la importancia de generar marcos de referencia que faciliten la selección de herramientas digitales que potencien el alcance e impacto de diseños didácticos para la enseñanza en ciencias en general y de la química en particular.



Emerge de la lectura de los diferentes documentos consultados la necesidad de considerar en la elección del *software* educativo prediseñado (diseñado por otros) la intención que el docente tiene en su incorporación, para lo cual se evidencian diferentes niveles de apropiación, desde aquellos en los que el docente sirve a manera de presentador de la herramienta a utilizar y toma distancia, hasta el *software* en los que el docente pueda incorporar sus propios ajustes haciéndolo más personal.

Además, en atención a las conclusiones de los documentos revisados, debe considerarse la manera en que el estudiante se relaciona con las TIC. No pueden dejarse de lado tanto las expectativas como las consecuencias que generan el empleo de cualquier herramienta informática en la educación en ciencias. El estudiante como actor principal del proceso de enseñanza-aprendizaje es finalmente quien más se ve afectado por el inadecuado uso de tales herramientas (Donnelly et al., 2011; Tan y Tan, 2017).

Cuando una herramienta TIC es diseñada sin considerar los problemas asociados al aprendizaje de la ciencia, como los conceptos en que se fundamenta, qué perspectivas epistemológicas la explican y en qué contextos históricos se ha ido desarrollando, se corre el riesgo de convertir a las TIC en un mal transmisor de información (Abella-Peña y García-Martínez, 2010), en lugar de ser un apoyo en la tarea de facilitar el acercamiento a la ciencia.

Se plantea, entonces, la necesidad imperativa de formar a los profesores en ciencias con los conocimientos suficientes para que sus incorporaciones sean altamente relevantes, si entendemos por eso que deben ser pertinentes a las necesidades y condiciones propias del aula en que se utilizan para cumplir los objetivos didácticos que el profesor ha trazado en su ejercicio.

1.2 La formación de profesores de ciencias

Aunque por más de una década se ha reflexionado sobre el crecimiento continuo de experiencias educativas relacionadas con el uso de TIC en la educación científica, estas no se presentan en el número deseado (Abella-Peña, 2019), y si bien el esfuerzo multilateral (Gobiernos, academia e industrias) ha estado presente, las transformaciones respecto de incorporaciones de las TIC que demandan las nuevas generaciones para aprender y enseñar aún están distantes (Arias Gil y López Ríos, 2016).

La lenta apropiación que se ha hecho de las TIC en América Latina, lo que disminuye las posibilidades de realizar una pronta incursión en la “sociedad del conocimiento”, se debe no solo a la falta de infraestructura crítica, sino a las habilidades mismas que se desarrollan en la escuela, donde se reconoce que parte de esta responsabilidad recae sobre la formación inicial de los profesores, que, en ocasiones, detona con debilidades y vulneraciones de su profesión (Aristizábal Fúquene, 2020).

Es innegable la necesidad de abordar los saberes de los profesores, en formación inicial y en ejercicio, en cualquier propósito de transformación educativa, más aún cuando esa transformación implica una resignificación del papel que cumplen los fenómenos sociales, como las TIC en este caso.

Por formación inicial se reconocen todos los procesos formales de educación profesional para docentes (Ministerio de Educación Nacional [MinEducación], 2013), que, en el caso colombiano, se circunscribe a los programas profesionales de formación de licenciados y los programas de posgrado orientados a la formación en educación para profesionales no licenciados.

En formación permanente, se entienden todos aquellos profesionales de la educación titulados que realizan programas de

actualización en diferentes tópicos desde los aspectos pedagógicos y didácticos, hasta profundizaciones disciplinares.

Tanto en la formación inicial como en la formación continuada, es necesario que el profesor comprenda los contextos en que se deben explicitar sus conocimientos, por lo que los expertos resumen que todo programa de formación de profesores debe ser capaz de ofrecerle al profesor herramientas para (Cejas-León y Navío-Gámez, 2020; Jiménez Becerra, 2020; McKenney et al., 2015; Roa Acosta, 2009; Tondeur et al., 2012; Voogt, J., Laferrière et al., 2015; Voogt, J., Westbroek et al., 2011):

- Enfocarse en un conocimiento más profundo de su materia, y así guiar a sus estudiantes para pensar en esa materia.
- Proporcionar ejemplos de aplicaciones concretas en el aula.
- Enfrentar a los maestros a la práctica real, en lugar de proporcionarles descripciones de la práctica.
- Ofrecer oportunidades de colaboración con colegas y expertos para adaptar la práctica al contexto local.
- Realizar un seguimiento y retroalimentación continuos.
- Ser coherente con los objetivos de desarrollo profesional de los maestros y los objetivos para el aprendizaje de sus alumnos.
- Tener continuidad.

Tondeur et al. (2012) analizan diferentes experiencias de formación inicial de profesores en tecnologías y señalan que es indispensable considerar para la proyección de propuestas de formación en TIC, entre otros aspectos:

- Un análisis cualitativo de los materiales desarrollados por los profesores en formación.
- Realizar entrevistas a grupos focales.

- Llevar estudios de caso integrados por entrevistas con respuestas abiertas y análisis de contenidos.

- Observaciones de campo e intervenciones participantes.

Asimismo, Cejas-León y Navío-Gámez (2020) sugieren que para mejorar la preparación de los profesores respecto de las TIC se debe considerar que la formación debe permitir:

- Transferir lo aprendido al puesto de trabajo del profesor.
- Desarrollar proyectos que integren lo aprendido.
- Incluir espacios de reflexión colaborativa sobre las prácticas de integración.
- Un seguimiento continuo de los alcances de lo aprendido.
- La generación de iniciativas lejanas de las formaciones clásicas.

En esa línea de trabajo, García-Martínez et al. (2018) proponen que la formación del profesorado debe reflexionar sobre aspectos esenciales de su quehacer (qué, cómo, cuándo, dónde y por qué enseñar), que les permita diseñar y planear secuencias

La formación de profesores hace parte de un amplio campo de investigación, en el que se reconoce la necesidad de integrar diferentes saberes para el ejercicio docente, ya que resulta pertinente que los programas de formación de profesores consideren las propias vivencias de clase y los problemas cotidianos.

y unidades didácticas con las que puedan resolver problemas reales de enseñanza y aprendizaje de la química.

Así las cosas, la formación inicial debe atender a los fundamentos que requiere el profesor para su futuro profesional, con los conocimientos necesarios desde la pedagogía, pero con suficiencia en la didáctica, que, en últimas, será la que le ofrezca la posibilidad de diseñar sus clases con los propósitos que quiera establecer en lo conceptual, lo procedimental y lo actitudinal.

Desde la didáctica de las ciencias, la formación de profesores hace parte de un amplio campo de investigación, en el que se reconoce la necesidad de integrar diferentes saberes para el ejercicio docente, ya que resulta pertinente que los programas de formación de profesores consideren las propias vivencias de clase y los problemas cotidianos que los profesores enfrentan; así pues, no se trata de programas de formación de profesores planeados *a priori* rigurosamente, pues serían de alguna manera “artificiales” en relación con la práctica docente del profesor y con las realidades que a diario vivencia en su práctica docente. (Mosquera Suárez, 2011, p. 131)

Dentro de estas vivencias cotidianas, hemos de resaltar los procesos de intervención que tienen las TIC en las aulas, para las cuales el docente debe tener elementos que le permita integrar su realidad con los objetivos que plantea en su ejercicio docente. Por tanto, es necesario que se sumen, a los saberes de los futuros profesores, aquellos conocimientos que se relacionan con el uso y la apropiación de las TIC para su ejercicio.

Frente a este aspecto, se encuentra el marco de referencia del TPACK (por sus siglas en inglés), desarrollado durante las dos últimas décadas, que enfatiza en los conocimientos tecnológicos como parte de la amalgama de

saberes reconocidos desde el PCK (por sus siglas en inglés) (Shulman, 1986), o conocimiento didáctico del contenido (CDC), en su traducción al contexto latinoamericano (Parga Lozano y Mora Penagos, 2014).

El TPACK (por sus siglas en inglés), o conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (Mishra y Koehler, 2006), señala aspectos relevantes; sin embargo, en el contexto de esta investigación, se ha tomado una distancia prudencial en la búsqueda de ofrecer un marco referente alternativo, mediante una resignificación más afín con los propósitos de la didáctica.

