Identificación, explicitación y desarrollo del CTPC de la química en profesores en formación

Recibido: 05/10/2015

Aceptado: 15/12/2015

Identification, explanation and development of the TPCK of chemistry in training teachers

Boris Fernando Candela, *bofeca65@gmail.com*

Universidad del Valle, Colombia

Resumen

Esta investigación aborda el proceso a través del cual los profesores en formación del curso «problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química», comienzan a identificar, explicitar y desarrollar el CTPC (Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido) de un tópico del currículum de esta disciplina. Para ello, éstos deben enfrentarse a actividades de aprendizaje en los cuatro ámbitos de reflexión que estructuran dicho curso. Cada una de estas actividades suministran los marcos curriculares e instruccionales para el desarrollo progresivo de la CoRe (*Content Representation*) cuya estructura lógica representa los elementos del CTPC. Se utilizó una metodología de investigación de estudio de casos con las siguientes fuentes: versiones de las CoRes, entrevista semiestructurada, videos de clase y relatos narrativos. El análisis se orientó por la teoría fundamentada, centrándose en las etapas de descripción, ordenamiento conceptual y teorización, el cual condujo a generalizaciones como orientaciones hacia la enseñanza, currículum, comprensión de los estudiantes de un tópico específico, conocimiento tecnológico y pedagógico, conocimiento tecnológico del contenido, estrategias instruccionales y formas de evaluar. Los resultados de esta investigación permiten evidenciar el potencial que tiene el desarrollo de la CoRe para lograr que los profesores en formación desarrollen las relaciones complejas entre el contenido, la pedagogía y la tecnología, y de esta manera identifiquen y expliciten el CTPC.

Palabras claves: Enseñanza de la química, CTPC, profesores en formación, CoRe.

Abstract

This research examines the process through which student teachers enrolled in the course «problems when teaching and learning chemistry» begin to identify, explain and develop the TPCK (Technological and Pedagogical Content Knowledge) of a curriculum topic in the discipline. To achieve this purpose, they must face a series of sequenced and temporalized learning activities within the four areas of reflection in the course. Each of these activities provides them with curricular and instructional frameworks for the progressive development of the methodological tool CORE (Content Representation) whose logical structure represents the elements of TPCK. The research methodology used in this study is qualitative with an interpretative case study perspective where data is collected from the following documentary sources: versions of the cores, semi-structured interview, class videos, and narratives. The analysis of these data is guided by grounded theory focusing on the stages of description, conceptual planning and theorizing. This analytical process allows to produce naturalistic generalizations such as orientations for teaching science, science curriculum, student understanding of a specific scientific topic, technological and pedagogical knowledge, technological knowledge of the contents, instructional strategies for teaching science; and ways to evaluate ideas. The main purpose of these generalizations lies in the representation of TPCK. Finally, the results of this research have spotlighted the potential development of the CoRe as an instrument in designing learning environments for specific topics, which bring teachers in training to develop connections between content, pedagogy and technology, leading to the identification and explanation of TPCK.

Keywords: Teaching chemistry, TPCK, training teachers, CoRe.

I Introducción

En las últimas décadas los educadores de maestros en formación han llegado al consenso que la educación en ciencias no está alcanzando las expectativas subyacentes a las actuales reformas curriculares (Abell & Bryan, 1997; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999). Ello se refleja en que los estudiantes de la escuela secundaria continúan enfrentando las mismas dificultades e ideas intuitivas sobre un tópico específico que sostuvieron sus antecesores. Estas restricciones se han materializado en un menor número de estudiantes en los departamentos de química, física y biología de las diferentes universidades (Magnusson et al. 1999). Esta problemática llevó a los educadores de profesores a mediados de los ochenta a considerar que los profesores experimentados poseen un conocimiento profesional producto de la mezcla entre el contenido disciplinar y la pedagogía general, el cual permite diseñar e implementar ambientes de aprendizaje centrados en el estudiante (Abell & Bryan, 1997; Bertram & Loughran, 2012). Este conocimiento fue denominado por Shulman (1986, 1987), «Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC)»¹, que distingue a los profesores de los especialistas en la disciplina y la pedagogía general, y que puede ser desarrollado con la práctica del diseño y la enseñanza de un tópico específico.

Posteriormente, Magnusson et al. (1999) re-conceptualizaron el constructo del CPC a partir de Shulman (1986, 1987) y Grossman (1990) y lo adaptaron al campo de la educación en ciencias. Consideraron este constructo como un sistema iterativo de cinco elementos, a saber: orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia, conocimiento del tema de la materia, conocimiento curricular, conocimiento de la ciencia del aprendiz, conocimiento de las estrategias del aprendizaje y conocimiento de la evaluación. Adicionalmente, afirmaron que estos elementos pueden desarrollarse progresivamente, siempre y cuando el profesor en formación se enfrente a experiencias de aula, virtuales y reales, que le permitan reflexionar en la acción y después de la acción, lo que les permitiría explicitar continuamente el conocimiento en la acción (Schön, 1998).

Aunque Shulman no representó explícitamente las relaciones complejas entre el conocimiento del contenido, la pedagogía y la tecnología, se cree que éstas fueron muy importantes para él. Naturalmente, cuando formuló su enfoque de enseñanza, los temas correspondientes con la integración de la tecnología al aula no hacían parte del plano principal de investigación en educación, como sí lo son hoy día (Mishra & Koehler, 2006). Shulman consideraba que en las aulas tradicionales se usa una variedad de tecnologías, pero solo hasta hace poco estos artefactos recibieron el rótulo de tecnologías y tomaron dichos atributos tecnológicos (Bruce & Hogan, 1998).

Con este hecho, las relaciones estrechas entre el contenido, la pedagogía y la tecnología pasaron al primer plano del discurso educativo como consecuencia a la existencia de un amplio rango de tecnologías y recursos digitales. Estas relaciones pueden ser utilizadas en el proceso de diseño y enseñanza con el fin de representar y formular un tópico específico.

