



ADAPTACIÓN DEL INSTRUMENTO METODOLÓGICO DE LA REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO (ReCo) AL MARCO TEÓRICO DEL CTPC

Adaptation of the methodological instrument of the representation of the content (CORE) to the theoretical framework of TPCK

Boris Fernando Candela¹

Cómo citar este artículo: Candela, B. F. (2017). Adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 12(2), 158-172.
doi: 10.14483/23464712.11175.

Recibido: 15 de noviembre 2016 / Aceptado: 8 de abril de 2017

Resumen

Desde mediados de la década de los ochenta, la comunidad de educación en ciencias se ha interesado en que los profesores identifiquen y desarrollen el conocimiento pedagógico del contenido (CPC). Para ello, se han diseñado programas de educación desde una perspectiva por "orientación reflexiva", estructurados a partir de un conjunto de actividades de formación cuyas tareas se centran en la práctica del diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos, en los cuales el instrumento metodológico de la *representación del contenido* (ReCo) ha jugado un papel crítico. La estructura lógica de este brinda la posibilidad a los profesores de tomar conciencia de los elementos teóricos y metodológicos que fundamentan el CPC. Por otro lado, con la emergencia al primer plano de las tecnologías digitales como instrumento de representación de los contenidos y gestión efectiva del aula, se genera la necesidad de transformar el constructo del conocimiento pedagógico del contenido (CPC) a conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (CTPC). En este sentido, resulta pertinente adaptar la estructura epistemológica de la ReCo al marco teórico del emergente constructo del CTPC, con el fin de que este instrumento continúe siendo utilizado como una heurística clave en los programas de educación donde la práctica del diseño de ambientes de aprendizaje resulta importante para el desarrollo profesional de los profesores. Desde luego, la adaptación de la ReCo

1. Profesor de la Universidad del Valle. Licenciado en Biología y Química de la Universidad Santiago de Cali, magíster en Educación con Énfasis en la Enseñanza de las Ciencias. Pertenece al grupo de investigación interinstitucional Ciencias, Acciones y Creencias. Correo electrónico bofeca65@gmail.com

a la perspectiva del CTPC viene acompañada por una conceptualización de cada uno de los 12 ítems que la configuran con el fin de ilustrar a los enseñantes durante el desarrollo de estos.

Palabras clave: CPC, CTPC, programas de formación.

Abstract

Since the middle of the eighties the community in science education has been interested in teachers to identify and develop the Content Pedagogical Knowledge (PCK). To this end, it has designed educational programs from a “reflective orientation” perspective structured from a set of training activities whose tasks are focused on the practice of designing specific content learning environments, where the methodological instrument of the Representation of Content (CoRe) has played a critical role. The logical structure of it provides the possibility for teachers to become aware of the theoretical and methodological elements that underpin the PCK. On the other hand, with the emergence of digital technologies as an instrument for representing content and effective management of the classroom, the need to transform the construct of the Content Pedagogical Knowledge (PCK) to the Technological and Pedagogical Knowledge of the content is generated (TPCK). In this sense, it is pertinent to adapt the epistemological structure of the CoRe to the theoretical framework of the emerging construct of the TPCK, in order that this instrument continue to be used as a key heuristic in education programs where the practice of designing environments Learning is important for the professional development of teachers. Of course, the adaptation of the CoRe to the perspective of the TPCK is accompanied by a conceptualization of each of the twelve items that configure it, in order to illustrate the teachers during their development.

Keywords: PCK, TPCK, training programs.

Introducción

Desde la década de los ochenta, los investigadores en educación comenzaron a considerar que los profesores experimentados y ejemplares poseen un conocimiento profesional, resultado de la amalgama entre el contenido disciplinar y la pedagogía general, que les permite diseñar e implementar ambientes

de aprendizaje centrados en el estudiante (ABELL, BRYAN, 1997; BERTRAM, LOUGHRAN, 2012). Esta forma de conocimiento fue denominada por SHULMAN (1986, 1987), “Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC)”², que distingue a los profesores de los especialistas en la disciplina y la pedagogía general, y puede ser desarrollado con la práctica del diseño y la enseñanza de un tópico específico.

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

Posteriormente, MAGNUSSON, KRAJCIK y BORKO (1999) reconceptualizaron el constructo del CPC desde el marco teórico de SHULMAN (1986, 1987) y GROSSMAN (1990), adaptándolo y ajustándolo a los escenarios del campo de la educación en ciencias. Así pues, a partir de estos marcos consideraron a este constructo como un sistema iterativo que está constituido por cinco elementos claves, 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, MAGNUSSON et al. (1999) afirmaron que los anteriores elementos pueden ser desarrollados de forma progresiva siempre y cuando los programas de educación brinden al profesor la oportunidad de enfrentarse con experiencias de aula, primero virtuales y, posteriormente, reales, en las cuales ellos tengan la posibilidad de realizar procesos reflexión en la acción y reflexión después de la acción, lo que les permitiría estar explicitando continuamente el conocimiento en la acción (SCHÖN, 1998).

