



BASES CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS DE UNA PROPUESTA DE FORMACIÓN SOPORTADA EN TIC PARA PROFESORES DE QUÍMICA EN FORMACIÓN INICIAL

Conceptual and methodological bases of a training proposal supported by ICT for preservice chemistry teachers

Leonardo Enrique Abella-Peña [leabellap@udistrital.edu.co]
*Secretaría de Educación de Bogotá.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
Sede Aduanilla de Paiba, Calle 13 N°31-75, Bogotá, Colombia.*

Álvaro García-Martínez [alvaro.garcia@udistrital.edu.co]
*Docente Doctorado Interinstitucional en Educación.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
Sede Aduanilla de Paiba, Calle 13 N°31-75, Bogotá, Colombia.*

Resumen

El desarrollo de habilidades digitales por parte del profesorado, en todos los niveles educativos, es una necesidad imperante. El objetivo de esta investigación fue el analizar los alcances de una propuesta didáctica de formación docente en TIC, desarrollada a través de la creación de una comunidad de desarrollo profesional, para profesores de química (CODEP) en formación inicial (FI) gestionada mediante ciclos iterativos desde la perspectiva de la investigación de diseño educativo (IDE). La investigación se desarrolló con un grupo de 12 estudiantes de último semestre de pregrado de la licenciatura en química. Durante los ciclos iterativos, bajo las orientaciones metodológicas de la IDE, se aplicaron instrumentos, como cuestionarios estandarizados y entrevistas, y se analizaron documentos generados por los participantes para el seguimiento de su aprendizaje. El análisis se realiza mediante una triangulación metodológica, se identifican las condiciones iniciales de los profesores participantes y su evolución durante la intervención. Se encuentra finalmente, que los ciclos iterativos y las actividades que componen la unidad didáctica brindan herramientas didácticas, metodológicas y tecnológicas para mejorar las estrategias de diseño didáctico y la incorporación de TIC en propuestas para la enseñanza de la química a nivel de educación secundaria.

Palabras Clave: formación de profesores; habilidades digitales; Comunidad de desarrollo profesional; Investigación de diseño educativo; Enseñanza de la química.

Abstract

The development of digital skills by teachers at all educational levels is a pressing need. The objective of this research was to analyze the scope of a didactic proposal for teacher training in ICT, developed through the creation of a professional development community for chemistry teachers (CODEP) in initial training (IF) managed through iterative cycles from the perspective of educational design research (EDI). The research was developed with a group of 12 students in their last semester of undergraduate chemistry degree. During the iterative cycles, under the methodological guidelines of the IDE, instruments such as standardized questionnaires and interviews were applied, and documents generated by the participants for the follow-up of their learning were analyzed. The analysis is carried out through a methodological triangulation, identifying the initial conditions of the participating teachers and their evolution during the intervention. Finally, it is found that the iterative cycles and the activities that compose the didactic unit provide didactic, methodological and technological tools to improve the didactic design strategies and the incorporation of ICT in proposals for the teaching of chemistry at the secondary school level.

Keywords: teacher training; digital skills; professional development community; educational design research; Chemistry teaching.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la comunicación y la información (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 una constante producción y publicación de diferentes tipos de materiales multi e hipermediales. Las redes sociales y la simplificación, en ocasiones sumamente reduccionista, 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 que sepan buscar la mejor información, hacer lo correcto con ella y ser capaces de resolver un sinnúmero de situaciones posibles.

La enseñanza de las ciencias, y en este caso el de la química, requiere una apropiada selección de contenidos, una adecuada secuencia de actividades y una incorporación de TIC pertinente y acertada, que se adapte a los contextos particulares de los estudiantes y profesores, y que esté actualizada permanentemente ante la nueva sociedad de conocimientos. Dirigir este enorme encargo social requiere de un amplio número de actores, desde aquellos que organizan las políticas públicas, los que administran los servicios educativos y quienes terminan siendo los principales responsables de las transformaciones de las prácticas: los profesores.

Numerosas publicaciones (Abella-Peña, 2019; Daza Pérez *et al.*, 2009; Giordan & Gois, 2009; Gómez Crespo *et al.*, 2014; Gupta-Bhowon *et al.*, 2009; Martínez-Argüello *et al.*, 2018; Pietzner, 2014), han encontrado que la enseñanza en general, y en nuestro caso particular de la química mediada por tecnologías, requiere de un profesional de la educación capacitado para asumir los retos que deparan los nuevos entornos de enseñanza y aprendizaje, que pueden requerir de habilidades nunca antes solicitadas, como aquellas necesarias para superar la educación en medio de una pandemia, como la vivida por el COVID-19.

El objetivo de este artículo es aportar en términos de resultados, los alcances de una propuesta didáctica de formación docente en TIC orientada a identificar criterios didácticos y tecnológicos, que diseñó una comunidad de desarrollo profesional para profesores de química (CODEP) en formación inicial (FI), una *CODEP-FI* (Abella-Peña & García-Martínez, 2022).

Esta propuesta fue gestionada mediante ciclos iterativos desde la perspectiva de la investigación de diseño educativo, en la búsqueda de mejorar los procesos de diseño didáctico e incorporación de TIC para la enseñanza de la química.

Formación de profesores de ciencias en TIC

Una de las grandes apuestas de la segunda década del siglo XXI en cuanto a formación de profesores, es ofrecer programas que permitan la apropiación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la enseñanza de los múltiples conocimientos que circulan en la escuela.

Tanto en la formación inicial como en la formación continua, es necesario que el profesor comprenda los contextos en que se deben explicitar sus conocimientos, por lo tanto, todo programa de formación de profesores debe, como lo menciona Voogt *et al.* (2011), ser capaz de ofrecerle al profesor herramientas para:

- 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 continua.
- Ser coherente con los objetivos de desarrollo profesional de los maestros y los objetivos para el aprendizaje de sus alumnos.
- Tener continuidad.

La enseñanza de las ciencias en general no está ajena a las necesidades planteadas y ha ofrecido múltiples diagnósticos y revisiones académicas frente a los procesos de formación de profesores, particularmente en el campo de las TIC. Sobre este tópico se concluye que es necesario abordar la formación de profesores de una manera más integral, comprendiendo que no es necesariamente el mejor experto en TIC quien debe orientar estos procesos, sino aquel experto en educación que tiene la experiencia de realizar incorporaciones didácticas de TIC a contenidos enseñables.