Por otra parte, los educadores de profesores vislumbraron que los esfuerzos por integrar la tecnología con el contenido y la pedagogía compartían los mismos problemas que Shulman evidenció hace tres décadas. Es decir, se considera que la tecnología frecuentemente ha estado separada de la pedagogía y el contenido (Mishra & Koehler, 2006). Desde esta perspectiva, las políticas educativas de la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han focalizado la entrega de computadores y conectividad a las escuelas, además de alfabetizar a los profesores en el manejo de tecnologías digitales estándar (ej., software, hardware, mail, chat, video conferencias), con el fin de que apoyen eficientemente el aprendizaje de los estudiantes. No obstante, dichas políticas y programas han descuidado la formación de los profesores en formas de diseñar e implementar la enseñanza de tópicos específicos de la disciplina en cuestión, es decir, para presentar, visualizar y

analizar los contenidos curriculares (Koehler & Mishra, 2005; Niess, 2005).

En contraste con la integración desarticulada de la tecnología al contenido y la pedagogía en el aula, Mishra y Koehler (2006) formularon un enfoque de diseño y enseñanza de un tópico que enfatiza las conexiones, interacciones, suministros y restricciones entre el contenido, la pedagogía y la tecnología. La interacción sinérgica de dichas bases generan cuatro especies de conocimiento, a saber: conocimiento pedagógico del contenido, conocimiento tecnológico del contenido, conocimiento tecnológico pedagógico y conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (CTPC) (ver figura 1).

Figura 1. Representación de las bases de conocimiento que configuran el CTPC

II Contexto problemático

Tomando en consideración lo anterior, Loughran, Mulhall & Berry (2008) y Candela (2012) afirman que los profesores en formación entran a los cursos de aprendiendo a enseñar química desconociendo las tensiones a las que se enfrentarán al diseñar e implementar ambientes de aprendizaje de un tópico específico. Además, afirman que muchos de estos futuros profesores poseen un nivel bajo en el conocimiento del contenido de la materia, la pedagogía general y la tecnología, bases que configuran el CTPC. Desde luego, este hecho es un obstáculo para que diseñen e implementen eficientemente una lección particular.

Para atender tal problemática, en la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (Universidad del Valle), se rediseñó el curso de problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la química a partir de los desarrollos teóricos y metodológicos de la línea de investigación del CTPC de las ciencias, con el fin de asistir a los profesores en formación en la identificación, explicitación y desarrollo del CTPC de la química. Para ello se adoptó un enfoque de enseñanza por «orientación reflexiva»² (Abell & Bryan, 1997; Candela & Viafara, 2014a; Candela, 2016), el cual parte de la creencia que aprender a enseñar ciencias es semejante a aprender ciencias por sí mismo.

La herramienta metodológica fundamental de este programa es la CoRe, un instrumento cuya estructura lógica encarna las decisiones curriculares e instruccionales que toma el profesor cuando diseña la enseñanza de un tópico (Anexo 1). Adicionalmente, la CoRe permite relacionar conscientemente los elementos relacionados con los estudiantes, el contenido específico y la práctica de los profesores (Candela & Viafara, 2014b; Loughran, Mulhall, & Berry, 2004; Mulhall, Berry, & Loughran, 2003).

Si bien la CoRe buscó inicialmente ayudar a documentar y representar el CPC de un profesor ejemplar de ciencias acerca de un tópico específico, actualmente se ha comprendido que el desarrollo reflexivo de ésta dentro de los cursos de aprendiendo a enseñar ciencias probablemente cataliza la identificación, explicitación y evolución del CPC de los profesores en formación (Bertram & Loughran, 2012; Candela, 2016; Hume, 2010; Hume & Berry, 2010; Hume & Berry, 2013). En efecto, el diseño de la CoRe posee el potencial de andamiar el desarrollo del conocimiento del profesor en la práctica profesional, el aprendizaje del estudiante y el contenido de la disciplina. En el primer ámbito se ha observado que ésta apoya al profesor para reflexionar productivamente sobre su práctica educativa, hecho que le permite explicitar su conocimiento intuitivo y tácito acerca de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. El segundo permite al profesor reflexionar sobre el conocimiento del aprendizaje y el aprendiz. Finalmente, el tercero permite profundizar en las diferentes formas de representar y formular un contenido específico a unos estudiantes singulares (Bertram & Loughran, 2012).

Los anteriores presupuestos y el interés creciente por integrar las tecnologías digitales al aula de química han generado la necesidad de ayudar a los profesores en formación a identificar, explicitar y desarrollar ya no el CPC, sino el CTPC de dicha disciplina. Para ello, se continua utilizando el diseño de la CoRe como un instrumento de pensamiento y desarrollo profesional de los profesores en formación. Esta situación ha llevado a los educadores de profesores a considerar la adaptación de la estructura inicial de la CoRe al marco teórico que sustenta este nuevo paradigma del CTPC, con el fin de documentar y presentar las bases del conocimiento que subyacen a este nuevo enfoque³ (Anexo 2). Esta decisión curricular permite a los profesores comenzar a identificar, explicitar y desarrollar los aspectos que configuran el CTPC de un contenido disciplinar. Naturalmente, el desarrollo de los ítems de la CoRe están vinculados a los diferentes elementos del CTPC formulados por Mishra y Koehler (2006).

Finalmente, el educador de profesores quien orienta el curso de problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la química focaliza las actividades de aprendizaje⁴ en diseñar una CoRe de un tópico de la química para mediar la construcción del CTPC. Esta estrategia tiene el potencial de crear un mundo virtual en el que los profesores en formación experimentan y reflexionan sobre los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de un tópico específico de las ciencias. Esto lleva a la articulación consciente de elementos de la enseñanza como la comprensión de las formas de representar un tópico por medio de la tecnología, técnicas pedagógicas que usan la tecnología para enseñar contenido, conocimiento de los conceptos difíciles o fáciles para aprender, además de las formas en que la tecnología puede ayudar a los estudiantes a superar las restricciones, entorno al conocimiento de las concepciones alternativas, y conocimiento de cómo pueden usarse las tecnologías para construir sobre el conocimiento existente (Mishra & Koehler, 2006). Tomando como referencia estos presupuestos, esta investigación da respuesta al siguiente interrogante: ¿De qué manera la construcción progresiva de una CoRe dentro del marco del curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química contribuye a que los profesores en formación comiencen a identificar, explicitar y desarrollar el CTPC de un tópico específico del currículum de la química?