Por otro lado, aunque SHULMAN (1987) no representó de manera explícita las relaciones complejas entre las bases del conocimiento del contenido, pedagogía y tecnología, se cree que estas fueron consideradas muy importantes. Naturalmente, cuando por primera vez formuló su enfoque de enseñanza, los temas correspondientes con la integración de la tecnología al aula no hacían parte del plano principal de investigación del campo de la educación, como lo son actualmente (MISHRA, KOEHLER, 2006). De hecho, Shulman consideraba que en las aulas tradicionales se usan una variedad de tecnologías, que van desde los textos escolares, pasando por retroproyectores y llegando a los computadores. Sin embargo, estos artefactos tras su diseño no recibieron el rótulo de tecnologías, solo hace poco se les atribuyeron dichos atributos tecnológicos (BRUCE, HOGAN, 1998).

A raíz de este hecho, han comenzado a emerger al primer plano del discurso educativo las estrechas

relaciones establecidas entre el contenido, la pedagogía y la tecnología. Desde luego, como consecuencia de la existencia de un amplio rango de tecnologías y recursos digitales, los cuales pueden ser utilizados en el proceso de diseño y enseñanza con el fin de representar y formular un tema específico.

Por otra parte, los educadores de profesores vislumbraron que los esfuerzos por integrar la tecnología con las otras dos bases del conocimiento (contenido y pedagogía), comparten los mismos problemas que SHULMAN (1987) evidenció en los ochenta cuando intentó vincular el contenido con la pedagogía. Es decir, en muchos programas de educación la base del conocimiento de la tecnología es asumida de forma desarticulada a la pedagogía y el contenido (MISHRA, KOEHLER, 2006).

Así pues, desde esta perspectiva, las políticas educativas de la integración de las TIC se han focalizado en proveer a la mayoría de las escuelas de computadores y conectividad. Además, alfabetizar a los profesores en el manejo de tecnologías digitales estándar (por ejemplo, software, hardware, mail, chat, video conferencia, entre otras), con el fin de apoyar de forma eficiente a los estudiantes durante el aprendizaje de las diferentes disciplinas escolares. No obstante, dichas políticas y programas de educación han descuidado la formación de los profesores en cuanto a las formas de diseñar e implementar la enseñanza de temáticas específicas de la disciplina en cuestión, es decir, presentar, visualizar y analizar los contenidos curriculares (NIESS, 2005; KOEHLER, MISHRA, 2005).

En contraste con la integración de la tecnología al aula de manera desarticulada al contenido y la pedagogía, MISHRA y KOEHLER (2006) formularon un enfoque de diseño y enseñanza de un tópico en el cual se enfatizan las conexiones, interacciones, suministros y restricciones entre el contenido, la pedagogía y la tecnología. Naturalmente, la interacción sinérgica de dichas bases genera cuatro especies de conocimiento, a saber: conocimiento pedagógico del contenido, conocimiento tecnológico del contenido, conocimiento tecnológico pedagógico

y conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (figura 1).

Por otra parte, los investigadores afirman que los profesores en formación entran a los cursos de enseñanza de la química con un desconocimiento de la diversidad de tensiones a las que se enfrentarán en el momento de diseñar e implementar ambientes de aprendizaje de un tema específico. Además, consideran 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 integradas configuran el CTPC. Desde luego, este hecho se convierte en un obstáculo para que ellos diseñen e implementen de manera eficiente una lección particular (LOUGHRAN, MULHALL, BERRY, 2008; CANDELA, 2016b).

En este sentido, los investigadores del área de educación en ciencias de una universidad pública de Cali (V) han acrecentado su interés por indagar acerca de las estrategias más apropiadas para que los profesores en formación puedan comenzar a desarrollar el CTPC en temáticas relacionada con el estudio de la química. Para ello, se han enfocado en el instrumento metodológico de la ReCo desde una perspectiva del CTPC como una heurística que

compromete a los profesores durante la reflexión sobre los elementos que configuran dicha base de conocimiento para la enseñanza de esta disciplina.

Reconceptualización del instrumento metodológico de la ReCo y su articulación con el CTPC

Tomando como referencia lo anterior, en la universidad se toma la decisión de rediseñar el curso de problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la química a causa de los desarrollos teóricos y metodológicos actuales que sustentan la línea de investigación del CTPC de las ciencias (conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido). Este rediseño descansa en la posibilidad de brindar a los profesores en formación la oportunidad de identificar, explicitar y desarrollar el CTPC en el área de química mediante la práctica del diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos. Con este fin, se adopta un enfoque de enseñanza por *orientación reflexiva*³ (ABELL, BRYAN, 1997; CANDELA, VIAFARA, 2014B; CANDELA, 2016a), que se basa en la creencia de que aprender a enseñar ciencias es semejante a aprender ciencias por sí mismo.