Tondeur *et al.* (2012) analiza diferentes experiencias de formación inicial de profesores en tecnologías y señala 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

Así mismo, Cejas-León *et al.* (2020) sugieren que para mejorar la preparación de los profesores en términos de TIC se debe tener en cuenta 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, cuando, donde y porqué enseñar), que les permita diseñar y planear secuencia y unidades didácticas con las que pueda resolver problemas reales de enseñanza y aprendizaje de la química.

La formación de los profesores de química requiere entonces desarrollar modelos alternativos, que permita 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.

METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta que la investigación desarrollada buscaba identificar los resultados de una propuesta didáctica de formación en TIC a partir del desarrollo de una *CODEP-FI*, gestionada desde la perspectiva de ciclos iterativos de la investigación de diseño educativo (*IDE*) (Educational Design Research, van den Akker *et al.*, 2006), se tomó una postura sociocrítica y participativa (Lincoln *et al.*, 2018).

Esta postura se caracteriza por resaltar que la intención de la intervención fue comprender, pero a su vez transformar prácticas de los profesores en formación, para de esta forma, no solo observar el proceso, sino hacer parte activa del mismo.

La *IDE* propone que los productos de los ciclos iterativos (de intervención) que se abordan en el diseño educativo deben promover la generación de nuevo conocimiento, es decir, 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.

Debido a que la *IDE* no es en sí misma una metodología, pero acude a múltiples métodos y técnicas para abordar e identificar los problemas de investigación, su valor se encuentra en la capacidad para mejorar las prácticas educativas (McKenney y Reeves, 2014), por lo que esta investigación también se apoya en el marco metodológico del estudio de caso múltiple inclusivo explicativo y transformador (Coller, 2005), al propiciar una transformación en las práctica de diseño didáctico de los integrantes de la *CODEP-FI*.

Propuesta de Formación

Retomando los aportes de la didáctica de la química 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 construye una propuesta de formación docente a partir de la *CODEP-FI* orientada mediante una estrategia didáctica consistente en una unidad didáctica (*UD*), para abordar el conocimiento didáctico necesario para la integración de TIC a la enseñanza de la química en educación secundaria, o *UDTIC*.

Para la construcción de la estrategia didáctica que orienta la propuesta, se toman en cuenta múltiples conclusiones de trabajos orientados hacia la formación en TIC de profesores de ciencias (Cejas León, 2018; Cejas-León & Navío-Gámez, 2020; García-Martínez *et al.*, 2018; Jimoyiannis, 2009, 2010; McKenney *et al.*, 2015; Sacristán, 2012; Simon & Campbell, 2012; Tondeur *et al.*, 2012) centrando la atención en aspectos como:

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

Considerando la importancia de la construcción de propuestas de formación para el profesorado, en el que se destaque el dialogo entre pares académicos y la generación de comunidad, se tomaron las características propuestas por García-Martínez (2009) para la conformación de una comunidad de desarrollo profesional de profesores (*CODEP*) pero con diferencias que permiten llevarlo 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” (Aristizabal y García-Martínez, 2020).

De esta manera se configuraron las características de una *CODEP-FI* a partir de las fases propuestas por Izquierdo *et al.* (2016): identificación de propósitos y selección de contenidos; selección de tópicos; diseño de la herramienta de enseñanza/aprendizaje; implementación y análisis de la aplicación y reflexión metacognitiva sobre el proceso desarrollado (p. 47)

La *CODEP-FI* fue integrada por 12 profesores en formación inicial (*PFI*) que cursaban 8º semestre de Licenciatura en Química, de un total de 10 semestres, 1 profesor titular del seminario/asignatura y 1 profesor investigador. Los *PFI* quienes se encontraban en sus últimos semestres de formación universitaria para finales del año 2021, contaban con una formación previa en química, en pedagogía, en historia, epistemología y didáctica de la química, que en promedio está entre 3 y 4 años, de acuerdo con el plan de estudios ofrecido por la universidad.

Para poder gestionar el flujo de información y los productos desarrollados por la *CODEP-FI*, esta se dividió en 5 grupos de trabajo, quienes de manera autónoma gestionaban el tiempo para el desarrollo de las actividades diseñadas dentro de la propuesta de formación.

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

La caracterización se abordó desde 4 ejes principales: el conocimiento didáctico de la química (qué y cómo se enseña), el conocimiento químico (principios y teorías de la química), el conocimiento tecnológico (qué saben sobre las tecnologías digitales) y el conocimiento didáctico tecnológico (cómo se integran las tecnologías a los procesos de enseñanza-aprendizaje).

Los resultados indican que los *PFI* cuentan con conocimientos básicos de química y de su didáctica, cuentan con suficientes conocimientos tecnológicos, pero con insuficientes saberes didáctico-tecnológicos, por lo cual se considera que la estructura de la propuesta principal es relevante, enfocándose a desarrollar los aspectos didácticos del diseño y didácticos-tecnológicos.

Para el diseño de la herramienta de enseñanza/aprendizaje se sigue la propuesta de diseño de García-Martínez *et al.*(2018) en términos de:

- Desarrollo de un mapa de diseño curricular (MDC)
- 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

El MDC permite establecer la ruta seleccionada para orientar los contenidos elegidos, de tal manera que cada nivel se correlaciona con una idea clave, que a su vez se convierte en objetivo de aprendizaje de las actividades asociadas al abordaje presupuestado.

Entre los contenidos seleccionados se abordan tópicos como el diseño de secuencias didácticas, las TIC en la educación científica y particularmente en la química, la clasificación de software, experiencias previas en la incorporación de TIC y la organización de las comunidades de desarrollo profesional, con lo que se 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 recursos TIC y su clasificación
- El diseño de unidades didácticas
- Apoyo de las TIC en los procesos de aprendizaje
- El trabajo orientado desde las CODEP

Luego, se construyó una secuencia de actividades para abordar las ideas clave. Cada actividad presenta el enunciado que orienta las tareas a realizar, así como lo que se espera que cada uno de los estudiantes (*PFI*) haga en los tiempos asignados y la manera en que el profesor titular debe abordar el desarrollo de la actividad, contando finalmente con 12 actividades en la UDTIC, desarrolladas durante 16 semanas y 32 sesiones de trabajo.

El objetivo general de la *UDTIC* se centró en promover la integración de recursos TIC en diseños didácticos para la enseñanza del cambio químico, por lo que se consideró necesario motivar el trabajo colaborativo mediado por la *CODEP-FI*, mientras se buscaba el desarrollo de habilidades de diseño didáctico, teniendo como referencia la historia de la química y las TIC.

Para conseguirlo, la *UDTIC* también contó con diferentes tipos de actividades que permitieron reconocer los principios de selección, diseño y evaluación de recursos TIC para soportar el abordaje didáctico de conceptos químicos, en este caso particular del cambio químico.