III Metodología de investigación

Se adoptó una metodología de estudios de caso, la cual busca comprender a profundidad el caso bajo consideración (Stake, 1999). Apoyados en los criterios formulados por Stake (1999), se escogieron cuatro estudiantes (Lina, Gina, Estefanía y Angélica), de los doce que matricularon el curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química. Las estudiantes realizaron todas las actividades de aprendizaje propuestas por el investigador (ej., CoRe⁵, entrevista, encuesta, lectura reflexiva a literatura en educación en ciencias, entre otras) con el fin de identificar, explicitar y desarrollar el CTPC de un tópico de la química.

1 Análisis de datos y codificación

La información recogida se analizó siguiendo la teoría fundamentada (Strauss y Corbin, 2002) en las fases de descripción, ordenamiento conceptual y teorización. Se llevó a cabo una codificación abierta, selectiva y axial para generar una teoría que le diera solución al problema en cuestión. Para realizar dicha tarea se revisó sistemáticamente la CoRe diseñada por las cuatro profesoras para así evidenciar la identificación, explicitación y desarrollo de los componentes del CTPC hipotético de un tópico específico del currículum de química. Se revisó a profundidad el contenido de las diferentes versiones de las CoRes, los cuales se compararon con las unidades de análisis con sentido independiente provenientes de entrevista semi-estructurada, encuesta, relato narrativo y videos de clase.

El proceso de codificación de la información documental se realizó desde los marcos teóricos del CTPC de Mishra y Koehler (2006) y Magnusson et al. (1999). Como consecuencia, esta tarea permitió visualizar las categorías analíticas de este estudio, el CTPC y la CoRe (Ver tabla 1), provenientes de la literatura.

Tabla 1. Relación selectiva entre las categorías del CTPC y la CoRe

CATEGORÍA CENTRAL: CTPC	
SUBCATEGORÍAS	CATEGORÍA
Orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia ⁶ .	2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea? 11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?
Currículum de la ciencia.	1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea? 3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)?
Comprensión de los estudiantes de un tópico específico de la ciencia.	4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea? 5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea? 6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?
Conocimiento tecnológico y pedagógico (Software y Hardware) para gestionar el aula.	7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?
Conocimiento tecnológico del contenido.	8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea? 9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?
Estrategias instruccionales para la enseñanza de la ciencia.	10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea). 11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?
Formas de evaluar las ideas.	12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?

En este estudio, el CTPC es considerada la categoría medular, la cual articula semánticamente las subcategorías que configuran la categoría de la CoRe (ver tabla 1). Es decir, el CTPC puede vincular proposicionalmente las unidades de análisis adscritas a sus subcategorías con las de la categoría de la CoRe. Como consecuencia, se producen generalizaciones naturalísticas que constituyen un marco teórico para describir y comprender la identificación, explicitación y desarrollo del CPC de un tópico del currículum de la química en los profesores en formación.

IV Presentación de los resultados

La teoría que describe y explica el proceso a través del cual los profesores participantes comenzaron a identificar, explicitar y desarrollar los elementos del CTPC que encarnan las decisiones curriculares e instruccionales de la enseñanza de la química se describe a continuación.

1 Orientación hacia la enseñanza de la ciencia

Este elemento del CTPC de la química se visualiza en los propósitos educativos y los diferentes enfoques instruccionales que aparecen en las fuentes documentales. El establecimiento de la relación entre dichos elementos permite evidenciar tanto el modelo de enseñanza del estudiante profesor al inicio del curso Aprendiendo a Enseñar Química, así como el desarrollo progresivo de este aspecto durante el mismo. A pesar de haber estudiado diferentes teorías del aprendizaje (ej., conductista, procesamiento de la información, constructivismo cognitivo y sociocultural) durante los cursos previos de aprendiendo a enseñar ciencias, los profesores en formación sostienen en un alto porcentaje un enfoque de enseñanza centrado en el profesor y los contenidos, sin ser conscientes de las teorías de aprendizaje que lo fundan.

De hecho, en el diseño de las primeras CoRes los profesores en formación mostraron poca consciencia del tipo de problema de la enseñanza y de la naturaleza del contenido, diseñando actividades de aprendizaje que por la naturaleza del problema de enseñanza y del contenido, permitían focalizar el proceso de instrucción en el profesor y el contenido. Así pues, esta decisión de diseño debía estar iluminada por la teoría de aprendizaje del procesamiento de la información, la cual permite organizar y presentar la información de modo que los estudiantes logren una articulación entre esta información y sus saberes previos. La anterior llevó a la desarticulación entre las metas de aprendizaje y las diferentes estrategias y modelos de enseñanza.