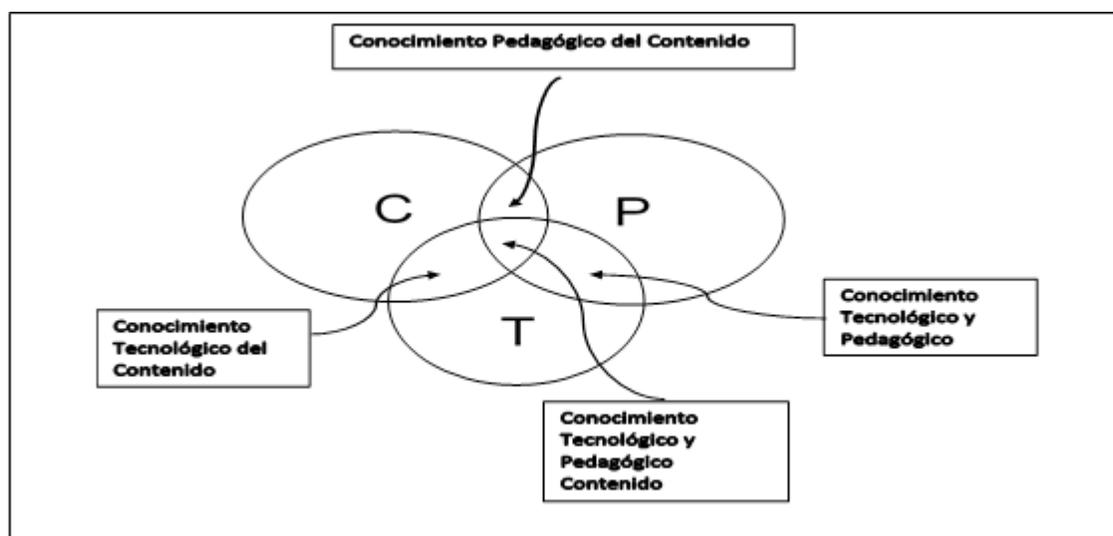


Figura 1. Representación de las bases de conocimiento que configuran el Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido (CTPC).

Fuente: MISHRA y KOEHLER (2006).

En este sentido, se considera que el instrumento metodológico apropiado para el curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química desde una perspectiva por *orientación reflexiva* es la ReCo⁴ (Content Representation), considerando que su estructura lógica encarna las decisiones curriculares e instruccionales que toma el profesor cuando diseña la enseñanza de un contenido específico, las cuales informan e iluminan la construcción de los ambientes de aprendizaje bajo consideración. Adicionalmente, otra virtud de este instrumento metodológico es que genera espacios de reflexión que permiten al profesor tomar conciencia de los elementos teóricos y metodológicos que estructuran la enseñanza de un contenido (LOUGHRAN, MULHALL, BERRY, 2004; MULHALL, BERRY, LOUGHRAN, 2003; CANDELA, VIAFARA, 2014a). Para ello, LOUGHRAN, GUNSTONE, BERRY, MILROY y MULHALL, (2000) diseñaron un conjunto de preguntas que direccionan la captura y representación de las decisiones que fundan el CPC (anexo 1).

De acuerdo con lo anterior, se puede afirmar que la ReCo es un instrumento que configura la discusión acerca de la comprensión que tienen los profesores de química de los aspectos del CPC de un tópico específico. Es decir, a través de su implementación se logra que el docente explicita los siguientes elementos: 1) un resumen de las “grandes ideas” para la enseñanza de un tópico; 2) concepciones alternativas de los estudiantes sobre la idea; 3) limitaciones y dificultades conectadas con la enseñanza de esta idea; 4) comprensión que tienen los estudiantes de esta idea; 5) aspectos que condicionan la enseñanza-aprendizaje de esta idea; 6) estrategias instruccionales de esta idea; y 7) conocimiento de la evaluación del tópico específico (LOUGHRAN *et al.* 2004; MULHALL *et al.* 2003; CANDELA, VIAFARA, 2014b).

Si bien en la génesis de la ReCo su papel fue el de ayudar a documentar y representar el CPC de un profesor ejemplar de ciencias acerca de un tópico específico, actualmente se usa como un instrumento metodológico dentro de los cursos de formación de profesores de química para asistirlos en la identificación, explicitación y evolución del CPC (BERTRAM, LOUGHRAN, 2012; HUME, BERRY, 2013; HUME, 2010; HUME, BERRY, 2010; CANDELA, 2016a). En efecto, el diseño de la ReCo posee el potencial de asentar el desarrollo del conocimiento del profesor en tres ámbitos: práctica profesional, aprendizaje del estudiante y contenido de la disciplina.

Se ha observado que el primer ámbito apoya al profesor en la reflexión productiva sobre su práctica educativa, hecho que le permite explicitar su conocimiento intuitivo y tácito acerca de la enseñanza y aprendizaje de la química. El segundo brinda la oportunidad al profesor para que reflexione sobre el conocimiento del aprendizaje y el aprendiz. Finalmente, el tercer ámbito le permite profundizar en las diferentes formas de representar y formular un contenido específico a unos estudiantes singulares (BERTRAM, LOUGHRAN, 2012).

Considerando lo anterior, junto con el creciente interés por integrar las tecnologías digitales al aula de química, se ha 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 continúa utilizando el diseño de la ReCo como un instrumento de pensamiento y desarrollo profesional de los estudiantes de magisterio dentro del marco del curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química por “orientación reflexiva” (CANDELA, 2016b). Esta situación ha llevado a los educadores de profesores de química a considerar la adaptación

3. ABELL y BRYAN (1997) afirman que el enfoque de enseñanza por orientación reflexiva está configurado por cuatro ámbitos de reflexión, a saber: reflexionar acerca de la enseñanza llevada a cabo por otros a través de los videos de estudios de casos; sobre su propia enseñanza a través de sus prácticas educativas; sobre las opiniones de los expertos acerca de la enseñanza de las lecturas propuestas en los programas de formación; y sobre sí mismo como aprendiz de ciencias por medio de actividades científicas.
4. El acrónimo CoRe son las iniciales del nombre del instrumento en inglés el cual significa “representación del contenido”.

de la estructura inicial de la ReCo al marco teórico que sustenta este nuevo paradigma del CTPC, con el fin de documentar y representar las bases del conocimiento que subyacen a este nuevo enfoque⁵ (anexo 2).