Ciclos Iterativos, clave de la depuración del diseño

La UDTIC fue implementada a partir de las propuestas de van den Akker (2006) en términos de la investigación de diseño educativo (IDE), que propone que los productos de los ciclos iterativos (de intervención) que se abordan en un diseño educativo, deben permitir la generación de nuevo conocimiento, es decir, 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.

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 las dificultades mismas 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 3 aspectos esenciales que permiten el paso al siguiente ciclo: análisis/exploración;

diseño/construcción; y evaluación/reflexión (ver 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 el diseño de nuevo e iniciar un ciclo más de iteración.

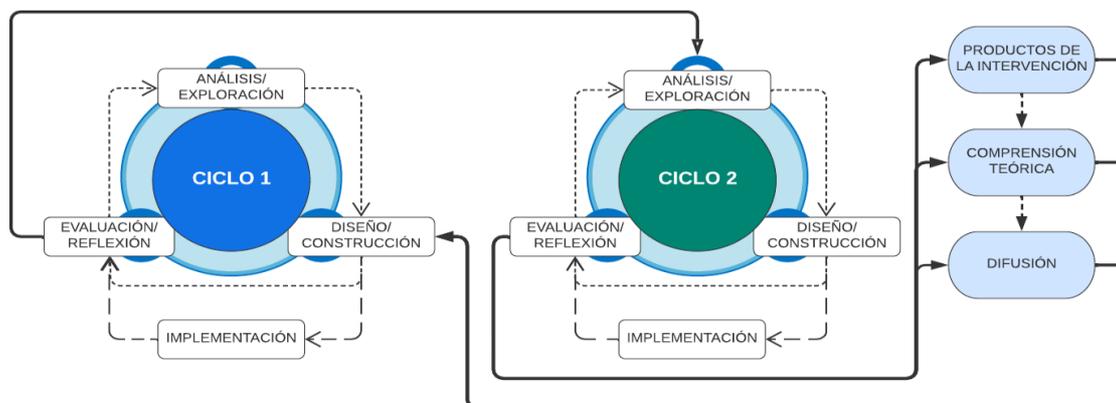


Figura 1 - Ciclos Iterativos de IDE desarrollados con la UDTIC.

Dentro de cada una de las fases de cada ciclo se desarrollan diferentes productos, que sirven para dar cuenta del avance y ejecución de la investigación, entre los que se encuentran: mapas de diseño curricular (MDC); actividades en secuencias y unidades didácticas; y diagramas de diseño didáctico.

Cada uno de estos productos es analizado para reconocer los cambios en las estrategias de diseño desarrolladas por los integrantes de la *CODEP-FI*, así como para identificar aspectos críticos del diseño que deben ser adaptados o refinados para una intervención más desarrollada.

Desarrollo de la intervención

Para el año en que se desarrolló la intervención se cuenta con un escenario de pandemia, que restringía el encuentro presencial en espacios cerrados, universidades y colegios se encontraban con puertas cerradas y fue necesario recurrir a una educación remota de emergencia. El seminario entonces tuvo que ser desarrollado de manera no presencial, online mediante la plataforma Microsoft Teams®, lo que en términos prácticos facilitó la recolección de evidencias y su sistematización, permitiendo inclusive organizar de manera más efectiva los tiempos dedicados a cada una de las fases y del trabajo a realizar con la *CODEP-FI*.

Durante cada una de las 16 semanas que duró la intervención se realizaron reuniones virtuales 2 veces por semana, un día con una duración de 2 horas y otro de 3 horas (total, 5 h/s). Durante estas se iniciaba con el enunciado de las actividades propuestas, seguido por una sesión abierta de diálogo en las que se abordaban preguntas suscitadas a partir de lecturas previas o las mismas actividades.

La sesión continuaba con una reunión separada de cada grupo a la que se hacía participe el profesor titular junto al profesor investigador dependiendo de la dinámica misma de la actividad, a veces por solicitud de los integrantes del grupo y en ocasiones como parte de la actividad participante del profesor investigador.

En cada una de las fases del ciclo se abordaron las actividades diseñadas en la UDTIC, contando con un descriptor (objetivo en la fase) y con los instrumentos (evidencias) que dan cuenta del desarrollo de la actividad. El producto final de los ciclos se reflejaba en la construcción de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de cambio químico en diferentes grados de educación secundaria, mediante un abordaje conceptual-histórico particular asignado a cada grupo (ver: tabla 1)

Tabla 1- Temas centrales de la Unidad Didáctica a Diseñar para la Educación Secundaria

Grupo	Grado Objetivo	Abordaje
1	6º	Smog
2	9º	Óxidos de Ca y Mg
3	10º	Reacción de Maillard
4	11º	Química Verde
5	10º	Del sauco a la aspirina

En el primer ciclo se organizaron actividades que permitieran a los PFI identificar sus conocimientos frente a las relaciones Didáctica-Química-TIC, reconocer diferentes tipos de experiencias de las TIC en la enseñanza de la química, abordar los principios del diseño didáctico y establecer las relaciones entre historia de la química y conceptos químicos (ver figura 2).

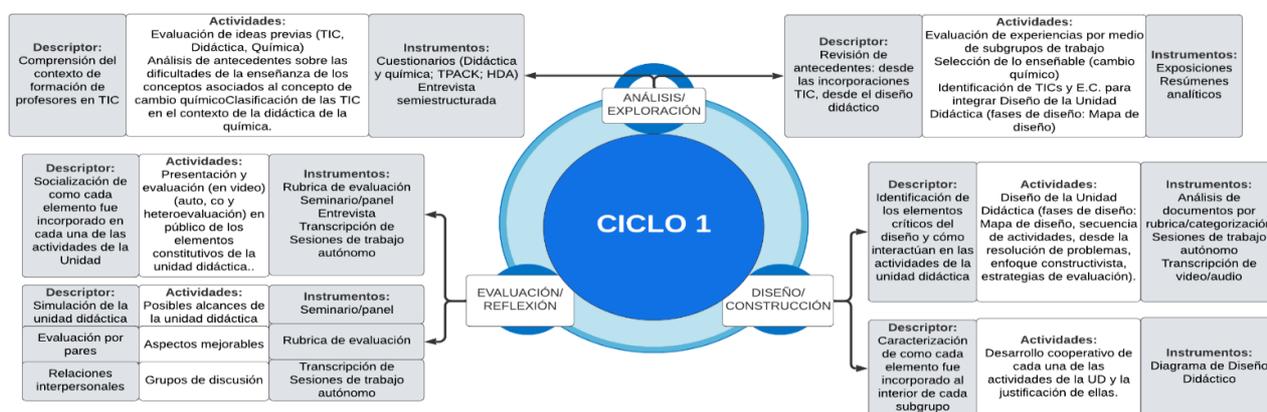


Figura 2 - Descriptores, Actividades e Instrumentos del Ciclo 1 en cada Fase

Durante el desarrollo de los ciclos, cada uno de los grupos de la CODEP-FI realizó sesiones de trabajo autónomas que fueron grabadas en video, posteriormente a estas grabaciones se les extrae el contenido de audio y se transcriben, con el fin de identificar entre las conversaciones y discusiones de grupo, aquellos aspectos más relevantes en términos de diseño didáctico y el abordaje de las TIC.