Las actividades de desarrollo profesional adscritas a los diferentes ámbitos de reflexión propuestos por el curso permitieron a los profesores en formación comenzar a relacionar los diferentes tópicos del currículum de la química y la naturaleza de éstos con el problema de la enseñanza. Así pues, lograron visualizar que cuando un tópico es demasiado abstracto, se dificulta encontrar una situación problema cercana al mundo del estudiante con la intención de representarlo y formularlo. En este sentido, se debe tomar la decisión de diseñar una actividad de aprendizaje que esté centrada en el profesor y los contenidos (ej., animaciones, simuladores, entre otros). En el momento que se logre vincular el tópico en cuestión con aspectos del mundo de la vida, entonces se puede diseñar una actividad centrada en el estudiante. Además, la discusión sobre las situaciones problema sería el medio a través del cual comenzaría a emerger en el aula el tópico en consideración (Christensen, 2008), como se refleja en la siguiente viñeta:

No todas las actividades de aprendizaje se pueden diseñar centradas en el estudiante, dado que, esta decisión de diseño depende de aspectos como el tema, los objetivos de enseñanza que tenga el profesor. Por ejemplo, un tema de naturaleza muy abstracta difícilmente los estudiantes lo construyen por sí solos desde situaciones cotidianas. En ese sentido, se pueden proponer actividades donde el docente acerque a los estudiantes al tema, para ello representa la idea por medio de animaciones, videos, o simuladores en compañía de los interrogantes problemas; éstos últimos brindan la posibilidad para que negocien significados. Por tanto, una actividad de aprendizaje que inicia centrada en el profesor finaliza centrada en el estudiante. (Entrevista, Stephany y Angelica).

2 Currículum de la ciencia

Durante el diseño de las primeras CoRes, los profesores en formación descomponen el contenido central en ideas desconectadas que no recogen el conocimiento subyacente a los principales elementos teóricos del contenido bajo consideración. Adicionalmente, fueron representadas por un título sin formular la idea en cuestión de manera proposicional y sintética (ej., leyes de los gases, presión, teoría cinética de los gases). A medida que refinaron las CoRes colaborativamente, los profesores en formación comenzaron a ser conscientes que estas ideas no recogían el contenido real del tópico que estaban representando, por lo que tomaron la decisión de retornar a los libros universitarios y escolares para comprender el tema y volverlo enseñable. Esta tarea les permitió seleccionar, secuenciar y temporalizar las ideas estructurantes del contenido con el fin de que unas ideas apalancaran el aprendizaje de las otras, como lo comenta Gina en la entrevista:

Un aspecto difícil para nosotros fue la selección y secuenciación de las grandes ideas, ya que, tenemos un conocimiento de la química muy flojito, así que, las dos primeras preguntas de la CoRe para poder darle respuesta medianamente bien, nos tocó acudir a los libros universitarios y a las explicaciones del profesor del curso. Adicionalmente, tuvimos en cuenta los estándares básicos de competencia en ciencias naturales y educación ambiental los cuales encarnan los propósitos de este currículum con el fin de ver en cuales de éstos estaban ubicados las grandes ideas seleccionadas. Comenzamos a considerar que los estándares en compañía de los temas nos podría ayudar a crear las actividades de aprendizaje.

Comprender el contenido de la química permitió a los profesores en formación vincular conscientemente las ideas que configuran dicho contenido con las diferentes metas de aprendizaje y enseñanza propuestas en el currículum estatal. Esta articulación es clave para diseñar materiales instruccionales, pues permite visualizar los recursos digitales más apropiados para representar y formular la idea en consideración. Posteriormente estos recursos originarán las actividades de aprendizaje de una secuencia de enseñanza y aprendizaje, como lo muestran las siguientes afirmaciones de Stephany y Angélica:

Los propósitos de aprendizaje de cada una de las ideas que configuran el núcleo conceptual de cambio físico y químico surgen a partir del problema de enseñanza de éstas. Es decir, a cada idea la subyace un contenido y habilidades de pensamiento de orden superior que se pretende desarrollar en el estudiante. Así, para seleccionar o construir los propósitos se llevó a cabo un análisis del conocimiento sustantivo de cada una de las ideas junto a las posibles dificultades que enfrentaría el estudiante al abordar éstas. Para ello, reflexionamos acerca de qué queremos que los estudiantes aprendan y en qué nivel de profundidad, finalmente la relación de las dos elementos anteriores se necesitan para direccionar la construcción de las actividades de aprendizaje.

3 Comprensión de los estudiantes de un tópico específico de la ciencia

Este elemento fue el de menor nivel de elaboración en las primeras CoRes, donde los profesores en formación dejaron este ítem sin llenar. Quizás esto sea causado por su falta de experiencia de enseñanza además de la desarticulación entre los contenidos de la disciplina, la psicología y los métodos de enseñanza de tópicos específicos. Sin embargo, la continua discusión colegiada ante el colectivo áulico de las diferentes CoRes y el andamiaje llevado a cabo por el educador de profesores, permitió que los profesores en formación comenzaran a explicitar y desarrollar su conocimiento de

las dificultades y concepciones alternativas de la química y su enseñanza. El otro medio que asistió el desarrollo de este conocimiento fue la lectura reflexiva de la literatura sobre las dificultades y concepciones alternativas que presentan los estudiantes sobre la química.

Las anteriores actividades permitieron que los profesores en formación comenzaran a identificar y desarrollar este componente del CTPC de la química, mostrando un conocimiento más profundo de los temas alrededor de la comprensión de los estudiantes. Así, las últimas CoRes muestran que los futuros profesores consideraron clave la diferenciación e integración de los tres niveles de representación en la comprensión conceptual e integrada del currículum de química. Además, consideraron cómo los recursos digitales tienen el potencial de ayudar a concientizar a los aprendices de la utilidad de este lenguaje multinivel. La respuesta al ítem 4 de la CoRe final de Lina y Gina evidencia este hallazgo:

Los estudiantes, por lo general, construyen sus ideas sobre los conceptos físicos y químicos a través de la interacción de su sistema sensorial con el mundo que los rodea, situación que se les dificulta en el caso de los gases, debido a que estos no son percibidos fácilmente por los sentidos (Kind, 2004). De este modo, por ejemplo, los estudiantes al no poder percibir el movimiento de las partículas, se les hace muy difícil explicar qué sucede cuando un gas se calienta o se enfría (Kind, 2004). En este sentido, una dificultad relacionada con lo anterior es que los estudiantes no tienen consciencia que existen distintos niveles de representación de la materia (nivel macroscópico, nivel submicroscópico, nivel simbólico), lo que facilita que se sientan confundidos frente a los contenidos químicos trabajados en clase con el docente (Johnstone, 2010), quien puede caer en el error de presentar dichos contenidos desde lo poco conocido, lo abstracto, lo invisible para los estudiantes, enfocándose solo en el nivel simbólico o en el submicroscópico, y dejando de lado el macroscópico, que da un marco experiencial al estudiante. Además, los estudiantes de algún modo pueden comprender el concepto teórico o la ley aplicada de la naturaleza y comportamiento de los gases en un problema, pero al momento de ir más allá, como por ejemplo interpretar una gráfica en un plano o en una determinada situación, muchas veces los estudiantes quedan impedidos para hacerlo, ya que no saben con claridad si se está haciendo referencia a una propiedad, una ley, etc. siendo incapaces de reflejar el concepto teórico visto anteriormente (Rubio, 2013). (Página 8 del PDF material del docente, link: <http://lina-gina-gases.webcindario.com/index.html>)

Otra restricción que los profesores en formación identificaron es la naturaleza abstracta de los tópicos del currículum de química. Desde luego que estos conceptos no pertenecen al mundo concreto, sino que son producto de la interpretación humana de datos generados en diseños experimentales. Por ello, consideraron que para asistir el aprendizaje de los estudiantes se deben representar los tópicos de la química a través de recursos como animaciones, simuladores, videos, laboratorios, y comics, los cuales pueden articular el fenómeno natural con los modelos teóricos de las ciencias.

4 Conocimiento tecnológico del contenido

Al comienzo del desarrollo de su CoRe los profesores en formación eran poco conscientes del vínculo estrecho entre los tópicos de las ciencias y el amplio rango de recursos digitales disponibles en la internet. También, conocían poco las fortalezas y debilidades que presentan, por ejemplo, las animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, videos, plataformas, entre otros, lo cual apoya y justifica la selección de un recurso particular con el fin de representar y formular un tópico específico.

A pesar de las restricciones iniciales en el conocimiento tecnológico del contenido, los futuros profesores de ciencias lograron internalizar la idea que la calidad del diseño e implementación de

un ambiente de aprendizaje requiere comprender las relaciones complejas entre el contenido y la tecnología. Ellos percibieron que el conocimiento tecnológico del contenido hace referencia a la manera en la cual la tecnología y el contenido están recíprocamente relacionados. Adicionalmente, comenzaron a construir la idea que aunque la tecnología en cierto contexto impone limitaciones de carácter tecnológico y económico durante el proceso de representación y formulación de un tópico, ésta también ofrece nuevas y variadas formas de representarlo con una alta efectividad de mediación.

Finalmente, los profesores concibieron que además de poseer una profunda comprensión de lo sustantivo y sintáctico de la disciplina, ellos deben internalizar la articulación de los contenidos específicos con las diferentes formas digitales de representación que constantemente proporciona el mundo tecnológico. En efecto, esta clase de conocimiento les permite seleccionar los recursos digitales que se encuentran alineados con la naturaleza del contenido disciplinar y las metas instruccionales, con el propósito deliberado de construir las representaciones más apropiadas para un contexto específico. Así mismo, dichas representaciones configuran las diferentes actividades de aprendizaje, las cuales sirven de andamio a los estudiantes para la comprensión conceptual del tópico. La respuesta dada por Lina y Gina al ítem 9 de su CoRe confirma lo anterior:

Es importante que los estudiantes, más que aplicar algoritmos en ejercicios que involucren las leyes de los gases, entiendan lo que conceptualmente indican estas leyes.

Por este motivo, se emplean en las actividades planteadas para esta idea, diversas herramientas digitales como videos, animaciones, simuladores y gifs que permitan representar de modo adecuado la interacción entre las variables de presión, volumen, temperatura y número de moléculas de los gases. En el caso de las Leyes de Boyle y Gay Lussac, se emplearon simuladores que permiten evidenciar la relación entre las variables de presión-volumen y presión-temperatura, respectivamente. Estos simuladores, posibilitan que los estudiantes, además de construir su propia representación mental sobre la interacción de estas variables, les permita modificar dichas variables para realizar procesos de indagación sobre la influencia de una variable sobre la otra, promovándose así el desarrollo de ciertas prácticas científicas como la observación y la recolección de datos. (Páginas 18-24 del PDF material del docente, link: <http://lina-gina-gases.webcindario.com/index.html>)

5 Conocimiento tecnológico y pedagógico

Si bien los profesores en formación habían matriculado en semestres anteriores cursos cuyo propósito central era el desarrollo de habilidades en el manejo de software y hardware genéricos, durante las primeras semanas del curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química evidenciaron dificultades para gestionar el aula por medio de los recursos tecnológicos. De hecho, el discurso exhibido durante las discusiones áulicas deja ver una concepción de gestión de aula centrada en el profesor. Adicionalmente, el contenido de las primeras versiones de sus CoRes permite evidenciar un desconocimiento de las rutinas, estrategias, y modelos de enseñanza de las ciencias junto con la serie de recursos digitales que tienen el potencial de mediar el proceso de la enseñanza de un tópico específico.

Ahora bien, como sucedió con los otros elementos que configuran el CTPC, éste es identificado, explicitado y desarrollado por la participación activa y reflexiva de los profesores en formación en las actividades de aprendizaje del curso en cuestión, las cuales andamiaron el desarrollo reflexivo de los diferentes ítems de la CoRe. En efecto, eso les permitió comenzar a conocer el conjunto de rutinas, estrategias y modelos de enseñanza, vinculándolos con los componentes y capacidades que suministran los recursos digitales durante la administración y gestión del aula. Adicionalmente,

consideraron que los recursos tecnológicos (ej., software y hardware) son críticos para administrar y gestionar el aula eficientemente.