El desarrollo de cada uno de los doce ítems del instrumento de la ReCo adaptado a los marcos del CTPC se encuentra estrechamente vinculado con los diferentes elementos que configuran este constructo. En este sentido, para conceptualizar el CTPC de las ciencias se toman como referencia los cinco elementos que estructuran el CPC desde la perspectiva de MAGNUSSON *et al.* (1999) y se los triangula con los componentes teóricos que constituyen el CTPC desde el enfoque de MISHRA y KOEHLER (2006). Así, se concluye que el CTPC de las ciencias resulta de la combinación sinérgica de los siguientes aspectos: orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia⁶; currículum de la ciencia; comprensión de los estudiantes de un concepto específico de la ciencia; conocimiento de las tecnologías de orden general (software y hardware) para gestionar el aula; conocimiento de los recursos digitales para formular o representar una idea; estrategias de enseñanza para la enseñanza de las ciencias; y formas de evaluar las ideas (anexo 2).

Es necesario recalcar que el desarrollo de cada uno de estos ítems de la ReCo del CTPC por parte de los profesores en formación se encuentra circunscripto al conjunto de actividades que pertenecen a uno de los cuatro ámbitos de reflexión que estructuran el curso de Aprendizaje y Enseñanza de la Química. Adicionalmente, el tratamiento de dichas actividades suministran al profesor en formación elementos teóricos-prácticos, los cuales puede utilizar a lo largo del desarrollo de la ReCo con el fin de diseñar un ambiente de aprendizaje

de un contenido específico, y, de esta manera, comenzar a identificar, explicitar y desarrollar el CTPC de un contenido particular (CANDELA, 2016b; CANDELA, 2016a). Así pues, esta situación brinda la posibilidad a los futuros profesores de articular de manera consciente elementos de la enseñanza, tales como: comprensión de las formas de representar un contenido por medio de recursos digitales; técnicas pedagógicas que usan la tecnología en formas constructivas para enseñar el contenido; conocimiento de las concepciones alternativas; fortalezas que suministran las diferentes formas de visualización digital para comprender y explicar los diferentes fenómenos químicos desde los tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) (MISHRA, KOEHLER, 2006).

Conceptualización de los ítems de la ReCo desde una perspectiva CTPC

La estructura lógica del instrumento metodológico de la ReCo se encuentra configurada por una matriz en cuyas columnas aparecen las ideas centrales que el profesor considera importantes para seleccionar y secuenciar el contenido en cuestión. Adicionalmente, en las filas se ubican cada una de las doce preguntas, cuyo fin es representar y justificar los elementos del CTPC bajo consideración (anexo 2). En efecto, el desarrollo de los doce ítems a lo largo de las actividades de formación pertenecientes a los cuatro ámbitos de reflexión que estructuran el curso Problemas de la Enseñanza y Aprendizaje de la Química, permite a los profesores: documentar las ideas centrales del contenido; los objetivos de enseñanza declarados; el conocimiento de las concepciones

5. La adaptación de la estructura lógica del instrumento de la ReCo al marco teórico que sustenta el paradigma del CTPC 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 V, con el fin de ayudarles a identificar, explicitar y desarrollar el CTPC de un contenido específico.
6. En este documento se conceptualiza la orientación de la enseñanza como una forma de categorizar los diferentes métodos para la enseñanza de la ciencia. Desde luego, a este constructo lo fundamenta 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).

alternativas de los estudiantes y sus dificultades de aprendizaje; la secuenciación apropiada de los temas; la correcta utilización de las analogías y ejemplos; la utilización de los recursos digitales para representar y formular las grandes ideas; la implementación de la tecnología con el fin de gestionar y administrar la clase; las formas de abordar la complejidad de las ideas centrales; los experimentos, problemas y proyectos que el profesor emplea en el aula; y las formas ingeniosas de evaluar la comprensión.

Tomando en consideración los anteriores presupuestos, se hace necesario desarrollar de manera sucinta cada uno de los ítems que configuran la estructura lógica del instrumento de la ReCo, con el fin de brindar una representación clara a los potenciales usuarios de esta. Actualmente, este instrumento se usa como un recurso curricular para asistir a los profesores de ciencias en la identificación y desarrollo del CTPC de un concepto específico.

Grandes ideas/conceptos de la ciencia

Grandes ideas es una expresión que de manera frecuente se utiliza en las ciencias, esta describe una idea que ha tenido un impacto profundo en las formas en que los científicos comprenden y conceptualizan el mundo. Sin embargo, para los educadores e investigadores del campo de la educación en ciencias el término no presenta la misma acepción, pues consideran a este como las ideas de las ciencias que el profesor percibe como claves para que los estudiantes alcancen las metas de aprendizaje inicialmente propuestas por él (MULHALL, BERRY, LOUGHRAN, 2003). Sin embargo, una gran idea de la enseñanza de la ciencia puede también ser la misma gran idea de la ciencia (MULHALL *et al.* 2003). Adicionalmente, este ítem de la ReCo tiene como fin central que el

profesor explicita o identifique las diferentes ideas que configuran de manera coherente el concepto o contenido específico a ser enseñado. Estas ideas deben estar alineadas con las metas de aprendizaje que alcanzarían los estudiantes de manera progresiva.

¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea?

Este ítem hace referencia al aspecto del CTPC que le permite al docente determinar lo que los estudiantes son capaces de aprender acerca de un concepto específico. Desde luego, esta decisión curricular se encuentra mediada por el conocimiento que el profesor posee de la disciplina y la pedagogía específica de esta. Así pues, los profesores sin experiencia en la planeación y enseñanza de un contenido particular no tendrán los fundamentos para seleccionar y secuenciar los contenidos a ser aprendidos por comprensión conceptual⁷.

Estos presupuestos están alineados con el elemento del CTPC del currículum de las ciencias. De hecho, este ítem recoge el contenido que subyace a cada una de las grandes ideas en las que se ha secuenciado la enseñanza del concepto en consideración junto con las respectivas metas de aprendizaje. Adicionalmente, este ítem permite representar las diferentes relaciones establecidas entre la idea en consideración y los otros contenidos curriculares dentro y a lo largo de los cursos, es decir, se logra explicitar el currículum vertical y horizontal (NILSSON, LOUGHRAN, 2012).

Finalmente, este interrogante tiene como fin central que el profesor explicita o identifique las diferentes ideas que configuran de manera coherente el contenido específico a ser enseñado, con el propósito de alinearlas con las respectivas metas de aprendizaje.

7. En este artículo el aprendizaje por comprensión conceptual es considerado como la variedad de redes conceptuales que puede establecer el estudiante, apoyado por las ideas y principios de las ciencias que ha logrado internalizar durante la transacción de significados y formas de significar en el aula.

¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea?

El contenido de este ítem brinda la posibilidad al profesor de pensar de manera deliberada por qué es importante que los estudiantes construyan un concepto determinado. De hecho, esta clase de conocimiento viene influenciado por el sistema de creencias y valores que posee el profesor, de ahí que él, a lo largo de la experiencia del diseño y enseñanza de conceptos específicos, realiza transformaciones al currículum establecido por el Estado convirtiéndolo en un currículum planeado (NILSSON, LOUGHRAN, 2012). Por tanto, los profesores exitosos apoyan la toma de decisiones acerca de qué enseñar, en el conocimiento que posee sobre el contenido de la ciencia que es relevante para la vida cotidiana del estudiante, y en cómo éste se relaciona con otras áreas del plan de estudios.

Se destaca que el contenido de este ítem se encuentra articulado con el elemento del CTPC *orientaciones hacia la enseñanza*, en vista de que el eje central son las metas o propósitos que subyacen a la enseñanza de un concepto específico. En efecto, en este ítem se vinculan el conocimiento y las creencias que un profesor posee en relación con los propósitos y metas que tiene la enseñanza de un contenido particular. De hecho, esta clase de conocimiento también se encuentra alineada con la perspectiva de enseñanza que el profesor considera para llevar a cabo la enseñanza en cuestión.

Qué más sabe respecto a esta idea (que no tiene la intención de que sus estudiantes conozcan)?

La toma de decisiones curriculares llevada a cabo por el profesor acerca de lo que va enseñar es considerada un proceso complejo. Este tiene que seleccionar el contenido pertinente para que sus estudiantes lo aprendan comprensivamente, además, debe decidir sobre aquellos contenidos que serán omitidos conscientemente (HOLLON, ROTH, ANDERSON, 1991). Quizá una de las causas de la omisión de ciertos contenidos del currículum es

que el profesor frecuentemente es consciente de la necesidad de evitar complicar el aprendizaje de las ciencias, mientras que al mismo tiempo reconoce que la simplificación de esta puede minimizar el reto académico en el trabajo y hacer que la ciencia que se está estudiando sea aburrida para los estudiantes. En este sentido, encontrar un equilibrio entre lo que el profesor sabe sobre los conceptos y lo que es útil en la enseñanza de ellos es un factor importante para la conformación en la naturaleza del CTPC, el cual refuerza el pensamiento conceptual sobre el contenido de un área en lugar de la acumulación de piezas cada vez más sofisticadas de información (NILSSON, LOUGHRAN, 2012).

Conviene subrayar que el contenido de este ítem presenta una relación estrecha con el elemento del CTPC del currículum de las ciencias. En efecto, en este el profesor hace uso de su conocimiento sobre el currículum vertical y horizontal, es decir, con qué otros conceptos se relaciona el concepto bajo consideración dentro y a lo largo de los diferentes cursos de la escuela. En efecto, esta clase de conocimiento en conjunción con su sistema de creencias y valores da al profesor el poder para tomar decisiones curriculares sobre algunas ideas que considere no deben ser abordadas dentro de la lección que se está diseñando.

¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?

El contenido de este ítem juega un papel fundamental en el diseño de toda secuencia de enseñanza, dado que este orienta la construcción de las actividades de aprendizaje que brindan la oportunidad a los estudiantes de comenzar a superar las dificultades y limitaciones que tienen en el aprendizaje de alguna noción o idea. El conocimiento de este aspecto del CTPC proviene tanto de la literatura en educación en ciencias como de la experiencia de planear y enseñar un concepto específico.

NILSSON y LOUGHRAN (2012) consideran que la gran mayoría de los profesores en formación son conscientes de las dificultades y limitaciones con

las que llegan los estudiantes al aula de ciencias. Sin embargo, ellos piensan que a los profesores se les dificulta utilizar este conocimiento durante la planeación y enseñanza de un concepto específico.