En los tiempos asignados para estas sesiones se cumplían las tareas asignadas por las actividades de la UDTIC, de tal forma que se obtenían en evidencias los productos solicitados y los diálogos generados por cada grupo, lo que permitía identificar aquellos aspectos necesarios de ajustar para las siguientes actividades.

Los productos del ciclo 1 se asocian en cuatro categorías: cuestionarios, sesiones de trabajo, entrevistas y documentos. Cada uno de estos productos es codificado, categorizado y analizado para dar cuenta de las construcciones teóricas y metodológicas desarrolladas por la CODEP-FI y a futuro permitir una triangulación con los instrumentos y productos del siguiente ciclo.

En el segundo ciclo se toman las reflexiones y evaluaciones generadas en el ciclo 1 para ajustar las actividades de la UDTIC y continuar su desarrollo, con el propósito de generar en la CODEP-FI una auto y coevaluación de los productos, así como su depuración y refinamiento. Si bien ningún producto didáctico es “perfecto”, los ciclos de reflexión permiten a los PFI reconocer la necesidad de evaluar constantemente sus diseños, reinventándolos para mantenerse vigentes con los diferentes contextos en los que podrán ser implementados.

Durante el ciclo 2 también se abordaron reflexiones sobre el papel de la CODEP-FI en la construcción de los productos de cada grupo focal (ver Figura 3), tomando información mediante entrevistas y cuestionarios de salida que son comparados con los iniciales.

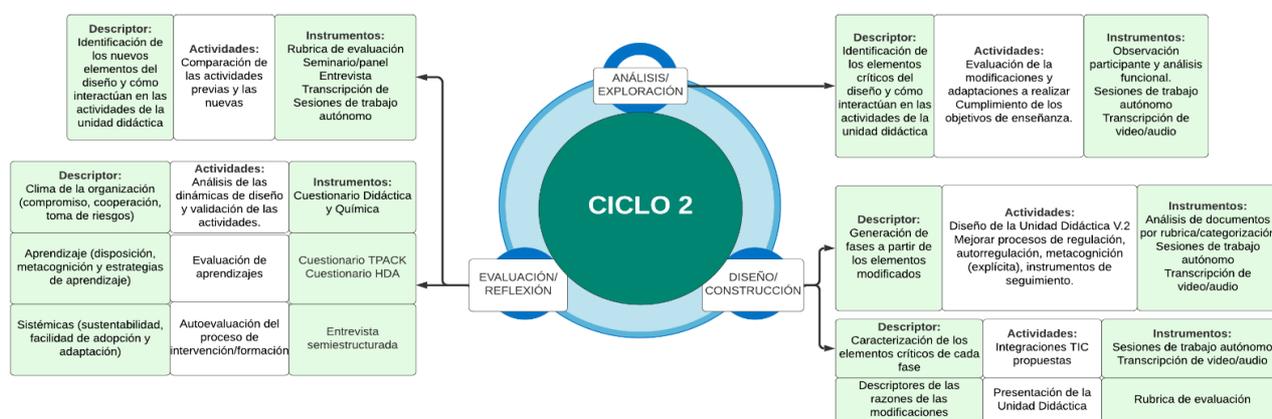


Figura 3 - Descriptores, Actividades e Instrumentos del Ciclo 2 en cada Fase

La intervención finaliza con la entrega de un documento que recoge los diferentes productos diseñados por cada uno de los grupos que conforma la *CODEP-FI*, cuyo contenido es analizado y permite reflexionar sobre la pertinencia, dificultades y mejoras desarrolladas durante el desarrollo de la propuesta de formación.

Instrumentos de recolección de datos

Para la recogida de los datos se diseñaron varios instrumentos, entre los que se encuentran, cuestionarios con preguntas cerradas y abiertas, entrevistas de grupo focal, las transcripciones de las conversaciones (sesiones grabadas) dadas al interior de cada grupo y en plenaria de la *CODEP-FI*, documentos y representaciones gráficas.

Un resumen de los tipos de instrumentos de recolección, las evidencias obtenidas y las actividades asociadas se puede ver en la figura 4.