Investigaciones y experiencias en torno a esta propuesta han sido elaboradas por diversos autores durante la última década, y aunque en muchas de ellas se observa un acercamiento a la didáctica, no se hace completamente evidente para la enseñanza de las ciencias.

Concordando con Jimoyiannis (2010), es necesario que el TPACK, como referente inicial, pero desde su comprensión didáctica, haga parte de la formación inicial y continuada del profesorado, que le permita estar enterado de los nuevos materiales tecnológicos que puedan ser incorporados en sus procesos de enseñanza y aprendizaje, en relación directa con la formación de profesores de ciencias.

La formación de los profesores requiere, entonces, desarrollar modelos alternativos, que permitan a los futuros profesionales reconocer las necesidades tecnológicas de sus contextos, sin descuidar los propósitos didácticos de sus diseños y con la capacidad de discutir y compartir, en comunidad, una reflexión constante de sus aprendizajes, sus experiencias y sus necesidades de formación continua.

Diferentes investigaciones han abordado el caso de la formación inicial de profesores en ciencias, y han ofrecido modelos de diseño y desarrollo para los propósitos de la formación inicial y continuada.

Simon y Campbell (2012) presentan un acopio que incluye el abordaje de prácticas para el aprendizaje del profesorado y el desarrollo profesional, resumen que la formación de profesores es un proceso complejo, en que la motivación por aprender debe ser producto de las reflexiones en torno a la práctica de su quehacer, que le permitirá acercarse a cursos de formación profesional, en que pueda poner en consideración las características propias de la escuela, y le permita desarrollar mejores formas de enseñar y evaluar su propio desempeño, más allá de las evaluaciones institucionales o gubernamentales.

Ahora bien, con el requisito de agregar el conocimiento tecnológico y la reflexión sobre este al bagaje intelectual del profesor del siglo XXI, propuestas como la de Niess (2005) demuestran la necesidad de que la misma formación de profesores debe desarrollarse con el acompañamiento de las TIC, si se espera que en el futuro sean consideradas herramientas de apoyo al aprendizaje.

La única manera en que un profesor considere necesario enseñar apoyándose en las TIC es que haya desarrollado las habilidades de uso de TIC en su propia formación y, de esta manera, construir criterios que le permita diseñar, seleccionar, implementar y evaluar propuestas de incorporación de TIC, así como ampliar sus posibilidades pedagógicas (Baran et al., 2017).

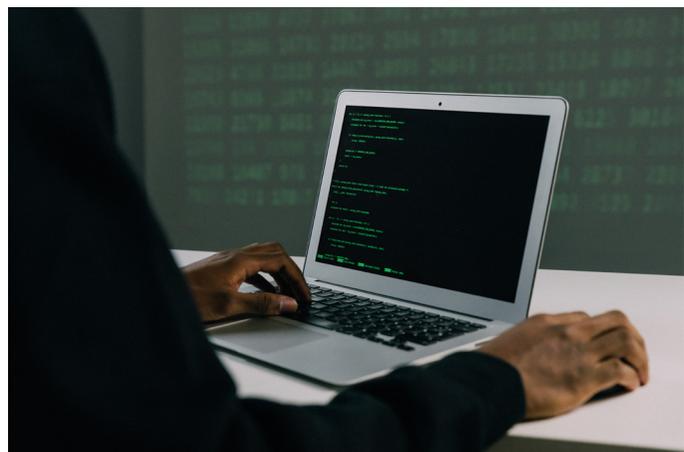
Se tiene, entonces, un panorama que permite la exploración de la formación en TIC de los profesores por diferentes estrategias, para lo cual adoptamos el sentido constructivo que tienen las comunidades de desarrollo profesional, para este caso particular, de profesores en formación inicial.

En consideración a que la literatura presenta múltiples abordajes desde las comunidades de práctica y de aprendizaje, sin los matices propios de las comunidades de desarrollo profesional, la formación en TIC bajo este modelo de comunidad presenta interesantes

puntos de reflexión que permiten una interpretación contextualizada de las necesidades formativas de los profesores.

1.3 La propuesta de una comunidad de desarrollo profesional en formación inicial

Retomando los aportes de la didáctica de las ciencias en el campo de la formación de profesores, y específicamente bajo una visión del desarrollo profesional del profesorado (en formación inicial o en ejercicio), en que la integridad del papel del profesor se determina por las construcciones que tenga en torno a sus ámbitos personales, de conocimientos y de su práctica (García-Martínez, 2013), se consideran los múltiples aportes sobre la formación de profesores de ciencia en comunidades de desarrollo (Abella-Peña, 2021; Aristizábal Fúquene et al., 2010; Aristizábal Fúquene y García-Martínez, 2017, 2020; Avalos, 2011; Becuwe et al., 2016; Borko et al., 2010; Cejas-León, 2018; Cejas-León y Navío-Gámez, 2020; Chai, 2019; Couso, 2009; García-Martínez, 2009, 2013; García-Martínez, Hernández Barbosa, Abella Peña, Valbuena Rojas et al., 2018; Glackin, 2019; Hartshorne et al., 2020; Jimoyiannis, 2009, 2010; Kopcha, 2012; Liu, 2012; Looi et al., 2018; Marzábal et al., 2015; McKenney et al., 2015; Philipsen et al., 2019; Raval et al., 2014; Sacristán, 2012; Simon y



Campbell, 2012; Tondeur et al., 2012; Urzúa Hernández et al., 2019; De Vries et al., 2012; Zaccarelli et al., 2018).

De estos trabajos, se destacan como ejes transversales a cada una de las experiencias la necesidad de que una comunidad de desarrollo profesional permita:

- La construcción de propuestas en comunidad
- Desarrollar propuestas contextualizadas en la realidad de los profesores
- Permitir propuestas que reflexionen constantemente sobre sus productos
- Ofrecer propuestas alternativas a los modelos tradicionales

En consideración a la importancia de la construcción de propuestas de formación para el profesorado, en que se destaque el diálogo entre pares académicos y la generación de comunidad, se presentan las características propuestas por García-Martínez (2009) para la conformación de una comunidad de desarrollo profesional de profesores (CODEP), pero llevándolo a un contexto de formación inicial (FI) que permite a los futuros profesores cuestionar, reflexionar, diseñar y mejorar el ejercicio profesional, en el que se vinculan aspectos personales, profesionales y contextuales; de tal manera, que el docente en formación se convierte en un examinador consciente, riguroso y proactivo del sistema educativo en aras de transformarlo para hacerlo de forma distinta y más efectiva de lo que se está realizando. (Aristizábal Fúquene y García-Martínez, 2020, p. 278)

2. Metodología

Enmarcado en un paradigma participativo-interpretativo (Lincoln et al., 2018), la propuesta de formación se llevó a cabo en CODEP de 11 estudiantes de Licenciatura en Química (programa de formación de profesores ofertado por la Universidad Distrital

Francisco José de Caldas), matriculados en los últimos semestres de formación inicial e inscritos en el seminario “TIC y educación en ciencias”, distribuidos en cinco subgrupos de trabajo, orientados por un profesor titular y un profesor investigador.

La duración de la intervención se extendió por un semestre académico, con reuniones 2 veces a la semana durante 16 semanas; cada reunión con un mínimo de 2 horas.

Entre los estudiantes, se cuenta que cinco son hombres y seis son mujeres; 10 de ellos están entre los 18 y 22 años, y uno entre los 26 y los 28 años; o llevan entre tres y cuatro años de formación como profesores de Química, dos entre cuatro y cinco años, y uno más de cinco años; ninguno ha contado con cursos adicionales sobre formación en TIC, más que los espacios académicos ofrecidos por la Universidad para el programa.

Se esperaba que, con los requisitos académicos previos respecto de la formación ofrecida por la Universidad, se facilitaran tanto los abordajes teóricos como metodológicos, que se dieron para diseñar las actividades propias de la dinámica de CODEP-FI. Se contaba que, con estos conocimientos previos, los profesores en formación pudieran desempeñarse en los equipos de trabajo como diseñadores y evaluadores de las incorporaciones de TIC desarrolladas por ellos y sus compañeros de CODEP-FI.

2.1 La investigación de diseño educativo

Aunque no existe una metodología infalible que permita analizar todos los fenómenos que suceden en la educación, desde finales del siglo XX, se han desarrollado propuestas que aprovechan las posibilidades de la investigación en contexto de manera cualitativa, recurriendo a modelos de diseño y análisis propios de la tecnología, como el caso de la investigación basada en el diseño (IBD).