En este sentido, las propiedades del contenido de este ítem están alineadas con las características del elemento del CTPC de la comprensión de los estudiantes de un concepto específico de las ciencias. En efecto, el contenido que subyace a ambos aspectos viene configurado por la necesidad que tiene el profesor de identificar las dificultades y limitaciones con las que los estudiantes enfrentan el aprendizaje de un concepto con el fin de asistirlos durante la comprensión conceptual.

¿Cuál es su conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes que influye en la enseñanza de esta idea?

Esta parte de la ReCo hace explícita la serie de concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aula de ciencias. En efecto, este conocimiento resulta fundamental durante la toma de decisiones de la enseñanza, ya que permite al profesor conocer de antemano las posibles intuiciones que tienen los estudiantes en el momento de enfrentarse a una situación problemática y, a partir de estas, diseñar actividades de aprendizaje que medien en el desarrollo progresivo de estas concepciones alternativas.

De hecho, este ítem, al igual que el anterior, presenta una relación estrecha con el aspecto del CTPC de la comprensión de los estudiantes de un concepto de las ciencias. Es decir, las concepciones alternativas en conjunción con las dificultades/limitaciones configuran el conocimiento con el que llegan los estudiantes al aula. También, la literatura ha venido mostrando que la capacidad de emplear las ideas que los estudiantes tienen sobre un tema junto con las concepciones alternativas y la manera en que estos muestran interés sobre el tema hacen parte de la información que un profesor principiante difícilmente puede identificar durante la enseñanza, porque, generalmente, carece de la experiencia

que está en el corazón de este aspecto del CTPC (NILSSON, LOUGHRAN, 2012).

¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?

En esta parte de la ReCo se representa tanto el conocimiento contextual sobre el estudiante como los principales elementos del conocimiento pedagógico general que influyen el método de enseñanza. Desde luego, el contenido de este ítem permite al profesor conocer los antecedentes académicos y culturales con los que llega el estudiante al aprendizaje de un concepto. Así, esta situación sirve para que él gradúe el nivel de dificultad y complejidad de la actividad de aprendizaje dentro de la zona de desarrollo proximal del estudiante singular. Adicionalmente, este conocimiento le servirá para implementar alguna de las técnicas, estrategias y modelos de enseñanza con el fin de asistir al estudiante durante el aprendizaje por comprensión conceptual.

Al igual que los dos ítems anteriores, este se encuentra alineado con las propiedades y dimensiones de los elementos del CTPC del conocimiento de la comprensión de los estudiantes de un concepto específico de las ciencias. Así pues, las limitaciones, concepciones alternativas, los antecedentes académicos y culturales de los estudiantes, junto con la pedagogía general, ayudan a estructurar una especie de conocimiento que fundamenta tanto la toma de decisiones curriculares como instruccionales.

¿Qué tecnologías digitales estándar emplea para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?

En este ítem se recoge el conocimiento que posee el profesor en cuanto a las diferentes tecnologías digitales que apoyan tanto la representación como la enseñanza de un tópico específico. Así pues, esta clase de conocimiento apoya la toma de decisiones de diseño y enseñanza que le permiten al profesor estructurar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada.

Conviene subrayar que este ítem se encuentra estrechamente relacionado con el elemento del CTPC del conocimiento de las tecnologías de orden general (software y hardware) para gestionar el aula, dado que esta comprensión permite al profesor hacer uso de tecnologías digitales que la comunidad de especialistas en tecnología constantemente entrega a los usuarios. En este sentido, el profesor integra al aula programas como procesador de textos, Power Point, Movie Macker, exe. learnig, blog, video conferencia, pixont; además, hace uso de dispositivos tecnológico tales como computador, video beam, tablero digital, entre otros.

¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utiliza con el fin de representar y formular la idea?

Este interrogante tiene como fin central que los profesores identifiquen y expliciten las posibles formas de representar y formular un concepto específico. Para ello, pueden hacer uso tanto de recursos físicos como digitales. Por ejemplo, en la representación del contenido del cambio químico se utiliza el fenómeno de la combustión a través de un laboratorio físico o por medio de una animación. Desde luego, estas intenciones de diseño están mediadas por aspectos como: naturaleza del contenido, la meta de aprendizaje, la disponibilidad del recurso de software y hardware, entre otros.

Este ítem es coherente con el elemento del CTPC: conocimiento de los recursos digitales y no digitales para formular o representar una idea. Así pues, el desarrollo de este permite al profesor tomar conciencia de la diversidad de recursos y situaciones problemáticas de naturaleza digital y no digital que se encuentran alineados con el concepto en cuestión.

¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utiliza para representar la idea en consideración, y en qué criterios se apoya esta intención de diseño?

Este ítem le brinda la posibilidad al profesor de tomar conciencia de las diferentes fortalezas y debilidades

que posee un recurso digital con la intención de formular un concepto específico. En efecto, este conocimiento asiste al profesor a lo largo del diseño de una serie actividades de aprendizaje las cuales configuran la secuencia de enseñanza que, idealmente, ayudaría al estudiante a lograr una comprensión conceptual del contenido en consideración.

De la misma forma que el anterior, este ítem es coherente con el elemento del CTPC del conocimiento de los recursos digitales para formular o representar una idea. Ciertamente, toda intención de diseño está mediada por el conocimiento de las potencialidades y restricciones que entrega el recurso digital para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea y las razones particulares de su uso para enseñar esta idea?