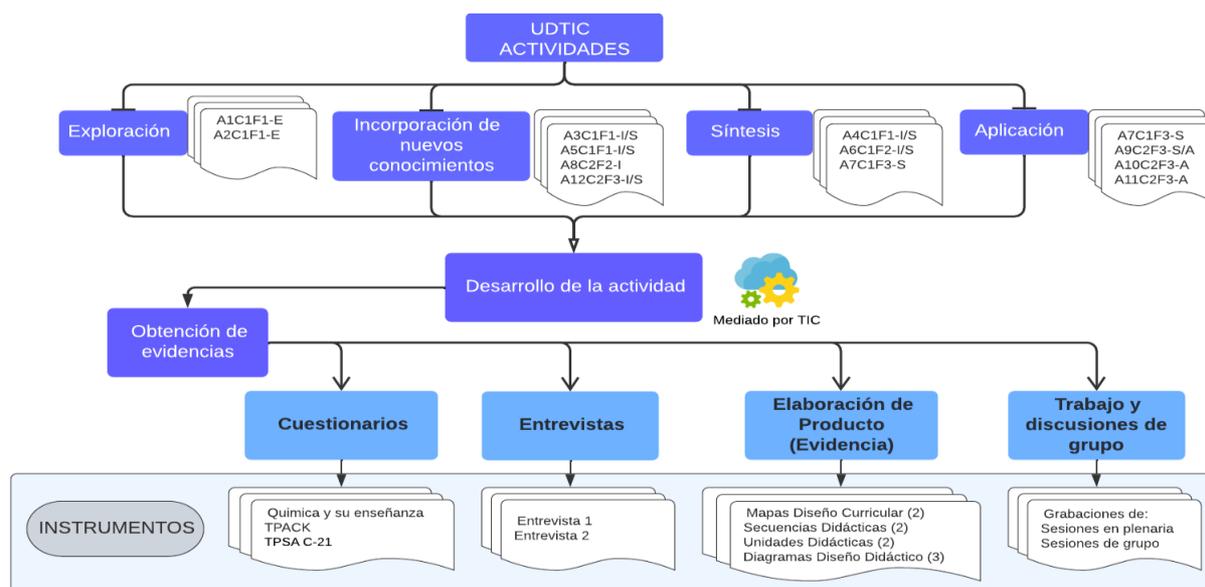


Figura 4 – Actividades e Instrumentos de recolección de Datos

Cuestionarios

Se utilizaron tres cuestionarios, el primero de ellos fue diseñado y validado para identificar las concepciones de los PFI respecto a enseñanza de la química y sus conceptos; y está compuesto por 16 elementos dispuestos en una escala Likert y 7 preguntas abiertas. El segundo cuestionario corresponde a una adaptación del instrumento desarrollado por Schmidt *et al.*, (2009) que abarca el conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (TPACK), y consta de 4 elementos de información sociodemográfica, 29 elementos en escala Likert y 3 preguntas abiertas. El tercer y último cuestionario,

corresponde a una adaptación del cuestionario “Habilidades Digitales para el Aprendizaje en el siglo XXI” (TPSA C-21) elaborado por Christensen y Knezek, (2017).

Cada cuestionario fue procesado mediante un análisis estadístico interno, mediante el software SPSS®, para evidenciar la pertinencia de las preguntas y su correlación, encontrando un *coeficiente de Alfa de Cronbach* de 0,889 para el primer cuestionario, 0,923 para el segundo y 0,985 para el tercero; considerando los niveles de validez y fiabilidad propuestos por AVECILLAS y LOZANO (2016) y CORTINA (1993) se interpreta que los instrumentos cuentan con un *buen* nivel de validez interna.

Sesiones grabadas

Se cuenta con cerca de 60 horas de grabaciones en audio que corresponden por una parte a las sesiones que cada grupo mantenía durante los encuentros programados, y las otras a sesiones en plenaria desarrollada con la *CODEP-FI*. Cada una de las sesiones fue transcrita a través del sistema Amazon web services®, y posteriormente fue codificada en el programa NVivo®.

Por medio de recurrencia de términos para categorías emergentes y una matriz de codificación con categorías teóricas, se obtienen las categorías de análisis más y menos recurrentes, con las cuales se codificó la información recogida por cada instrumento y técnica.

Entrevistas

Se llevaron a cabo dos entrevistas semiestructuradas, una al inicio de la intervención y otra al finalizar. Cada una de ellas buscaba recoger las impresiones de cada uno de los grupos focales sobre el desarrollo de la formación en comunidad, así mismo, para encontrar tendencias y reflexiones que contribuyeran a la construcción de los aspectos metodológicos necesarios para la formación en incorporaciones didácticas de TIC. Las orientaciones de cada una de las preguntas de la entrevista giraron en torno a tres elementos centrales 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 a 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

Cada pregunta se analizó de manera individual para cada grupo, sintetizando la información relevante obtenida por el diálogo dado en torno a las preguntas semiestructuradas. La transcripción de las entrevistas a cada grupo focal fue codificada mediante el programa NVivo®.

Documentos

En las evidencias documentales se contó con el desarrollo de: actividades de incorporación TIC, desarrollo de secuencias y unidades didácticas, y diagramas de diseño didáctico. En cada una de las fases se fueron analizando los productos correspondientes a partir de estructuras particulares de evaluación como rúbricas y escalas valorativas.

Para cada documento se llegó a tener un mínimo de dos versiones, una al inicio de la intervención y otra al final, y mediante el análisis de contenido (BARDIN, 2002) y la codificación de este contenido (SALDAÑA, 2016), se obtuvieron las subcategorías bajo las cuales son codificadas y analizadas, lo que permite establecer las diferencias en términos de avances o dificultades del desarrollo de la propuesta de formación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la triangulación metodológica (Cohen *et al.*, 2018, p. 265) se contó con una variedad de instrumentos (cuestionarios, sesiones grabadas, documentos) y técnicas (entrevistas, análisis documental y de contenido) que dan cuenta del proceso desarrollado por la CODEP-FI al ser intervenida con la estrategia de la unidad didáctica orientada hacia la formación en diseños didácticos con incorporación de TIC para la enseñanza de la química.

Los cuestionarios se analizaron en términos del “nivel más deseado”, esto es, que al acercarse al 100% las respuestas dadas por los PFI se acercan a las respuestas ideales de los expertos, y son mejor posicionadas dentro de la escala de cada cuestionario. La comparativa final presenta una mejora significativa en general (ver figura 5), y aunque cada uno de los cuestionarios fue analizado en diferentes subcategorías particulares, el escenario final presenta una mejora en los campos cuestionados: enseñanza de la química, TPACK y habilidades digitales del aprendizaje para el siglo XXI.

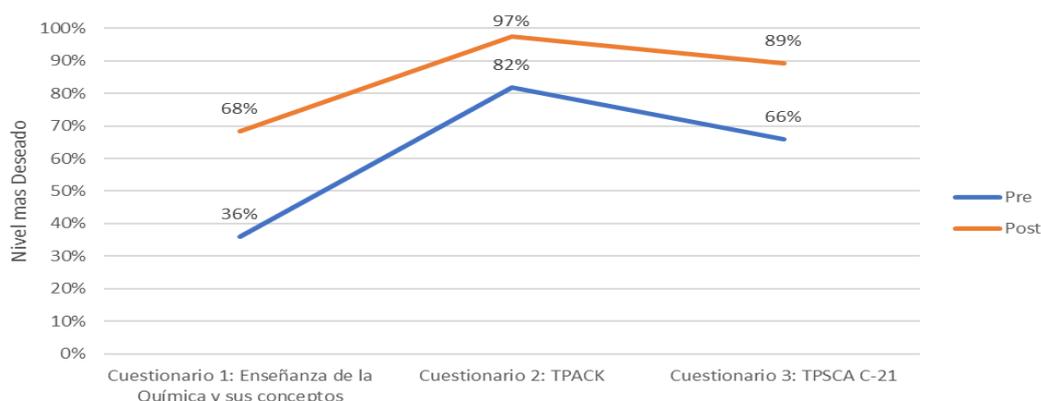


Figura 5 – Comparativa de cuestionarios pre y post

La información obtenida de las sesiones de trabajo en grupo y en plenaria una vez transcrita, fue clasificada por medio de recurrencia de términos y una matriz de codificación mediante el software NVivo®. Una vez clasificada y codificada por primera vez, se procedió a una segunda codificación (Saldaña, 2016), agrupando términos semejantes y buscando equivalencias entre códigos, obteniendo una lista de códigos relacionados con las referencias encontradas en las transcripciones (ver Figura 6).