La IBD permite estudiar los procesos de aprendizaje en contexto a través de un diseño sistemático y el estudio de estrategias y herramientas de formación (Brown, 1992; Collins, 1992). Baumgartner et al. (2003) aseveran que esta estrategia permite crear y extender el conocimiento sobre el desarrollo, la implementación y el mantenimiento de entornos de aprendizaje innovadores, que sirven para ampliar el saber sobre el acto educativo y orientar procesos de formación inicial y continuada de profesores.

Dentro de esta nueva mirada de la IBD como metodología para la investigación educativa, emerge una propuesta para abordar de manera directa los ciclos iterativos de la IBD, con el valor agregado de asegurar la producción respecto de las soluciones educativas. La investigación de diseño educativo (IDE) propone que los productos de los ciclos de iteración que se abordan en un diseño educativo deben permitir la generación de nuevo conocimiento (Van den Akker et al., 2006).

Para la IDE, el ciclo iterativo que busca solucionar los problemas educativos debe garantizar la explicación del marco científico en que se desarrolla la investigación, los nuevos conocimientos generados y la comunicación del trabajo de los demás.

Si bien se plantea que la IDE no es por sí misma una metodología, pues recurre a múltiples métodos para abordar los problemas, su valor se encuentra en su capacidad para mejorar las prácticas educativas (McKenney y Reeves, 2014), al tener unas características que la distinguen de la IBD:

- Es pragmática porque se ocupa de generar conocimiento y soluciones utilizables a problemas en la práctica.
- Se soporta desde la teoría, los hallazgos empíricos y el “saber del profesor” que guía el trabajo.
- Es intervencionista, se aplica para hacer un cambio en un contexto educativo particular.

- Es iterativa debido a que, al igual que la IBD, se transforma a través de múltiples ciclos de diseño, desarrollo, prueba y revisión.
- Es colaborativa porque requiere la experiencia de diversos actores multidisciplinarios, incluidos investigadores y profesores expertos.
- Es adaptativa porque el diseño de la intervención puede verse modificado de acuerdo con los conocimientos emergentes.
- Está orientada a la teoría, no solo porque la utiliza para fundamentar el diseño, sino también porque el trabajo de diseño y desarrollo se realiza para contribuir a una comprensión científica más amplia.

Son estas particularidades de la IDE las que ofrecen una oportunidad para considerar las nuevas metodologías de investigación aplicadas en el campo educativo. Como McKenney y Reeves (2012) señalan, en la dinámica de la IDE las fases de análisis/exploración, diseño/construcción, evaluación/reflexión, se requieren diferentes indicadores que permitan la recolección de información suficiente para avanzar en el ciclo.

La IDE recurre, entonces, al igual que la IBD, al trabajo mediado por ciclos iterativos, en los que cada uno de los productos de las diferentes fases atraviesa las diferentes etapas para obtener al final un producto educativo depurado, con una comprensión teórica del fenómeno y construcciones que pueden ser implementadas para iniciar nuevos ciclos y ser difundida a la comunidad académica.

Por tanto, la IDE ofrece, sobre todo, una dinámica de diseño metodológico, muchos de sus instrumentos son utilizados, en general, en la investigación cualitativa, pues, más que metodología, es una ruta participativa y colaborativa entre equipos e investigadores (De Benito Crosetti y Salinas Ibáñez, 2016).

2.2 Intervención con investigación de diseño educativo

Se diseñó una unidad didáctica constituida por actividades orientadas al mejoramiento de las habilidades digitales de los profesores para la incorporación de TIC. Las actividades diseñadas promueven el abordaje didáctico de la selección de TIC, ofrece marcos de referencia para la reflexión sobre la importancia de las TIC en la educación y los impactos de las tecnologías en el desarrollo de aprendizajes.

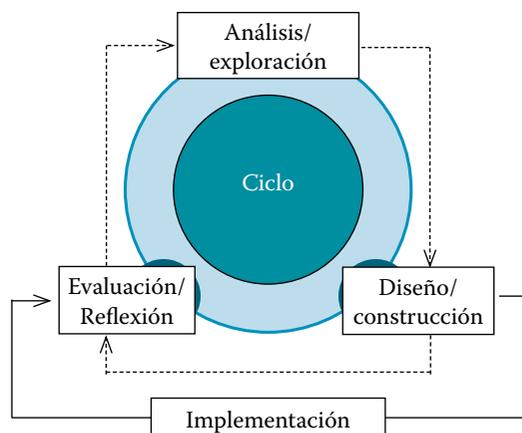
Esta unidad didáctica fue implementada mediante los ciclos iterativos, de intervención, a partir de las propuestas de Van den Akker (2006), respecto de la IDE, en que cada uno de los ciclos que se abordan en un diseño educativo deben permitir la generación de nuevo conocimiento, por lo cual cada uno de los diferentes productos de las CODEP-FI fue analizado antes de ser socializada internamente y permitirle dar paso a la siguiente fase.

La ventaja del uso de la IDE con la CODEP-FI es que no se limita a criterios metodológicos específicos, sino que permite la integración de múltiples técnicas e instrumentos para la evaluación del proceso de intervención. Por esta razón, los ciclos iterativos de la IDE permiten encontrar aspectos críticos del diseño construido, pues, en la constante reflexión de la implementación, pueden reconocerse aspectos necesarios de análisis que permitan mejorar para el siguiente ciclo.

Desde la IDE, no se establece un mínimo o máximo de ciclos para validar un diseño, pero se reconocen tres aspectos esenciales que permiten el paso al siguiente ciclo: análisis/exploración, diseño/construcción y evaluación/reflexión (figura 1).

El desarrollo de cada ciclo y su iteración permite reconocer los productos de la intervención, generar una comprensión teórica sobre el fenómeno estudiado y difundir los resultados con los cuales se puede retomar

Figura 1. Ciclo iterativo de aplicación-intervención



Fuente: Elaboración propia.

el diseño de nuevo e iniciar un ciclo más de iteración.

La propuesta inicia con la caracterización e identificación de los conocimientos en torno a la relación “didáctica-TIC” que poseen los profesores en formación. Con estos datos, se ajusta la propuesta, que cuenta inicialmente con unos propósitos frente a la formación de profesores y los conocimientos didáctico-tecnológicos necesarios para orientar la correcta incorporación de las TIC.

Para el diseño de la unidad didáctica orientada hacia la formación en diseños didácticos con incorporación de TIC para la enseñanza de la química “UDTIC”, se adapta y expande la propuesta de diseño de García-Martínez et al. (2018) respecto de:

- Desarrollo de un mapa de diseño curricular
- Diseño de una secuencia didáctica (unidad para el caso de esta investigación)
- Secuencia de cuatro tipos de actividades: de iniciación o exploración, de introducción de conceptos, de síntesis y de aplicación y transferencia.

Entre los contenidos seleccionados, se abordan tópicos como el diseño de secuencias didácticas, las TIC en la educación científica, la

clasificación de las TIC usadas en la enseñanza de las ciencias, algunas experiencias previas en la incorporación de TIC, la organización de la comunidad de desarrollo profesional de profesores y las dinámicas de la IDE, de las cuales se extraen y construyen las ideas clave seleccionadas para el mapa resumidas en:

- La didáctica de las ciencias como disciplina de diseño
- La didáctica de las ciencias como meta disciplina
- La incorporación didáctica de TIC y su clasificación
- El diseño de unidades didácticas
- Apoyo de las TIC en los procesos de aprendizaje
- El trabajo orientado desde las CODEP

2.2.1 Técnicas e instrumentos

Los instrumentos y las técnicas utilizadas para el análisis de la información recolectada durante cada uno de los ciclos se centran en:

1. Observaciones (participante, no participante y análisis funcional). Se realizó la grabación de los diferentes encuentros virtuales de la CODEP-IF en pleno, así como las sesiones de trabajo internas de cada grupo. La información producida en estas reuniones suma casi 60 horas de audio, las cuales fueron transcritas y codificadas, inicialmente para identificar patrones de presencia y de recurrencia a través de un proceso de análisis de contenido, y para reconocer las unidades de registro (Bardin, 2002), tomadas para la fase de análisis de resultados.