La articulación entre la pedagogía y la tecnología les permitió seleccionar los recursos digitales más ajustados a la naturaleza del contenido y metas instruccionales, con el fin de fortalecer las estrategias pedagógicas mediadoras del aprendizaje de un contenido específico. Los profesores en formación consideraron el software, *exe.learning*, en conjunción con el modelo de enseñanza, ciclo de aprendizaje, como una herramienta potencial para representar las actividades de aprendizaje en tres fases (exploración, introducción y aplicación). Estas fases brindan la oportunidad a los estudiantes de lograr progresivamente una comprensión conceptual profunda a partir de una gestión de clase tanto presencial como virtual, como lo muestra lo dicho por Lina y Gina:

Como esta idea requiere la construcción de conocimientos sujetos al nivel sub-microscópico, se considera conveniente utilizar inicialmente un video (ubicado en Actividad 1.1 Introducción: Comportamiento de un globo dentro de una jeringa), el cual en este caso, se usa con la intención de acercar al estudiante al fenómeno de la presión de manera macroscópica, aprovechando la ventaja de este recurso para ofrecer al estudiante la observación de un fenómeno, de modo rápido y sencillo, además de que se puede reproducir las veces que sean necesarias. Esto aporta a la superación de las dificultades relacionadas con la percepción a través del sistema sensorial de ideas abstractas como la presión (Rubio, 2013), pues el video le permite al estudiante tener evidencias de cómo actúa la presión de los gases en otros cuerpos.

Luego, se considera útil el uso de dos animaciones (ubicadas en Actividad 1.2 Observando la presión de un gas) con la intención de dar la posibilidad a los estudiantes de explicar desde el nivel sub-microscópico lo observado en el video anterior, empleando la ventaja de dicho recurso para facilitar la construcción de representaciones mentales en los estudiantes (Pinto, 2011), que en este caso se busca que se hagan una idea en su mente sobre cómo se comportan las moléculas de los gases frente al cambio de ciertas condiciones (volumen y temperatura). De este modo, se afrontan las dificultades relacionadas con la percepción de ideas abstractas (Rubio, 2013) y se aporta a que los estudiantes superen la dificultad de aplicar los conocimientos teóricos en la interpretación de situaciones del mundo macroscópico (Rubio, 2013). Así mismo, se contribuye a la construcción de un lenguaje común que permita entenderse entre todos utilizando la terminología científica adecuada, y se facilita la comprensión de la presión como una magnitud característica de un punto de un fluido (Martín-Sánchez et al. 2005) (Páginas 18-22 del PDF material del docente, link: <http://lina-gina-gases.webcindario.com/index.html>).

6 Estrategias instruccionales para la enseñanza de la ciencia

El conocimiento de las estrategias instruccionales es quizá uno de los elementos más importantes que configuran el constructo del CTPC, ya que éste recoge los otros aspectos. Este conocimiento direcciona el diseño de las actividades de aprendizaje, las cuales posibilitan que el estudiante construya de manera colegiada y progresiva cada una de las grandes ideas que configuran el tópico bajo consideración. Se evidenció que al inicio del curso Problemas del Aprendizaje y la Enseñanza de la Química los profesores en formación mostraron poco conocimiento de las estrategias instruccionales y actividades de aprendizaje para la enseñanza de las ciencias. De hecho, dejaron sin contestar el ítem que recoge esta clase de conocimiento en las primeras CoRes o simplemente enumeraron interrogantes sin un contexto problemático (ej., ¿Qué es presión? ¿Cómo se comportan las moléculas de una sustancia que se encuentra en estado gaseoso? ¿Cuáles son las leyes de los gases?). Quizás una de las causas de esta

restricción sea la falta de articulación de profesores en formación entre los componentes disciplinar, pedagógico y tecnológico del programa de educación, evento que obstaculiza el diseño de materiales instruccionales que apoyen el aprendizaje por comprensión conceptual.

De igual modo, a lo acontecido con las anteriores bases del conocimiento para la enseñanza, esta experiencia brindó la posibilidad a los profesores en formación de comenzar a identificar, explicitar e integrar los siguientes elementos: contenido disciplinar, dificultades y concepciones alternativas, estrategias y modelos de enseñanza (ej., POE⁷, ciclo de aprendizaje), formas de representar y formular un tópico (ej., animaciones, simuladores, videos) y estrategias de evaluación. Así pues, se infiere que probablemente esta clase de conocimiento informó la toma de decisiones instruccionales lo más alineadas con la naturaleza de la gran idea a representar y las metas de enseñanza esperadas, llevadas a cabo por los futuros profesores durante el diseño del ambiente de aprendizaje.

Conviene subrayar que la comprensión que lograron los profesores en formación de las relaciones entre los anteriores elementos del CTPC direccionó el diseño y la secuenciación del conjunto de actividades del material instruccional. Adicionalmente, la integración del contenido, la pedagogía y la tecnología orientó los razonamientos de los futuros profesores en cuanto a las estrategias instruccionales más ajustadas con la naturaleza de la gran idea a representar y el problema de enseñanza de ésta, el cual se materializa en la toma de decisiones de diseño. Por ejemplo, el comprender conceptualmente el contenido que funda la idea de la presión de un gas permitió que Lina y Gina seleccionaran y justificaran recursos digitales para representar la idea en cuestión. Desde luego, dichas representaciones digitales estuvieron acopladas a una serie de tareas problemas que propiciaron la comprensión de los estudiantes, como lo muestra el material digital http://lina-gina-gases.webcindario.com/actividad_12_observando_la_presin_de_un_gas.html

El análisis a las primeras CoRes diseñadas por los profesores en formación dejaron ver que la mayoría de las actividades de aprendizaje estaban estructuradas únicamente por una serie de interrogantes o problemas, sin estar circunscritos a un contexto problemático u organizador previo. Por ejemplo, las primeras actividades de aprendizaje diseñadas por Lina y Gina estuvieron limitadas a desarrollar ejercicios de las leyes de los gases de forma algorítmica. Posteriormente, ellas comenzaron a volverse conscientes la necesidad de diseñar un contexto problemático, el cual tiene como fin generar en los estudiantes la necesidad por el aprendizaje y activar sus conocimientos previos y concepciones alternativas.