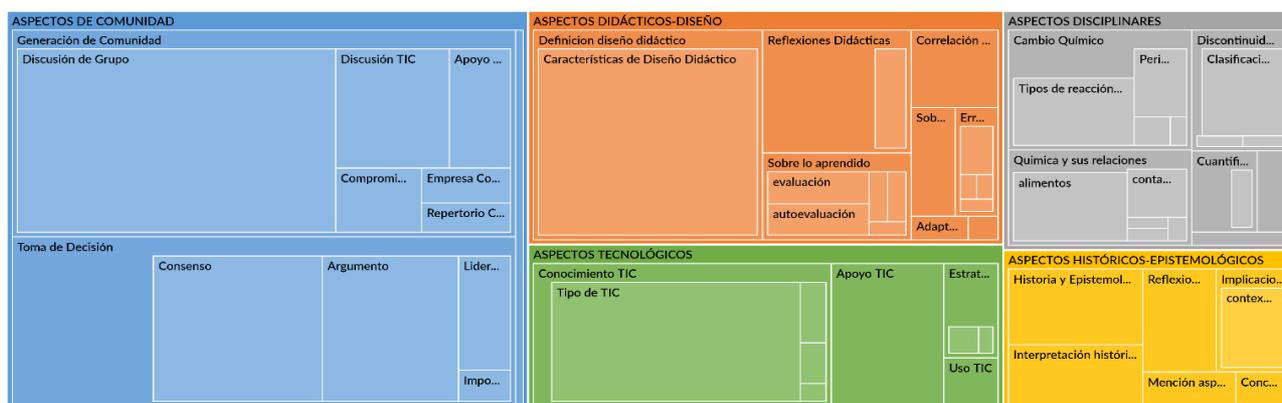


Figura 6 - Lista agrupada de códigos depurados

En este segundo análisis se identificaron temas que son propios en la investigación y se esperaba con su presencia (análisis deductivo), y por otro lado, se realizó un abordaje de codificación teórica (análisis inductivo) (Saldaña, 2016), para identificar las categorías más predominantes. Estas categorías están relacionadas con: *Aspectos de Comunidad*, *Aspectos Didácticos de Diseño* y *Aspectos Tecnológicos*; y las categorías menos predominantes: *Aspectos Disciplinares* y *Aspectos Histórico – Epistemológicos* (ver Figura 7), categorías desde las cuales se codificaron los diferentes productos de la CODEP-FI.

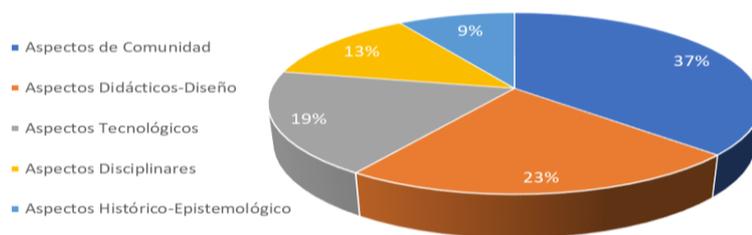


Figura 7- Categorias identificadas a partir de recorrência de termos.

A partir de estas categorias se analisaram los demás instrumentos, para concretar una triangulación por instrumentos que diera sustento de fiabilidad al estudio (Saldaña, 2016).

En la entrevista inicial se percibe una preocupación ante las escasas herramientas didácticas con las que cuentan los *PFI*, consideran que no saben cómo abarcar un problema didáctico y darle solución. Asocian la didáctica más a ejercicios lúdicos que a una disciplina, reconociendo que no tenían claridad frente a los procesos que existen detrás de una planeación de clases.

Si bien no se da en todos, algunos grupos resaltan 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. La totalidad de los grupos manifiesta haber considerado que los aspectos más importantes a enseñar de la química se relacionan con la matematización, la formulación y la explicación atómica-molecular de los fenómenos.

Los grupos expresan haber manejado varias TIC dentro de su formación profesional, pero no como estrategia de aprendizaje, sino principalmente como instrumentos de presentación de información, cuestionando la falta de incorporación por parte de sus profesores universitarios y escolares.

Para la segunda entrevista los *PFI* manifiestan las diferencias que encontraron entre la primera y última fase de diseño de sus unidades didácticas, centrándose en la importancia de la TIC en el diseño didáctico. Centran sus intervenciones en destacar aquello que un profesor de química debe saber para mejorar sus clases, resaltando la importancia del saber tecnológico que sugieren debe estar “por encima del conocimiento de los estudiantes”.

Reconocen que inicialmente intentaron ajustar sus actividades a lo que la TIC podía 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.

Finalmente, se esperaba encontrar si los *PFI* exponían alguna metodología específica para la incorporación de los recursos TIC en los diseños didácticos que habían elaborado, sin embargo, las respuestas de todos los grupos coinciden en identificar que la unidad didáctica y las actividades que diseñaron son la forma “en sí” en que se incorporan las TIC.

El análisis de contenido de los documentos estuvo orientado por las propuestas de Bardin (2002) para la información desarrollada en textos escritos y de Eppler (2006) para los esquemas, diagramas y representaciones visuales.

Para cada uno de los documentos se analizó su versión inicial y final, encontrando diferencias entre ambas versiones, y permitiendo relacionar su contenido con las categorías relacionadas con la investigación. El resumen de los aspectos más relevantes se encuentra en la tabla 2.