Se realizó una lectura inicial y utilizando el *software* NVivo se llevó a cabo una inspección de los posibles códigos que emergen de la frecuencia de palabras en las transcripciones de las sesiones grabadas, tanto en grupo como en plenaria. NVivo utiliza la palabra “código” para referirse a los temas que agrupan la

información sistematizada; estos códigos permiten desarrollar categorías de análisis que emergen de las diferentes relaciones encontradas en los instrumentos. Mediante un proceso de depuración de códigos, se obtienen las categorías con las cuales se analizan los diferentes productos para los grupos de la CODEP-IF.

2. Cuestionarios. Se realizó la adaptación del conocido instrumento desarrollado por Schmidt et al. (2009) llamado “conocimiento sobre la enseñanza y la tecnología para profesores en formación”, que abarca el conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (TPACK, por sus siglas en inglés), e incluye cuatro elementos de información sociodemográfica, 29 en escala de Likert y tres preguntas abiertas.

La sección de la escala de Likert del instrumento fue sometida a un análisis estadístico interno, mediante el *software* SPSS, para evidenciar la pertinencia de las preguntas y su correlación; arrojó un valor de alfa de Cronbach de 0,923, que, de acuerdo con los criterios propuestos por Arévalo Vecillas y Padilla Lozano (2016) y Cortina (1993), puede considerarse de excelente coherencia interna, lo que reafirma las razones que le han permitido ser un instrumento utilizado durante más de una década por parte del Centro para la Tecnología en la Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Estatal de Iowa y la Universidad de Michigan, en los Estados Unidos.

3. Entrevistas. Se llevaron a cabo dos entrevistas semiestructuradas, una al inicio y otra una vez finalizada la intervención, cada una de ellas buscaba recoger las impresiones de los diferentes grupos focales sobre el desarrollo de la formación en comunidad, y para encontrar tendencias y reflexiones que contribuyeran a la construcción de los aspectos metodológicos necesarios para la formación en incorporaciones didácticas de TIC.

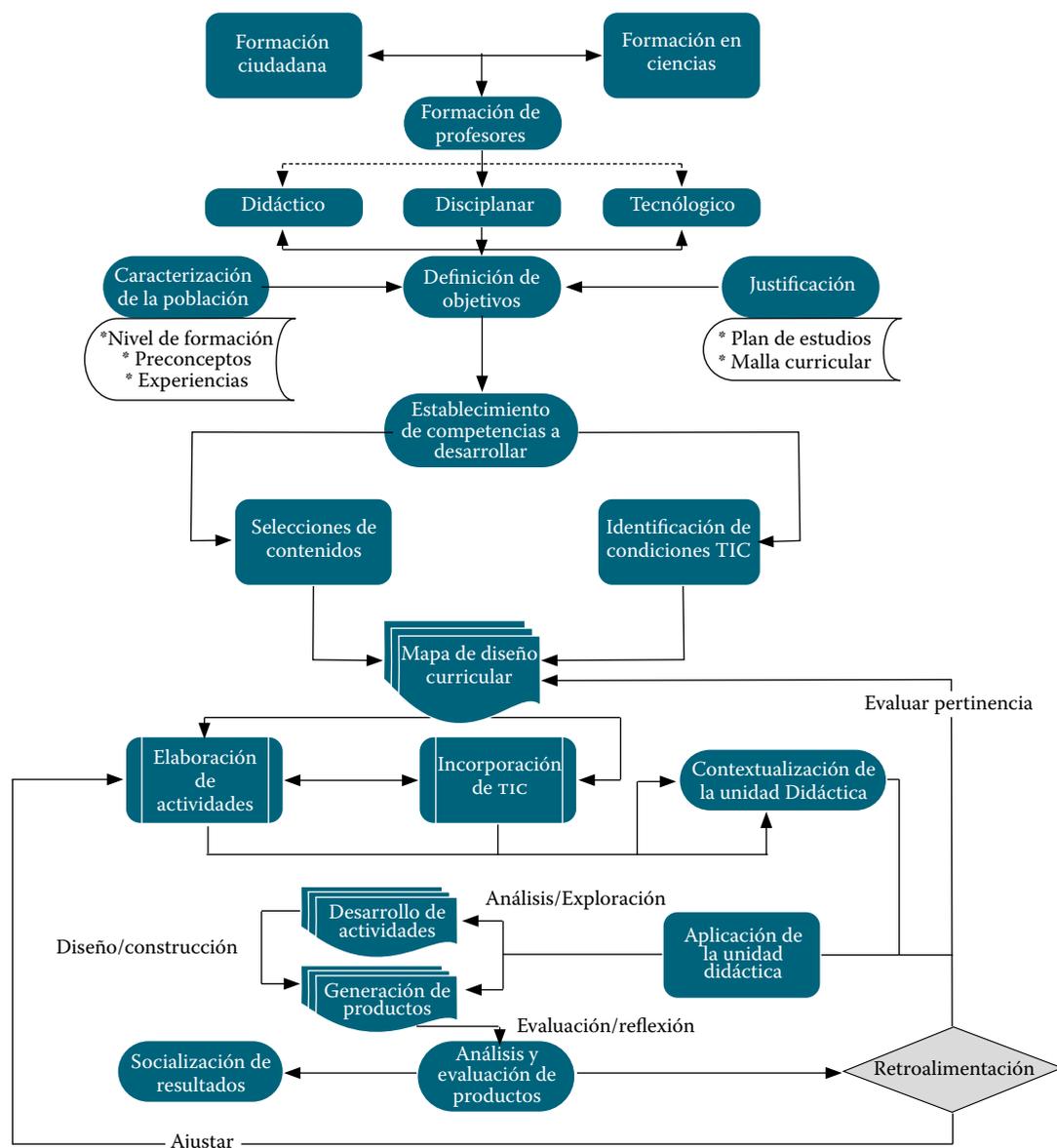
Se recurre a esta técnica en tanto que la entrevista permite, en palabras de Stake (1999), acceder a aquello que el investigador no ha visto pero que otros sí; además de descubrir y reflejar las múltiples visiones del caso.

Las preguntas y categorías de las entrevistas fueron validadas por un profesor experto en investigación en formación de profesores, un

profesor experto en didáctica de la química, dos profesores en ejercicio y un profesor de química en formación inicial ajeno a la experiencia de esta investigación.

Tanto el diseño de la unidad didáctica como la forma en que se aplican los instrumentos mediante los ciclos iterativos conforman la estructura metodológica que orientaron la intervención, tal y como se ve en la figura 2.

Figura 2. Diagrama de diseño y aplicación de la unidad didáctica



Fuente: Elaboración propia.

3 Resultados y discusión

A partir de la información recolectada por los diferentes instrumentos y técnicas, se realiza una fase de preanálisis para depurar los documentos y archivos que son analizados, cuyo resultado se presenta a continuación.

3.1 Observaciones (participante, no participante y análisis funcional)

Una vez realizadas las transcripciones contando con el apoyo de los servicios Amazon Web Services, se realizó el conteo de la frecuencia de palabras, que, junto con las categorías teóricas asumidas al inicio de la investigación, facilitaron la agrupación de términos para mejorar la depuración de códigos.

Una vez depurados, se establecieron las categorías que sirvieron para analizar los productos desarrollados por cada grupo durante toda la intervención, de cuyo análisis se obtienen aquellos aspectos que predominan entre la información recogida:

- Aspectos de comunidad. Se relacionan las características de una comunidad según los principios de Wenger (2001): compromiso mutuo, empresa conjunta y repertorio común en el desarrollo de las CODEP-FI. En esta categoría, también se incluyen los códigos asociados al apoyo orientador, como la colaboración generada entre los integrantes de las CODEP-FI, los momentos de discusión que se dieron en el grupo para abordar el trabajo con una TIC, la manera en que se tomaron las decisiones (liderazgo, consenso, argumentos, imposición) y las reflexiones sobre la relación comunidad-formación profesional.
- Aspectos didácticos y de diseño. Incluye códigos que se desarrollan en el campo didáctico, como las adaptaciones curri-

culares que pudieron haberse dado; los mecanismos diseñados para la consecución de los objetivos propuestos en las unidades didácticas; las correlaciones explícitas entre las estrategias de diseño y su materialización en la planeación de las actividades; los conceptos, las ideas y los imaginarios generados en el grupo sobre el diseño didáctico; la evidencia de la incurrancia en errores; el manejo y las consideraciones sobre el uso de las ideas previas en la planificación de actividades; los conceptos, las ideas y los imaginarios sobre la didáctica como ciencia; las evidencias sobre la importancia de la didáctica y los ejemplos concretos de acciones de autorregulación y metacognición.