Se destaca que el desarrollo gradual de esta base de conocimiento les permitió a los profesores en formación identificar y explicitar el aspecto de la gestión y la administración del aula. De hecho, en un inicio solo utilizaron estructura de aula no interactiva, donde el profesor transmite un conocimiento. Sin embargo, el diseño de las CoRes, junto con el estudio de la literatura sobre las técnicas y estrategias de enseñanza de la química, les brindó la posibilidad de conocer organizaciones áulicas como pequeños grupos de discusión, discusión con toda la clase y trabajo individual. Estas estructuras de aula han sido consideradas por la comunidad de educadores de profesores como un medio para promover la comprensión conceptual de los estudiantes, como lo muestra la CoRe final de Lina y Gina:

Por otra parte, en relación a la organización del aula de clases, se plantea que sea estructurado de cuatro formas, de acuerdo con Tobin (1997): interacción con toda la clase, no interactiva, en pequeños grupos de discusión, y trabajo individual. Cabe mencionar que, las estructuras que se adopten en cada una de las actividades dependerán de la naturaleza de la idea a abordar y de la intención que se tenga con la clase. Lo anterior, se hace con el fin de que los estudiantes desarrollen y potencialicen sus habilidades en las distintas formas de trabajar, y también, para que estos reconozcan las diferentes maneras en que

se construye el conocimiento...Con lo anterior, se pretende aportar al desarrollo de las competencias científicas y lingüísticas, al tener que acudir al uso del discurso, la retórica y a la expresión en público. (Página 25 del PDF material del docente, link: <http://lina-gina-gases.webcindario.com/index.html>).

7 Formas de evaluar las ideas

Los profesores en formación representan las estrategias de evaluación en términos generales, formuladas haciendo referencia a aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales en un nivel de orden genérico. Sin embargo, no enunciaron los conceptos, las habilidades y las actitudes a monitorear de forma más detallada a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje del tópico específico.

Como sucedió con las otras bases del conocimiento, el profesor en formación movió su pensamiento y acciones sobre las estrategias de evaluación desde una perspectiva general de la química a una articulada con el tópico específico. Es decir, formuló diferentes actividades de evaluación alineadas con las ideas que constituyen el concepto en cuestión. Esta situación le permitió monitorear el nivel de comprensión y confusión sobre la gran idea que tienen los estudiantes durante la transacción instruccional, con el propósito de realizar retroalimentación desde una perspectiva socrática en los momentos críticos. La respuesta al ítem 12 de la CoRe final, por Stephany y Angélica, es prueba de ello.

Los estudiantes se enfrentarán a actividades de todos los niveles de representación, primero el nivel macroscópico (descripción del fenómeno); segundo el nivel submicroscópico (explicaciones del fenómeno) y por último, nivel microscópico, este tipo de actividades que respondan a cada nivel deben realizarse o explicarse a través de los modelos teóricos, en donde la evaluación en este caso responderá a la SUMATIVA, pues se pretende evaluar el nivel de apropiación del estudiantes a nuevos fenómenos explicativos. Según lo anterior la evaluación se realizara a través de las preguntas de reflexión desarrolladas en cada actividad. (CoRe, Stephany y Angelica).

V Discusión y conclusiones

Este estudio ha permitido evidenciar que el constructo del CTPC tiene implicaciones significativas para el desarrollo profesional del profesor en formación. Dado que éste pretende ir más allá de la simple visión ofrecida por los programas de educación convencionales, cuyo fin es el desarrollo de «habilidades de instrucción», a programas donde el futuro profesor de manera reflexiva y progresiva va identificando y explicitando las ricas relaciones complejas entre la tecnología, el contenido y la pedagogía.

Debido a esto, en los últimos años se comenzó a estudiar la posibilidad que a través del diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos mediados por la CoRe, el profesor en formación pueda desarrollar las ricas conexiones de los tres elementos antes mencionados (enfoque de aprender diseñando) (Hume & Berry, 2013). Durante el desarrollo de la CoRe y la construcción del material instruccional el futuro profesor hace consciente los requerimientos particulares del contenido, las metas instruccionales y la tecnología más alineada a estos dos aspectos. Así pues, los datos de este estudio claramente muestran que el programa de formación por «orientación reflexiva», mediado por el diseño de una CoRe, permiten que el profesor en formación integre las bases del contenido, la pedagogía, la tecnología y el contexto dentro del cual éstas funcionan (Candela, 2016). Es decir, la integración de estas tres bases permite articular conscientemente elementos de la enseñanza, tales como comprensión de las formas de representar un tópico por medio de la tecnología, técnicas pedagógicas que usan la tecnología en formas constructivas para enseñar el contenido, conocimiento

de los conceptos difíciles o fáciles para aprender, además de las formas como la tecnología puede ayudar a los estudiantes a superar estas restricciones, conocimiento de las concepciones alternativas y conocimiento de cómo las tecnologías pueden ser usadas para construir sobre el conocimiento ya existente.

Finalmente, se concluye que todavía se requiere un mayor número de estudios empíricos sobre la identificación, explicitación y desarrollo del CTPC de profesores en formación y en servicio dentro del marco de los programas de educación por «orientación reflexiva» mediada por el diseño del instrumento metodológico de la CoRe.

VI Notas

¹ El constructo PCK o CPC (Pedagogical Content Knowledge) es una de las siete categorías de la base de conocimiento para la enseñanza (Shulman, 1987).

² Abell y Bryan (1997) afirman que el enfoque de enseñanza por «orientación reflexiva» está configurado por cuatro ámbitos de reflexión, a saber: reflexionando acerca de la enseñanza llevada a cabo por otros a través de los videos de estudios de casos, reflexionando sobre su propia enseñanza a través de sus prácticas educativas, reflexionando sobre las opiniones de los expertos acerca de la enseñanza de las lecturas propuestas en los programas de formación y reflexionando sobre sí mismo como aprendiz de ciencias por medio de actividades científicas.