Tabla 2- Resumen de análisis de contenido de documentos recolectados

Documento	Descripción	Estrategia de Evaluación/ Análisis	Versión inicial	Versión Final
Mapas de Diseño Curricular (MDC)	Diagrama que presenta el entramado entre contenidos y objetivos, organizado de manera jerárquica desde las ideas previas hasta las ideas más elaboradas del tema a estudiar.	Rubrica con 3 niveles de clasificación: I: Bajo, II: Medio, III: Alto; con 3 aspectos: Diseño-didáctico, disciplina (química), aspectos histórico-epistemológicos. Análisis de imagen	Centrados en aspectos disciplinares sin considerar los aportes de la HyF (historia y filosofía) de la ciencia. Presentan dificultades para demostrar progresión de las ideas. Las ideas clave no son pertinentes.	Mayoritariamente de corte disciplinar con esbozos en aportes de la HyF de la ciencia. Demuestran progresión en las ideas. Las ideas clave a pesar de su redacción, orientan la progresión.
Actividades de Incorporación TIC	Estrategia de incorporación específica de TIC. Permite reconocer los criterios considerados al seleccionar una TIC.	Tipo de TIC seleccionado Objetivo de la actividad Análisis de contenido Metodología Análisis de Contenido	No se tiene claridad sobre los roles del profesor y el estudiante en el desarrollo de la actividad. No hay un objetivo claro de la razón de la incorporación TIC. No hay homogeneidad en el tipo de TIC seleccionado	Las TIC se utilizan como apoyo en la presentación de las temáticas y como soporte evaluativo. La mayoría selecciona TIC de tipo constructor visual.
Unidad didáctica	Sistema producto del diseño del profesor, que interrelaciona actores y elementos que intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje, propósitos, contenidos, evaluación e interacciones, con una alta coherencia metodológica interna	Rúbrica con 4 niveles de clasificación siendo IV el más alto y I el más bajo. 8 aspectos por evaluar: Secuencia, Enunciado, Objetivos, HyF, Roles, Metodología y Evaluación	Las actividades poseen diferentes grados de complejidad no secuenciales. Los enunciados son muy generales, pero en los roles se hace específico. Algunas TIC incorporadas no permiten alcanzar los objetivos propuestos, dificultan el desarrollo de la metodología. Las estrategias evaluativas tienden a situaciones ideales y poco reales. No incluyen aspectos históricos evidentes.	Las actividades presentan una secuencia lógica, pero con diferentes niveles de complejidad. Los enunciados son más específicos y se corroboran con las acciones a realizar por los roles. Las actividades se apoyan de las TIC que tienden a ser usadas como apoyo de presentaciones y como recolectoras de información para la evaluación. El tratamiento histórico no muy notable.
Diagramas de Diseño Didáctico	Diagrama autoevaluativo de formato libre en el que se explica las rutas de diseño desarrolladas durante las fases de la intervención	Análisis de imagen Análisis de Contenido	Centrado en el diseño didáctico sin considerar la incorporación de TIC. Las TIC no aparecen de manera clara o evidente en algunos casos.	Centrado en el diseño didáctico, hacen algunas menciones a los aspectos tecnológicos. Las TIC aparecen de manera superficial siendo usadas como partes del diseño didáctico.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El modelo de comunidad adoptado (García-Martínez, 2009) presenta una serie de ventajas sobre los otros modelos de comunidades, en cuanto 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), requiriendo solamente de un profesor que lidere dicha práctica.

Se puede afirmar entonces que para reconocer las interacciones de la CODEP-FI sobre la incorporación de TIC en diseños didácticos, se deben analizar los diálogos que se generan entre los integrantes de la comunidad, en términos de diálogos y discusiones sobre:

- la toma de decisiones en los procesos de diseño didáctico,
- la selección de las TIC,

- las características del diseño didáctico con incorporación de TIC,
- el diseño de actividades didácticas que incorporan TIC,
- los requisitos conceptuales y metodológicos necesarios para el diseño didáctico con incorporación de TIC desde la formación inicial (y continuada).

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.

Mediante esta investigación se pudo identificar 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, evidenciado en los ejercicios iniciales de diseño que se limitaba al uso aislado de diferentes tipos de TIC sin considerar su valor didáctico. Sin embargo, a medida en que se avanzaba en los ciclos de aplicación, las interacciones entre didáctica y TIC son más evidentes, disminuyendo progresivamente el uso del criterio “llamativo” o “divertido” para la elección de la TIC, pasando hacia un criterio de selección enfocado hacia lo que la TIC puede ofrecer para cumplir los propósitos didácticos.

Al presentar las fases de análisis/exploración se promueve la reflexión didáctica de las TIC, para que al finalizar las fases de diseño/construcción y evaluación/reflexión cada producto esté más depurado, presentando interacciones más pertinentes y equilibradas en los diseños didácticos.

De acuerdo con los resultados de la intervención se puede señalar que el trabajo orientado por una *CODEP-FI*, regulado en ciclos iterativos desde la perspectiva de la IDE, permite identificar las diferentes interacciones, en términos de criterios didácticos y tecnológicos, que se generan en torno a una propuesta de formación para la incorporación de recursos TIC en la enseñanza de la química.

La investigación también permite concluir que la integración de recursos TIC requiere de un conocimiento suficiente sobre las TIC y su relación con el aprendizaje. Los datos coincidieron en que el conocimiento TIC de los PFI al inicio de la intervención, se limita a algunas herramientas sencillas que han utilizado de manera frecuente tales como, procesadores de texto, hojas de cálculo, navegadores de internet y algunas bases de datos especializadas. Sin embargo, los PFI manifestaron desconocer sobre programación de software o edición avanzada de contenidos multimedia, lo que dificultó las posibilidades de liderar procesos en los que se generasen nuevas alternativas de TIC para la enseñanza de la química.

Se puede entonces establecer que para una correcta y apropiada integración de recursos TIC es necesario que los profesores en formación inicial (y en ejercicio) cuenten con criterios tecnológicos como:

- El conocimiento sobre los tipos de TIC disponibles, su clasificación, alcances y limitaciones.
- La apropiada selección de TIC como apoyo a los propósitos educativos.
- Conocimientos básicos de programación y de lenguajes de códigos para el diseño de TIC.
- La Investigación de Diseño Educativo como estrategia para la depuración de productos tecnológicos desarrollados para la educación.

Para el caso de la experiencia generada por la *CODEP-FI* y el programa de formación se destaca que:

- En la primera fase de la intervención los profesores en formación inicial participantes de la *CODEP-FI* no contaban con suficientes conocimientos didáctico-tecnológicos que les permitiera realizar una correcta y pertinente selección de recursos TIC para apoyar las actividades de enseñanza diseñadas por ellos mismos.
- A partir de los ciclos iterativos y de las actividades desarrolladas de la UDTIC, se les brindó a los integrantes de la *CODEP-FI* herramientas didácticas, metodológicas y tecnológicas para mejorar sus estrategias de diseño didáctico y de incorporación de TIC a sus actividades, que se hacen evidentes en los productos finales de cada ciclo de intervención.
- Los grupos de PFI presentaron reflexiones sobre la importancia del conocimiento didáctico-tecnológico que se requiere para la enseñanza de la química en nuestros tiempos.
- Finalizada la intervención se observaron mejoras considerables, pero no excelentes, en los diseños didácticos con incorporación de TIC, considerando la duración del programa y los conocimientos previos de los PFI, por lo que una aplicación de la propuesta que integre las reflexiones mismas del proceso puede llegar a obtener mejores resultados.