- Aspectos tecnológicos. Códigos asociados a las evidencias en cuanto a la búsqueda de apoyo en las TIC para el desarrollo de las actividades; los conocimientos, las ideas y los imaginarios sobre las TIC en educación; las pruebas de la incorporación didáctica de las TIC; los diálogos y las evidencias sobre el diseño de propuesta de diseño de una TIC, y el uso y las aplicaciones de las TIC.

Los códigos que presentaron menor frecuencia se relacionan con los aspectos disciplinares y los histórico-epistemológicos, que no fueron abordados de manera permanente durante las sesiones de trabajo y se limitaron a pequeñas discusiones más de orden temático que reflexivo.

3.3.1 Cuestionario

Para los autores del instrumento utilizado, las preguntas permiten reconocer el estado de relaciones entre los conocimientos tecnológicos, pedagógicos y de contenido que establecen los profesores en formación. Schmidt et al. (2009) señalan que esta prueba puede ser ajustada a las necesidades de la población estudiada, e indican los aspectos y

las categorías que siempre deben estar correlacionadas. Si bien el instrumento es una clara herramienta del modelo TPACK (por sus siglas en inglés), la información obtenida sirve para reconocer el contexto tecnológico con el que cuentan los profesores en formación *ad portas* de su titulación y antes de la intervención de la unidad didáctica para la integración TIC-didáctica.

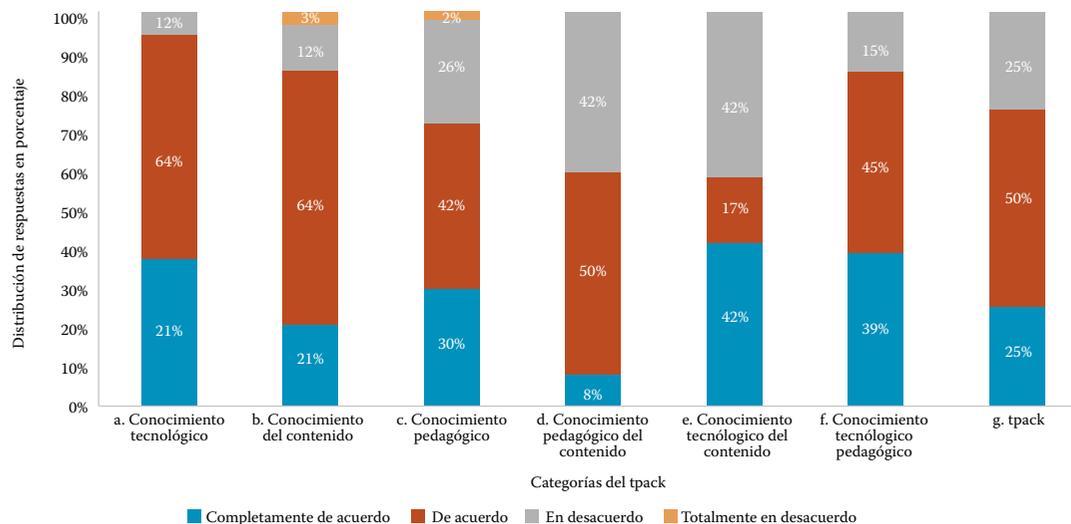
El cuestionario está distribuido en siete categorías de análisis: a) conocimiento tecnológico, b) conocimiento del contenido, c) conocimiento pedagógico, d) conocimiento pedagógico del contenido, e) conocimiento tecnológico del contenido, f) conocimiento pedagógico del contenido, g) conocimiento

tecnológico-pedagógico y g) conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido.

Cada categoría se estudia con diferente cantidad de ítems que tienden a abordar de manera general y no puntual. Se obtuvo la información presentada en la figura 3.

La parte final del instrumento consta de tres preguntas abiertas, en las que se les solicita a los profesores en formación narrar sus experiencias con la tecnología en el ámbito educativo, tanto en el rol de estudiantes como en el de profesores, y las expectativas frente a los cursos de formación en TIC que pueden recibir en lo que resta de su educación superior, tal y como se resume en la tabla 1.

Figura 3. Estado inicial del TPACK en los profesores en formación



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Resumen de respuestas a experiencias con TIC en la formación

Ítem	Contenido abordado	TIC	Enfoque de enseñanza
Pregunta 1 Experiencias TIC -estudiantes	Radioquímica (desintegración alfa y beta)	Simuladores	Clase teórica demostrativa
	Fisicoquímica (calor específico)	Simuladores	Clase tradicional expositiva
	Química ambiental	Simuladores	Clase teórica demostrativa
	Análisis instrumental (ley de Beer)	Simuladores	Laboratorio experimental
	Física (ecuación de Bernoulli)	Simuladores	Clase tradicional expositiva
	Didáctica de las ciencias (modelización)	Simuladores	Trabajo en grupo
	Termodinámica (máquinas de vapor)	Multimedia	Resolución de problemas
	Química inorgánica	Simuladores	Laboratorio experimental

Ítem	Contenido abordado	TIC	Enfoque de enseñanza
Pregunta 2 Experiencias TIC-profesores	Cambio químico	Videos	Resolución de problemas
	Evaluación	Multimedia	Resolución de problemas
	Hidrocarburos	Multimedia	Resolución de problemas
	Macromoléculas	Multimedia	Resolución de problemas
	Estados de agregación	Multimedia	Resolución de problemas
	Compuestos inorgánicos	Simulador	Resolución de problemas
	Energía nuclear	Multimedia	Resolución de problemas
Concentración de soluciones	Multimedia	Resolución de problemas	
Pregunta 3 Expectativas frente a la formación en TIC	Empleo y manejo de TIC		
	Diseño y planeación de actividades		
	Modelos de virtualización		
	Integración de TIC		
	Diseño de material didáctico digital		

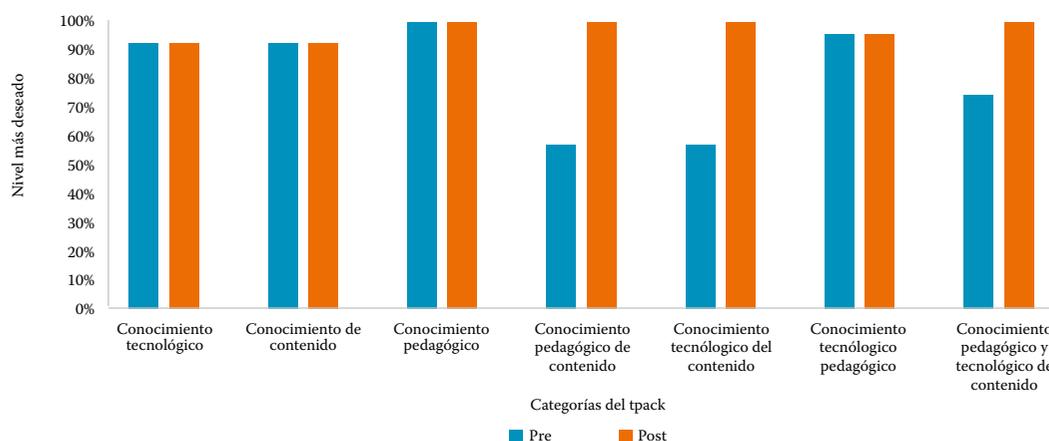
Fuente: Elaboración propia.

Con la aplicación inicial del instrumento, se evidencia que las tendencias con las que han sido formados los nuevos profesores siguen atadas a modelos expositivos y demostrativos, en que las TIC son una “herramienta” para confirmar o demostrar lo abordado de manera teórica en la clase. A pesar de tener una clara tendencia al uso de simuladores, la experiencia con la incorporación de TIC es básica y no pasa de ser una forma “llamativa” de atraer la atención de los estudiantes por algunas sesiones, pues manifiestan que este tipo de uso de TIC no fue constante.

Como profesores en formación, la tendencia es utilizar productos multimedia, la gran mayoría elaborados por terceros, aplicando un enfoque de resolución de problemas. Los temas son variados, pero el uso de las TIC tiende a ser “herramientas” para apoyar actividades de explicación de conceptos y evaluación de temas. Dentro de las expectativas declaradas, se evidencia el deseo de mejorar los conocimientos sobre TIC y su integración con procesos de enseñanza-aprendizaje, mediante la elaboración y el uso de diferentes tipos de tecnologías.