³ La adaptación de la estructura lógica del instrumento de la CoRe al marco teórico que sustenta el paradigma del CTPC o TPCK se llevó a cabo dentro del curso, «Problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química», el cual es ofrecido como una electiva profesional a los futuros profesores de química en la Universidad del Valle (Colombia-Cali), con el fin de ayudarles a identificar, explicitar y desarrollar el TPCK de un tópico específico (2015).

⁴ Se destaca que las actividades de aprendizaje han sido seleccionadas, secuenciadas y temporalizadas a lo largo de los cuatro ámbitos de reflexión que configuran el curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química por «orientación reflexiva».

⁵ Lina, Gina, Estefanía y Angélica comenzaron a identificar y desarrollar el CTPC de la química, las dos primeras lo hicieron para el contenido de «Gases», las segundas en el tópico «transformaciones de la materia».

⁶ La «orientación de la enseñanza» es una forma de categorizar los diferentes métodos para la enseñanza de la ciencia. Este constructo se fundamenta en el conocimiento y creencias que posee un profesor acerca de los propósitos y metas que tiene la enseñanza de una idea de las ciencias por medio de un método de enseñanza particular. Por ejemplo, descubrimiento, cambio conceptual, investigación dirigida, rigor académico, entre otros (Magnusson et al. 1999).

⁷ POE es el acrónimo de la estrategia de enseñanza de las ciencias denominada Predecir, Observar y Explicar.

VII Referencias bibliográficas

- Abell, K. & Bryan, L. A. (1997). Reconceptualizing the elementary science methods course using a reflection orientation. *Journal of Science Teacher Education*, 8(3), 153-166.
- Bertram A. & Loughran, J. (2012). Science teachers' views on CoRes and PaP-eRs as a framework for articulating and developing pedagogical content knowledge. *Research in Science Education*, 42, 1027-1047.
- Bruce, B. C., & Hogan, M. C. (1998). The disappearance of technology: Toward an ecological model of literacy. In D. Reinking, M. McKenna, L. Labbo, & R. Kieffer (Eds.), *Handbook of literacy*

- and technology: Transformations in a post-typographic world* (pp. 269–281). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Candela, B. F. & Viafara, R. (2014a). Articulando la CoRe y los PaP-eR al programa educativo por orientación reflexiva: una propuesta de formación para el profesorado de química. *Tecné, Episteme y Didaxis*: TED. Num 35. p. 89-111.
- Candela, B. F. & Viafara, R. (2014b). *Aprendiendo a enseñar química: la CoRe y los PaP-eR como instrumento para identificar y desarrollar el CPC*. Programa editorial de la Universidad del Valle. Cali
- Candela, B. F. (2012). La captura, la documentación y la representación del CPC de un profesor experimentado y «ejemplar» acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia (Tesis de maestría). Universidad del Valle, Cali.
- Candela, B. F. (2016). El diseño de la «ReCo»: una estrategia para iniciar la identificación, explicitación y desarrollo del CPC de un tópico la química de profesores en formación inicial. *Tecné, Episteme y Didaxis*: TED. Num 40.
- Grossman, P. L. (1990). The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. Teachers College Press.
- Hume A. & Berry A. (2013). Enhancing the practicum experience for pre-service chemistry teachers through collaborative CoRe design with mentor Teachers. *Research in Science Education*, 43, 2107-2136
- Hume A. (2010). CoRes as tools for promoting pedagogical content knowledge of novice science teachers chemistry education in New Zealand, 119, 13-19.
- Hume, A., & Berry, A. (2010). Constructing CoRes – a strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41, 341–355.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131–152.
- Loughran, J. Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301–1320.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95–132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Mulhall, P., Berry, A., & Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 4(2), 1–25.
- 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.
- Schön, D. (1998). El profesional reflexivo: cómo piensan los profesionales cuando actúan. Paidós.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, (15), (2), 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational*

Review, 57(1), 1- 22.

Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. España: Morata

Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. (E. Zimmerman, Trad.). Medellín: Facultad de Enfermería de la Universidad de Antioquía. (Trabajo original publicado en 1990).

VIII Anexos

Anexo 1. Tabla de la herramienta metodológica de la CoRe.

UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
MAESTRIA EN EDUCACIÓN (ENFASIS EN ENSEÑANZA DE LA CIENCIA)
BASE PARA LA ENTREVISTA

¿Cuáles son las ideas científicas que se encuentran en el centro del tópico de “XXXXXXXXXX” o “XXXXXXXXXXXXXXXX”? Es decir, seleccione entre tres a cinco ideas en las que acostumbre a dividir la enseñanza del concepto XXXXXXXXXXXX. Se trata de que en ese conjunto de ideas estén reflejadas las más importantes del tema a impartir, o de sus precedentes.

Para cada una de estas ideas responda las siguientes preguntas:

IDEAS/CONCEPTOS IMPORTANTES EN CIENCIAS			
	I d e a No. 1	Idea No. 2	Idea No. 3
1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?			
2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea?			
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)?			
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?			
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?			
7.. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea).			
8. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?			

Anexo 2. Estructura lógica del instrumento de la CoRe ajustada para la representación de CTPC.

¿Cuáles son las ideas científicas que se encuentran en el centro del tema de la XXXXXXXXXX? Es decir, seleccione entre tres a cinco ideas en las que acostumbre a dividir la enseñanza del concepto XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX. Se trata de que en ese conjunto de ideas estén reflejadas las más importantes del tema a impartir, o de sus precedentes.

Para cada una de estas ideas responda las siguientes preguntas:

IDEAS/CONCEPTOS IMPORTANTES EN CIENCIAS			
	Idea No. 1	Idea No. 2	Idea No. 3
1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?			
2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea?			
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)?			
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?			
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?			
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?			
8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea?			
9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?			
10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea).			
11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?			
12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?			

Fuente: Adaptado y ajustado por Candela (Curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química Universidad del Valle, 2015) desde Loughran et al. (2004, 2006).