Como elementos de proyección e implicaciones didácticas de esta investigación, se generan las siguientes reflexiones:

- La incorporación de formación en TIC y su uso didáctico en la enseñanza de la ciencias debe convertirse en una prioridad para ser incorporada en los currículos de los programas que forman profesores. Su objetivo debe orientarse hacia el enseñar a diseñar recursos TIC y a llevarlos al trabajo de aula a través de propuestas didácticas adecuadas al contexto.
- Una propuesta curricular para la formación de futuros profesores en ciencias debe contemplar al menos cuatro momentos: a) fundamentación y fortalecimiento de las habilidades digitales básicas del siglo XXI, b) diseño de estrategias de incorporación TIC con sus respectivas actividades de trabajo en el aula, c) aplicación y evaluación en contextos reales de los diseños didácticos generados previamente, y d) autoevaluación y coevaluación en la CODEP-FI sobre el proceso desarrollado.
- Promover la construcción y socialización de repositorios de material didáctico sobre TIC y su incorporación en las clases de ciencias, el cual contemple instrumentos para ideas previas, instrumentos de seguimientos para aprendizaje, rubricas de evaluación, unidades didácticas, y demás productos digitales que puedan ser utilizados en las clases.

Conflicto de intereses. Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERÊNCIAS

- 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. In M. Quintanilla & M. Vauras (Eds.), *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.
- Abella-Peña, L., & 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), 64–87. <https://doi.org/doi.org/10.54104/papeles.v14n28.1305>
- Arévalo, D., & Padilla, C. (2016). Medición de la Confiabilidad del Aprendizaje del Programa RStudio Mediante Alfa de Cronbach Measurement reliability RStudio Learning Program using Cronbach ' s alpha. *Revista Politécnica*, 37(1), 68–68.
- Aristizabal Fuquene, A., & García-Martínez, Á. (2020). La formación inicial de docentes a partir de su interacción en una Comunidad de Desarrollo Profesional. In A. Molina (Ed.), *Investigación y formación de profesores de ciencias: diálogos de perspectivas latinoamericanas* (pp. 273–300). Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Bogotá, Colombia.
- Bardin, L. (2002). *Análisis de Contenido*. Madrid, España: Ediciones Akal.
- 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 Doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona. <https://www.tdx.cat/handle/10803/525864>
- Cejas-León, R., & Navío-Gámez, A. (2020). Sobre la formación tecnopedagógica del profesorado. La visión de los expertos y formadores. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, XI, 150–164. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2020.31.711>
- Christensen, R., & Knezek, G. (2017). Validating the Technology Proficiency Self-Assessment Questionnaire for 21st Century Learning (TPSA C-21). *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 33(1), 20–31. <https://doi.org/10.1080/21532974.2016.1242391>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education*. London, England: Routledge.

- Coller, X. (2005). *Estudio de casos*. Cuadernos metodológicos, 30. Centro de Investigaciones Sociológicas. Madrid, España.
- 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>
- Daza Pérez, E. P., Gras-Martí, A., Gras-Velázquez, À., Guevara, N. G., Togasi, A. G., Joyce, A., Mora-Torres, E., Pedraza, Y., Ripoll, E., & Santos, J. (2009). Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC. *Educación Química*, 20(3), 320–329. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30032-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30032-6)
- Eppler, M. J. (2006). A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools for knowledge construction and sharing. *Information Visualization*, 5(3), 202–210. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500131>
- 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.
- García-Martínez, Á. (2013). La Práctica Docente De Profesores En Formación a Través De Su Interacción en Comunidades de Desarrollo Profesional. *IX Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de Las Ciencias*, Girona, España. 1714–1720.
- García-Martínez, Á., Hernández Barbosa, R., Abella, S., Valbuena Rojas, A., González, B. C., Prieto, D. A., Muñoz, L. M., & 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”, Bogotá, Colombia.
- García-Martínez, Á., Hernández Barbosa, R., & 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>
- Giordan, M., & 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)
- Gómez Crespo, M. A., Cañas Cortazar, A. M., Gutiérrez Julián, M. S., & Martín-Díaz, M. J. (2014). Ordenadores en el aula: ¿estamos preparados los profesores? *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(2), 239–250. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.939>
- Gupta-Bhowon, M., Jhaumeer-Laulloo, S., Li Kam Wah, H., & Ramasami, P. (2009). *Chemistry Education in the ICT Age* (M. Gupta-Bhowon, S. Jhaumeer-Laulloo, H. Li Kam Wah, y P. Ramasami, Eds.). Netherlands: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9732-4>
- Izquierdo Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla, M., & Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá, Colombia.
- Jimoyiannis, A. (2009). Factors Determining Teachers’ Beliefs and Perceptions of ICT in Education. *Encyclopedia of Information Communication Technology*, September, 321–323. <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 & Education*, 55(3), 1259–1269. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.022>
- Lincoln, Y. S., Lynham, S. A., & Guba, E. G. (2018). Paradigmatic Controversies, Contradictions, and Emerging Confluences, Revisited. In *The SAGE Handbook of qualitative research* (5th ed., pp. 213–263). Sage Publications Inc.
- Martínez-Argüello, L. D., Hinojo-Lucena, F. J., & Díaz, I. A. (2018). Aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los Procesos de Enseñanza- Aprendizaje por parte de los Profesores de Química. *Información Tecnológica*, 29(2), 41–52. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000200041>

- McKenney, S., Kali, Y., Markauskaite, L., & 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>
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2014). Educational design research. In 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). New York, United States of America: Springer.
- Pietzner, V. (2014). Computer-based learning in chemistry classes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(4), 297–311. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1084a>
- Sacristán, J. G. (2012). Tecnología y educación. ¿qué hay de nuevo? In G. Hoyos Vasquez (Ed.), *Filosofía de la educación* (pp. 129–156). Editorial Trotta.
- Saldaña, J. (2016). *The coding manual for Qualitative Researchers* (5th ed.). Sage Publications Inc.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & 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>
- Simon, S., & Campbell, S. (2012). Teacher Learning and Professional Development in Science Education. In B. J. Fraser, K. Tobin, y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 307–321). Dordrecht, Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_22
- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009>
- van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2006). Educational Design Research. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research*. New York, United States of America: Routledge.

Recebido em: 19.04.2022

Aceito em: 11.02.2023