Al finalizar la intervención de la unidad didáctica, se aplicó nuevamente el cuestionario, en atención al análisis grupal de cada ítem. Se puede resumir en las comparaciones que evidencian avances, retrocesos o continuidad en las percepciones que tienen los profesores en formación frente al conocimiento sobre la relación enseñanza, ciencia y tecnología.

Una vez comparados con los resultados iniciales (figura 4), se ve que las categorías dentro del TPACK (por sus siglas en inglés) asociadas al conocimiento pedagógico del contenido, al conocimiento tecnológico del contenido y al conocimiento pedagógico y tecnológico del contenido son las que presentan una mejora considerable, que permiten inferir una relación directa con el abordaje didáctico dado durante la intervención. Si bien esta información no permite identificar los aspectos concretos de los cambios, sirve para comparar con la información obtenida por medio de las técnicas cualitativas aplicadas.

Figura 4. Comparativa, cuestionario pre y post

3.3.2 Entrevistas

Las orientaciones de cada una de las preguntas de la entrevista giraron en torno a conocimientos sobre tres aspectos de la siguiente manera:

1. Conocimiento didáctico
 - a. Diseño didáctico para la enseñanza de la química
 - b. Aportes de la historia y la filosofía de la ciencia
 - c. Estrategias de evaluación
2. Conocimiento didáctico-tecnológico
 - a. Tipología de TIC para la enseñanza de las ciencias

- b. Estrategias de integración de TIC en diseños didácticos
- c. Diseño de TIC para apoyar estrategias de integración TIC

3. Trabajo en comunidad

- a. Causas/consecuencias del trabajo en comunidad mediado por redes virtuales
- b. Roles dentro de la CODEP-FI mediada por redes virtuales

La primera entrevista contaba con ocho preguntas, mientras que la segunda con cinco, sin embargo, estas fueron tomadas como preguntas orientadoras que permitieron desarrollar diálogos directos con cada uno de los grupos de las CODEP-FI.

Tabla 1. Preguntas, entrevistas 1 y 2

Preguntas, entrevista 1	Preguntas, entrevista 2
¿Qué importancia dan los docentes en formación a la didáctica de la química al finalizar el primer ciclo de diseño de la unidad didáctica con incorporación de TIC?	¿Qué saberes debe manejar un profesor de Química para los escenarios del siglo XXI?
¿Qué diferencias significativas encuentran los docentes en formación frente a su interpretación de diseño didáctico antes y después del ejercicio de diseño?	¿Qué tipo de conocimientos tecnológicos debe tener un profesor de Química del siglo XXI?
¿De qué manera se puede soportar el diseño didáctico para la enseñanza de la química en la historia y la filosofía de la ciencia?	¿De qué manera debe un profesor de Química abordar la incorporación de TIC en sus diseños didácticos?
¿Qué tan importante es el conocimiento sobre TIC para la enseñanza de la química?	¿Qué tan apropiado/oportuno es el modelo de incorporación de TIC presentado?
¿De qué manera es más efectiva la incorporación de TIC en diseños didácticos para la enseñanza de la química?	¿De qué manera se interpreta la conformación de comunidades de desarrollo profesional de profesores?

Preguntas, entrevista 1	Preguntas, entrevista 2
¿Existe relación entre los tipos de TIC y el diseño de actividades para la unidad didáctica?	
¿Qué mecanismos son más apropiados para realizar el seguimiento y la evaluación del diseño didáctico con incorporación de TIC?	
¿Qué aspectos significativos encuentran los docentes en formación al trabajo en comunidades de desarrollo profesional?	

Fuente: Elaboración propia.

El resumen de los códigos presentes para cada categoría tomados a partir de la codificación de la entrevista 1 permite identificar que los aspectos más importantes se resaltan sobre las relaciones entre TIC y didáctica, y las exigencias de formación de los profesores en formación para identificar las maneras en que se deben realizar los procesos de diseño con TIC se centran en las estrategias de incorporación, los conocimientos necesarios sobre TIC, la definición sobre diseño didáctico y las reflexiones en torno a la didáctica.

En la entrevista 2, el propósito era recoger impresiones particulares sobre el proceso de formación mediado por la comunidad y apoyado en el desarrollo de la unidad didáctica para la incorporación didáctica-TIC. Cada una de las preguntas semiestructuradas fueron abordadas con los grupos focales para identificar cambios, reestructuraciones y adaptaciones generadas durante el proceso de intervención.

El resumen de los códigos presentes para cada categoría permite identificar que los aspectos más importantes se centran en los saberes propios del profesor del siglo XXI, reflexiones sobre los procesos de incorporación de TIC, la dinámica de comunidad y la construcción de una interpretación propia del modelo de incorporación didáctica de TIC.

3.3.3 Comparativa entre entrevistas

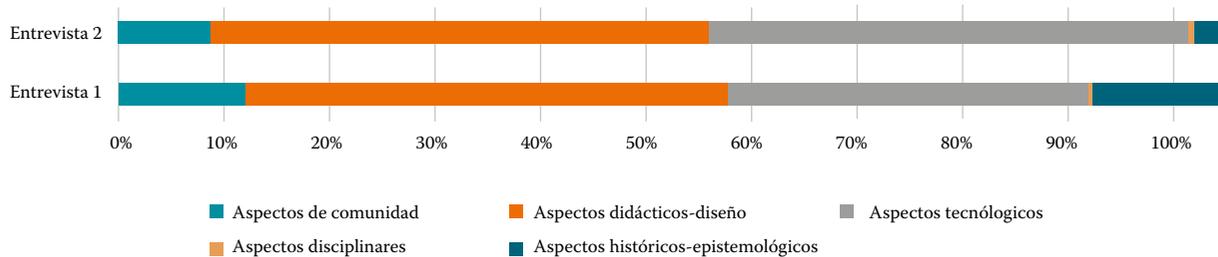
En la entrevista inicial, se percibe una preocupación ante las escasas herramientas didácticas con las que cuentan los profesores

en formación, quienes consideran que no saben cómo abarcar un problema didáctico y darle solución, así como asocian la didáctica a ejercicios lúdicos más que a una ciencia, y reconocen que no tenían claridad frente a los procesos que existen detrás de una planeación de clases.

En ambos diálogos, se resalta la importancia de los hechos históricos en el momento de enseñar química, pero manifiestan debilidades en saber de qué manera se relaciona la historia con la enseñanza de la química. El grupo expresa haber considerado que los aspectos más importantes de enseñar de la química se relacionan con la matematización, la formulación y la explicación atómico-molecular de los fenómenos.

Expresan haber manejado varias TIC en su formación profesional, pero no como estrategia de aprendizaje, sino principalmente como instrumentos de presentación de información, y cuestionan la falta de incorporación por parte de sus profesores universitarios y escolares.

Para la segunda entrevista, los profesores en formación manifiestan las diferencias que encontraron entre la primera y última fase de diseño de sus unidades didácticas; se centran en la importancia de las TIC en el diseño didáctico. Resaltan en sus intervenciones aquello que un profesor de Química debe saber para mejorar sus clases, con énfasis en la importancia del saber tecnológico, que sugieren debe estar “por encima del conocimiento de los estudiantes”.

Figura 5. Frecuencia de códigos en las categorías para entrevistas 1 y 2

Fuente: Elaboración propia.

Reconocen que inicialmente intentaron ajustar sus actividades a lo que las TIC podían ofrecerles; pero, a medida que se desarrolla la intervención, encuentran que es más importante centrar la atención en el objetivo de la actividad, y así encontrar una TIC que pueda apoyar las tareas asociadas.

La frecuencia y presencia de los códigos que se conjugan en las categorías de análisis puede verse en comparación entre las dos entrevistas en la figura 5.

4 Conclusiones

Los aspectos didácticos identificados se relacionan principalmente con la reflexión sobre el papel de la didáctica en la toma de decisiones para la incorporación de las TIC, además de la necesidad de generar dinámicas alternativas para el diseño didáctico.

El desarrollo de la intervención, orientada por la UDTIC mediante los ciclos iterativos de la IDE, permite abordar en diferentes momentos de la intervención los ajustes necesarios para superar las dificultades emergentes y, a su vez, identificar las interacciones didácticas generadas por el grupo de profesores en formación inicial.