El contenido de este ítem hace referencia a la serie de técnicas, estrategias y modelos de enseñanza utilizados en un nivel de tamaño fino. Es decir, la toma de decisiones en cuanto a estos aspectos está determinada por la naturaleza del concepto a enseñar y por las metas de aprendizaje. En este sentido, para diseñar e implementar la enseñanza de un concepto el profesor se puede apoyar en teorías del aprendizaje como: procesamiento de la información, constructivista cognitiva, constructivista sociocultural, entre otras, las cuales estarían colocadas con algunas de las técnicas, estrategias y modelos de enseñanza.

Ahora bien, el contenido de este ítem se encuentra alineado con el aspecto del CTPC de las estrategias de enseñanza y aprendizaje para la enseñanza de las ciencias. De hecho, este contenido orienta al profesor para tomar las decisiones en cuanto a cómo estructurar la clase (ej., pequeños grupos de discusión, discusión con toda la clase, estructura no interactiva, y trabajo individual). Además, lo apoya para decidir sobre el modelo de enseñanza a utilizar (ej., ciclo de aprendizaje). Las anteriores decisiones son las que catalizan el desarrollo de las actividades de aprendizaje que han sido seleccionadas y secuenciadas.

¿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?

Tomando como referencia el conocimiento de los anteriores ítems, el profesor diseña y desarrolla una serie de actividades de aprendizaje, las cuales están configuradas a partir de un conjunto de representaciones digitales y no digitales que vienen acompañadas por sus respectivas tareas problema. Desde luego, para llevar a cabo estas tareas de diseño se apoya tanto en teorías de orden general (ej., teorías del aprendizaje, teorías curriculares, teorías del diseño instruccional), como en los marcos teóricos de nivel intermedio que están más estrechamente relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de un concepto específico asistido por la tecnología⁸. Por tanto, el profesor selecciona los elementos pertinentes desde estas bases de conocimiento con el fin de construir un cuerpo de conocimiento de tamaño fino o teorías de dominios específicos, las cuales direccionan la construcción de un artefacto curricular o material de enseñanza.

¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?

La representación de este contenido es uno de los factores clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje, pues este posibilita al profesor poder monitorear el nivel de comprensión, confusión y compromiso de los estudiantes a lo largo del proceso. Así pues, en el momento en que detecte un incidente crítico, de inmediato él reflexiona *in situ* para tomar nuevas decisiones curriculares y metodológicas que le ayuden al estudiante a mejorar.

De ahí que este presupuesto sea considerado como un tipo de evaluación formativa cuyo interés

descansa en orientar al estudiante con el fin de que alcance de manera progresiva un pensamiento más sofisticado. A diferencia de la evaluación sumativa que es explícita, la evaluación formativa del profesor es implícita y está asociada al concepto que se estudia, razón por la cual es casi imperceptible por el estudiante.

Es importante indicar que el contenido de este ítem se articula con el elemento del CTPC que se refiere al conocimiento de la evaluación del aprendizaje de las ciencias constituido, en primer lugar, por las dimensiones a evaluar en relación con los conceptos, procedimientos y actitudes de enseñanza, los cuales constituyen el cuerpo de conocimientos básicos del currículum de las ciencias. Por tanto, este ítem se refiere a los procesos de alfabetización científica de la ciencia, cuyo fin es lograr unos ciudadanos científicamente alfabetizados que puedan tomar decisiones a nivel local, nacional y universal. En segundo lugar, este ítem recoge el conocimiento del maestro en cuanto a los métodos para evaluar el aprendizaje desde un enfoque de evaluación formativa, donde la comprensión conceptual, la interdisciplinariedad en los temas, la naturaleza de la ciencia, la investigación científica y el razonamiento práctico juegan un papel crítico (MAGNUSSON *et al.* 1999).

Conclusiones

Conviene resaltar que el instrumento metodológico ReCo desde la perspectiva del CTPC en el contexto colombiano ha comenzado a jugar un papel clave como una heurística para asistir a los futuros profesores durante la identificación, explicitación y desarrollo del CTPC de un contenido de la química. De hecho, CANDELA (2016b) utilizó este instrumento metodológico dentro de un curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química desde una perspectiva por “orientación reflexiva”.

7. Por ejemplo, lenguaje multinivel, literatura en educación en ciencias, estrategias y modelos de enseñanza específicos de las ciencias, literatura basada en el estudio de la integración de las TIC al aula de ciencias.

Así, CANDELA (2016b) ha evidenciado que el desarrollo de la ReCo, como una herramienta para el diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos circunscripto a los cuatro ámbitos de reflexión del curso en cuestión, tiene implicaciones para que el profesor en formación pueda comenzar a establecer conexiones más amplias entre las bases del conocimiento del contenido, la pedagogía y la tecnología digital. En efecto, estas conexiones se traducen en la articulación consciente de 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; conocimiento de cómo las tecnologías pueden ser usadas para construir sobre el conocimiento ya existente.

Finalmente, se considera que todavía se requiere de un mayor número de investigaciones empíricas focalizadas en la identificación, explicitación y desarrollo del CTPC de la química de profesores en formación y en ejercicio, dejando, así, como tarea central el diseño de la ReCo en el marco de los cursos de aprender a enseñar esta disciplina por "orientación reflexiva".