El grupo de profesores seleccionado presenta al inicio de la intervención un bajo nivel de reflexión sobre la incorporación de las TIC en

los diseños didácticos para enseñar ciencias, química en este caso, además de presentar algunos errores conceptuales de orden disciplinar y didáctico, que dificultan el desarrollo de las actividades solicitadas.

Si bien el abordaje metodológico facilita a los profesores noveles desarrollar su capacidad de diseño, es evidente que, a través de la experiencia que se adquiere en la práctica profesional, varios de los pasos pueden ser cada vez menos dispendiosos, al considerar que la unidad didáctica desarrollada por los profesores en formación tomó un semestre académico, y su posible aplicación permitiría el abordaje de una sola unidad temática en el contexto escolar, posiblemente el equivalente a un bimestre escolar.

El modelo de comunidad adoptado (CODEP-FI) presenta una serie de ventajas sobre los otros modelos de comunidades, en tanto permite a los integrantes discutir y reflexionar sobre un objeto de estudio particular en educación, mediante la socialización de prácticas y su evaluación en diferentes niveles (co-, auto-, hetero-); requiere solo un profesor que lidere esta práctica.

Se puede afirmar, entonces, que para reconocer las interacciones de las comunidades de desarrollo profesional-formación inicial sobre la incorporación de TIC en diseños didácticos, se deben analizar los diálogos que se generan entre los integrantes

de la comunidad respecto de las discusiones sobre la toma de decisiones en los procesos de diseño didáctico, la selección de las TIC, las características del diseño didáctico y de las actividades que incorporan esas TIC y los requisitos conceptuales y metodológicos necesarios para el diseño didáctico con incorporación de TIC.

La ventaja de la metodología presentada es que, cuanto mayor experticia desarrolle el profesor, más fácil le será considerar la globalidad de lo que se desea enseñar, pues, mientras eso sucede, será necesario detenerse ante las minucias de lo que pretende desarrollar.

El aporte de este trabajo apoya tal desarrollo para la formación del profesorado en el campo de las TIC, propone un abordaje metodológico desde las CODEP-FI regulado metodológicamente por la IDE, para generar construcciones teóricas que solucionen los problemas propios de la formación profesional del profesor en TIC.

Las interacciones de tipo didáctico generadas en el grupo de profesores evidencian el diseño de actividades didácticas con incorporaciones de TIC mucho más pertinentes, que parten de la reflexión sobre el propósito de la integración y la manera en que esta puede soportar las estrategias de enseñanza y aprendizaje elaboradas.

Como se señaló, este estudio se limita a un solo grupo de profesores con unas características y un contexto particular. La revisión de la literatura sobre las experiencias previas permite considerar que estos resultados pueden influir de manera evidente si se considera para los programas de formación inicial de profesores y, por consiguiente, los proyectos de formación continuada para profesores en ejercicio.

Financiación

Esta investigación no tiene financiación externa.

Agradecimientos

Al programa de Licenciatura en Química y sus estudiantes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Diseño de la investigación, análisis de datos, metodología, revisión del artículo, todas las funciones a cargo de los dos autores, y ambos han leído y aprobado la versión enviada a la revista.

Referencias

- Abella-Peña, L. (2019). La inclusión de recursos digitales para la enseñanza de la Química: Qué se ha hecho y qué falta por hacer. Un estado del arte. En M. Quintanilla-Gatica y M. Vauras (comps.), *Inclusión digital y enseñanza de las ciencias: Aprendizaje de competencias del futuro para promover el desarrollo del pensamiento científico* (pp. 147-167). Bellaterra, Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de las Ciencias. <http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/downloads/2020/01/Libro-digital-Inclusi%C3%B3n-Digital-y-Ense%C3%B1anza-de-las-Ciencias.pdf>
- Abella-Peña, L. (2021). Las comunidades de desarrollo profesional de profesores y la incorporación de TIC: Una revisión actualizada. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, n.º Extraordinario, 127-132. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/download/15070/9884>
- Abella-Peña, L. y García-Martínez, Á. (2010). El uso de videojuegos para la enseñanza de las ciencias: Nuevos desafíos al papel docente. *Revista EDUCyT*, 2, 2215-

8227. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7563/2.pdf?sequence=1>
- Arévalo AVECILLAS, D. X. y Padilla Lozano, C. P. (2016). Medición de la confiabilidad del aprendizaje del programa RStudio Mediante Alfa de Cronbach. *Revista Politécnica*, 37(1), 68-68. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/469/pdf
- Arias Gil, V. y López Ríos, S. Y. (2016). *Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: Una mirada a la investigación en la línea respecto de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica* [ponencia]. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, Buenos Aires. https://www.researchgate.net/profile/Vanessa-Arias-Gil/publication/344047442_Las_TIC_en_la_educacion_en_ciencias_en_Colombia_una_mirada_al_estado_actual_de_la_investigacion_en_la_linea_ya_su_contribucion_a_los_propositos_de_la_educacion_en_ciencias/links/5f4fd6b692851c250b8b280b/Las-TIC-en-la-educacion-en-ciencias-en-Colombia-una-mirada-al-estado-actual-de-la-investigacion-en-la-linea-ya-su-contribucion-a-los-propositos-de-la-educacion-en-ciencias.pdf
- Aristizábal Fúquene, A. y García-Martínez, Á. (2017). Fortalecimiento de la identidad profesional docente a través del trabajo en comunidades de desarrollo profesional que trabajan con la historia de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, n.º Extra, 3599-3604. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337118/427986>
- Aristizábal Fúquene, A. y García-Martínez, Á. (2020). La formación inicial de docentes a partir de su interacción en una comunidad de desarrollo profesional. En A. Molina Andrade (ed.), *Investigación y formación de profesores de ciencias: Diálogos de perspectivas latinoamericanas* (pp. 273-300). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. https://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/investigacion_y_formacion_de_profesores_de_ciencias_dialogos_de_perspectivas_latinoamericanas.pdf
- Aristizábal Fúquene, A., Cala Cristancho, L. y Morales Pérez, R. (2010). Comunidades de desarrollo profesional de profesores de ciencias: Una mirada desde la articulación entre la educación media y superior. *Tekne*, 7(33).
- Avalos, B. (2011). Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years. *Teaching and Teacher Education*, 27(1), 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007>
- Baran, E., Uygun, E. y Altan, T. (2017). Examining preservice teachers' criteria for evaluating educational mobile apps. *Journal of Educational Computing Research*, 54(8), 1117-1141. <https://doi.org/10.1177/0735633116649376>
- Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido*. Akal.
- Baumgartner, E., Bell, P., Brophy, S., Hoadley, C., Hsi, S., Joseph, D., Orrill, C., Puntambekar, S., Sandoval, W. y Tabak, I. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Becuwe, H., Tondeur, J., Pareja Roblin, N., Thys, J. y Castelein, E. (2016). Teacher design teams as a strategy for professional development: The role of the facilitator. *Educational Research and Evaluation*, 22(3-4), 141-154. <https://doi.org/10.1080/13803611.2016.1247724>
- Borko, H., Jacobs, J. y Koellner, K. (2010). Contemporary approaches to teacher professional development. *International Encyclopedia of Education*, 7(2), 548-556. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00654-0>

- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2
- Cejas-León, R. (2018). *La formación en TIC del profesorado y su transferencia a la función docente: Tendiendo puentes entre tecnología, pedagogía y contenido disciplinar* [tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/525864/rc11de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cejas-León, R. y Navío-Gámez, A. (2020). Sobre la formación tecnopedagógica del profesorado: La visión de los expertos y formadores. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 11(31), 150-164. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2020.31.711>
- Chai, C. S. (2019). Teacher professional development for science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A review from the perspectives of technological pedagogical content (TPACK). *Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 5-13. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0400-7>
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. *New Directions in Educational Technology*, 96, 15-22. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77750-9_2
- Cortina, J. M. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of Applied Psychology*, 78(1), 98-104. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.78.1.98>
- Couso, D. (2009). *Science teachers' professional development in contexts of educational innovation: Analysis of three initiatives*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Da Silva, M. M. O., Teixeira, J. M. X. N., Cavalcante, P. S. y Teichrieb, V. (2019). Perspectives on how to evaluate augmented reality technology tools for education: A systematic review. *Journal of the Brazilian Computer Society*. <https://doi.org/10.1186/s13173-019-0084-8>
- De Benito Crosetti, B. y Salinas Ibáñez, J. M. (2016). La investigación basada en diseño en tecnología educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 44-59. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>
- De Vries, M. J., Van Keulen, H., Peters, S. y Van der Molen, J. W. (eds.) (2012). *Professional development for primary teachers in science and technology*. Springer Science & Business Media.
- Donnelly, D., McGarr, O. y O'Reilly, J. (2011). A framework for teacher's integration of ICT into their classroom practice. *Computers and Education*, 57(2), 1469-1483. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.02.014>
- García-Martínez, Á. (2009). La formación de profesores de ciencias a través de su interacción en comunidades de desarrollo profesional. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Extraordinario*, 77-83. <https://doi.org/10.17227/01203916.174>
- García-Martínez, Á. (2013). La práctica docente de profesores en formación a través de su interacción en comunidades de desarrollo profesional. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, n.º Extra, 1450-1454. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307265/397238>
- García-Martínez, Á., Hernández Barbosa, R. y Abella-Peña, L. (2018). Diseño del trabajo de aula: Un proceso fundamental hacia la profesionalización de la acción docente. *Revista Científica*, 3(33), 316-331. <https://doi.org/10.14483/23448350.12623>
- García-Martínez, Á., Hernández Barbosa, R., Abella Peña, S., Valbuena Rojas, A., González, B. C., Prieto, D. A., Muñoz, L. M. y Gómez, D. A. (2018). *La formación de*

- profesores de ciencias a través del diseño curricular mediado por las TIC*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. https://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/la_formacion_de_profesores_de_ciencias_a_traves_del_diseno_curricular_mediado_por_las_tic.pdf
- Giordan, M. y Gois, J. (2009). Entornos virtuales de aprendizaje en química: Una revisión de la literatura. *Educación Química*, 20(3), 301-313. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30030-2](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30030-2)
- Glackin, M. (2019). 'It's more than a prop': Professional development session strategies as sources of teachers' self-efficacy and motivation to teach outside the classroom. *Professional Development in Education*, 45(3), 372-389. <https://doi.org/10.1080/19415257.2018.1490917>
- Hartshorne, R., Baumgartner, E., Kaplan-Rakowski, R., Mouza, C. y Ferdig, R. (2020). Special issue editorial: Preservice and inservice professional development during the covid-19 pandemic. *Journal of Technology and Teacher Education*, 28(2), 137-147. <https://www.learntechlib.org/primary/p/216910/>
- Jiménez Becerra, A. (2020). *Pedagogía y formación docente en Colombia*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Jimoyiannis, A. (2009). Factors determining teachers' beliefs and perceptions of ICT in education. En *Encyclopedia of information communication technology* (pp. 321-334). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-845-1.ch043>
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers y Education*, 55(3), 1259-1269. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.022>
- Kopcha, T. J. (2012). Teachers' perceptions of the barriers to technology integration and practices with technology under situated professional development. *Computers and Education*, 59(4), 1109-1121. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.014>
- Lincoln, Y. S., Lynham, S. A. y Guba, E. G. (2018). Paradigmatic controversies, contradictions, and emerging confluences, revisited. En *The SAGE Handbook of qualitative research* (5.ª ed., pp. 213-263). Sage.
- Liu, K. Y. (2012). A design framework for online teacher professional development communities. *Asia Pacific Education Review*, 13(4), 701-711. <https://doi.org/10.1007/s12564-012-9230-0>
- Looi, C. K., Sun, D., Kim, M. S. y Wen, Y. (2018). The impact of a professional development model for a mobilized science curriculum: A case study of teacher changes. *Research in Science and Technological Education*, 36(1), 86-110. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1409704>
- Marzábal, A., Rocha, A. y Toledo, B. (2015). Science teachers' professional development characterization - part I: Implicit representations systems in professional teaching epistemology. *Educación Química*, 26(2), 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.006>
- McKenney, S. y Reeves, T. C. (2012). *Conducting educational design research*. Routledge.
- McKenney, S. y Reeves, T. C. (2014). Educational design research. En J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen y M. J. Bishop (eds.), *Handbook of research on educational communications and technology: Fourth edition* (pp. 131-140). Springer.
- McKenney, S., Kali, Y., Markauskaite, L. y Voogt, J. (2015). Teacher design knowledge for technology enhanced learning: An ecological framework for investigating assets and needs. *Instructional Science*, 43(2), 181-202. <https://doi.org/10.1007/s11251-014-9337-2>

- Ministerio de Educación Nacional. (2013). *Sistema colombiano de formación de educadores y lineamientos de política*. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articulos-345485_anexo1.pdf
- Mishra, P. y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mosquera Suárez, C. J. (2011). La investigación sobre la formación de profesores desde la perspectiva del cambio didáctico. *Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación*, 3(6), 265-282. <https://doi.org/10.11144/javeriana.m3-6.isfp>
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>
- Parga Lozano, D. L. y Mora Penagos, W. M. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: Conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación Química*, 25(3), 332-342. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70549-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70549-X)
- Philipsen, B., Tondeur, J., McKenney, S. y Zhu, C. (2019). Supporting teacher reflection during online professional development: A logic modelling approach. *Technology, Pedagogy and Education*, 28(2), 237-253. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2019.1602077>
- Raval, H., Mckenney, S. y Pieters, J. (2014). Remedial teaching in Indian under-resourced communities: Professional development of para-teachers. *International Journal of Educational Development*, 38, 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.ijedu-dev.2014.02.004>
- Roa Acosta, R. (2009). Formación de profesores en el paradigma de la complejidad. *Educación y Educadores*, 9(1), 149-157. <http://www.scielo.org.co/pdf/eded/v12n3/v12n3a05.pdf>
- Rocha Fernandes, G. W., Rodrigues, A. M. y Ferreira, C. A. (2020). Professional development and use of digital technologies by science teachers: A review of theoretical frameworks. *Research in Science Education*, 50(2), 673-708. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9707-x>
- Sacristán, J. G. (2012). Tecnología y educación: ¿Qué hay de nuevo? En G. Hoyos Vásquez (ed.), *Filosofía de la educación* (pp. 129-156). Trotta.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J. y Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (Track): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *American Education Research Association*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1175860>
- Simon, S. y Campbell, S. (2012). Teacher learning and professional development in science education. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. J. McRobbie (eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 307-321). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_22
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudios de caso*. Morata.
- Tan, A. y Tan, S. C. (2017). Science teachers' engagement with ICT in Singapore: Different perspectives. En W. Chen, J.-C. Yang, A. F. Mohd Ayub, S. L. Wong y A. Mitrovic (eds.), *Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education* (pp. 937-945). http://icce2017.canterbury.ac.nz/proceedings_main

- Tondeur, J., Van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P. y Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers and Education*, 59(1), 134-144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009>
- Urzúa Hernández, M. del C., Rodríguez Pineda, D. P., López Valentín, D. M., Flores López, M. L., Cruz Cruz, E. y Eustaquio Ruiz, R. (2019). Perfiles sobre uso de TIC en la clase de ciencias naturales en educación básica: De lo declarativo a lo argumentativo desde una comunidad de desarrollo profesional docente. *Revista Electrónica de Investigación e Innovación Educativa*, 4(4), 104-125.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. y Nieveen, N. (ed.) (2006). *Educational design research*. Routledge.
- Voogt, J., Laferrière, T., Breuleux, A., Itow, R. C., Hickey, D. T. y McKenney, S. (2015). Collaborative design as a form of professional development. *Instructional Science*, 43(2), 259-282. <https://doi.org/10.1007/s11251-014-9340-7>
- Voogt, J., Westbroek, H., Handelzalts, A., Walraven, A., McKenney, S., Pieters, J. y De Vries, B. (2011). Teacher learning in collaborative curriculum design. *Teaching and Teacher Education*, 27(8), 1235-1244. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.07.003>
- Wenger, E. (2001). *Comunidades de práctica*. Paidós.
- Zaccarelli, F. G., Schindler, A. K., Borko, H. y Osborne, J. (2018). Learning from professional development: A case study of the challenges of enacting productive science discourse in the classroom. *Professional Development in Education*, 44(5), 721-737. <https://doi.org/10.1080/19415257.2017.1423368>
- Zydney, J. M. y Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers and Education*, 94, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.001>