Referencias

- ABELL, K.; BRYAN, L. A. Reconceptualizing the Elementary Science Methods Course Using a Reflection Orientation. **Journal of Science Teacher Education**, v. 8, n. 3, pp. 153-166. 1997.
- BERTRAM A.; LOUGHRAN, J. Science Teachers' Views on CoRes and PaP-eRs as a Framework for articulating and developing pedagogical content knowledge. **Research in Science Education**, v. 42, pp. 1027-1047. 2012.
- BRUCE, B. C.; HOGAN, M. C. The Disappearance of Technology: Toward an Ecological Model of Literacy. In: D. Reinking; M. Mckenna; L. Labbo y R. Kieffer (Eds.). **Handbook of Literacy and Technology: Transformations in a Post-typographic World**. Erlbaum. Hillsdale: Estados Unidos, 1998. pp. 269-281.
- CANDELA, B. F.; VIAFARA, R. 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**, n. 35, pp. 89-111. 2014a.
- CANDELA, B. F.; VIAFARA, R. **Aprendiendo a enseñar química: la CoRe y los PaP-eR como instrumento para identificar y desarrollar el CPC**. Universidad del Valle. Cali: Colombia, 2014b.
- CANDELA, B. F. 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**, n. 40. pp. 65-87. 2016a.
- CANDELA, B. F. El diseño de la CoRe: una estrategia para iniciar la identificación, explicitación y desarrollo del CTPC de la química en profesores en formación. **Boletín Redipe**, v. 5, n. 9, 146-167. 2016b.
- GROSSMAN, P. L. **The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education**. Teachers College Press. Nueva York: Estados Unidos, 1990.
- HOLLON, R. E.; ROTH, K. J.; ANDERSON, C. W. Science Teachers' Conceptions of Teaching and Learning. **Advances in Research on Teaching**, n. 2, pp. 145-186. 1991.
- HUME A.; BERRY A. Enhancing the Practicum Experience for Pre-service Chemistry Teachers Through Collaborative CoRe Design with Mentor Teachers. **Research in Science Education**, n. 43, pp. 2107-2136. 2013.
- KOEHLER, M. J.; MISHRA, P. What Happens when Teachers Design Educational Technology? The Development of Technological Pedagogical Content Knowledge. **Journal of Educational Computing Research**, v. 32, n. 2, pp.131-152. 2005.
- LOUGHRAN, J.; MULHALL, P.; BERRY, A. In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. **Journal of Research in**

- Science Teaching**, v. 41, n. 4, pp. 370-391. 2004.
- LOUGHRAN, J. *et al.* Science Cases in Action: Developing an Understanding of Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. ANNUAL MEETING OF THE NATIONAL ASSOCIATION FOR RESEARCH IN SCIENCE TEACHING, 73rd, New Orleans, L. A., Estados Unidos, 2000.
- LOUGHRAN, J.; MULHALL, P.; BERRY, A. Exploring Pedagogical Content Knowledge in Science Teacher Education. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 10, pp. 1301-1320. 2008.
- MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge. In: J. Cess-Newsome; N. G. Lederman (Eds.). **Examining Pedagogical Content Knowledge**. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht: Alemania, 1999. pp. 95-132.
- MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Integrating Technology in Teacher Knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, pp. 1017-1054. 2006.
- MULHALL, P.; BERRY, A.; LOUGHRAN, J. Frameworks for Representing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 4, n. 2, pp. 1-25. 2003.
- NEISS, M. L. Preparing Teachers to Teach Science and Mathematics with Technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge. **Teaching and Teacher Education**, v. 21, n. 5, pp. 509-523. 2005.
- NILSSON, P; LOUGHRAN, J. Developing and Assessing Professional Knowledge as a Science Teacher Educator: Learning about Teaching from Student Teachers. In: **Self-Studies of Science Teacher Education Practices**. Springer. Holanda: Países Bajos. 2012. pp. 121-138.
- SHULMAN, L. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, pp. 4-14. 1986.
- SHULMAN, L. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n. 1, pp. 1-22. 1987.



Anexos

Anexo 1. Instrumento de la ReCo

Estructura lógica del instrumento de la ReCo. Base para la entrevista

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

Para cada una de estas ideas responda las siguientes preguntas:

Preguntas pedagógicas	Ideas/conceptos importantes en ciencias para un tema específico		
	Idea n.º 1	Idea n.º 2	Idea n.º 3
1. ¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea?			
2. ¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esta idea?			
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus estudiantes)?			
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes 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 estudiantes emplea alrededor de esta idea?			

Anexo 2. Estructura lógica del instrumento de la ReCo adaptada al constructo del CTPC.

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

Para cada una de estas ideas responda las siguientes preguntas:

Preguntas pedagógicas	Ideas/conceptos importantes en ciencias para un tema específico		
	Idea n.º 1	Idea n.º 2	Idea n.º 3
1. ¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea?			
2. ¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esta idea?			
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (que no tiene la intención de que sus estudiantes conozcan)?			
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Cuál es su conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes que influye en la enseñanza de esta idea?			
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?			
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar emplea para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?			
8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utiliza 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 utiliza para representar la idea en consideración, y en qué criterios se apoya esta intención de diseño?			
10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea y las razones particulares de su uso para enseñar 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?			
12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?			