

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

A captura, a documentação e a representação do CPC de um professor experiente e “exemplar” acerca do núcleo conceitual de descontinuidade da matéria

Capture, documentation and representation of an experienced and “exemplary” teacher’s CPC about the conceptual core of matter discontinuity.

Boris Fernando Candela Rodríguez*

* Universidad del Valle, IEP (Cali-Colombia). Correo electrónico: bofeca65@yahoo.com

Este artículo es producto de la investigación que bajo el mismo título se desarrolló como tesis para optar por el título de Maestría en Educación con énfasis en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad del Valle.

Resumen

Este estudio aborda la conceptualización del CPC (perspectiva anglosajona) y describe la captura, documentación y representación del CPC de un profesor experimentado y ejemplar acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, a través de una metodología cualitativa e interpretativa, a manera de estudio de caso, en donde se implementan instrumentos metodológicos como la CoRe y los PaP-eRs. Los productos de la investigación que se obtuvieron son una CoRe y cinco PaP-eRs, los cuales retratan los procesos de razonamientos y acciones inteligentes del profesor durante la planeación y la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia, a través de su interacción bidireccional.

Palabras clave

Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC), Representación del Contenido (CoRe), Repertorio de experiencias Profesionales y Pedagógicas (PaP-eR), Núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, Educación en Ciencias.

Resumo

O artigo trabalha sobre a conceptualização do CPC (perspectiva anglo-saxónica) e descreve a captura, documentação e representação do CPC de um professor experiente e exemplar acerca do núcleo conceitual de descontinuidade da matéria através de uma metodologia qualitativa e interpretativa, na forma de estudo de caso, onde implementam-se instrumentos metodológicos tais como a CoRe e os PaP-eRs, eles representam os processos de racoamento e as ações inteligentes do professor no decorrer do planejamento e do ensino do núcleo da descontinuidade da matéria, através de sua interação de dupla direção.

Palavras chave

Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC), Representação do Conteúdo (CoRe), Repertorio de experiências Profissionais y Pedagógicas (PaP-eR), Núcleo conceitual de descontinuidade da matéria, educação em ciências.

Abstract

This study tackles the conceptualization of CPC (Anglo-Saxon perspective) and describes the capture, documentation and CPC representation of an experienced t and exemplary teacher about the conceptual core of matter discontinuity, through a qualitative and interpretative methodology as a case study where methodological instruments like CoRe and PaP-eRs are implemented. The obtained Research products are one CoRe and five PaP-eRs, which evidence reasoning processes and intelligent teacher’s actions during the planning and teaching of the core of matter discontinuity through bidirectional interaction.

Keywords

Pedagogical knowledge of Content (CPC), Content representation (CoRe), Repertory of Professional and Pedagogical experiences (PaP-eR), Conceptual core of matter discontinuity, Science Education.

Fecha de recepción: 25 de septiembre de 2013

Fecha de aprobación: 13 de noviembre de 2013

Introducción

Una de las tareas de los profesores de ciencias es asistir a los estudiantes en la comprensión conceptual de los diferentes temas del currículo de estas disciplinas. En este sentido, Shulman (1986, 1987) postuló que los profesores hacen uso del Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC), una de las categorías de la base del conocimiento que este utiliza para transformar el contenido de la materia en una instrucción viable que les permita a los estudiantes singulares alcanzar una socialización y transformación.

Los colegas y discípulos de Shulman (1986), desde el mismo momento en que él postuló el constructo del CPC¹, comenzaron hacer reconceptualizaciones y adaptaciones a las diferentes disciplinas de la escuela primaria y secundaria (Grossman, 1990 y Magnusson, Krajcik y Borko, 1999, entre otros). Sin embargo, los elementos claves del marco teórico de esta categoría se han mantenido durante estos años.

Vale la pena decir que, mientras el marco teórico del CPC ha venido siendo foco de discusión en el campo de la educación en ciencias, los miembros de esta comunidad han llegado al acuerdo que el desarrollo del CPC puede ser alcanzado a través de múltiples planeaciones, enseñanzas y reflexiones posección de un tema específico (Van Driel, Verloop y De Vos, 1998). Así pues, los profesores novatos, e incluso los experimentados, que no hayan enseñado un tema específico tendrán poco o ningún CPC del tema en consideración. En el otro lado, los profesores experimentados y ejemplares, que ya han planeado y enseñado un contenido específico de una disciplina, y además reflexionado en y sobre la acción, probablemente han desarrollado un profundo y amplio CPC del contenido en consideración.

Ahora bien, el interrogante que abordamos en este estudio hace referencia a ¿cuál es el CPC de un profesor experimentado y ejemplar acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia? Desde luego, la respuesta a esta pregunta de investigación tiene la intención de que las próximas generaciones de profesores de química no tengan que estar reinventando la rueda del proceso de

enseñanza-aprendizaje del núcleo conceptual en cuestión (Verloop, Van Driely Meijer, 2002).

El anterior interrogante encapsula el propósito fundamental de nuestra investigación de la captura, documentación y representación del CPC del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia de un profesor experimentado y *ejemplar*. Para ello, utilizaremos los instrumentos metodológicos de la CoRe y PaP-eRs², los cuales podrían ser utilizados en los cursos de aprendiendo a enseñar química. De hecho, el contenido de estos instrumentos le brindaría la posibilidad a los profesores en formación y en ejercicio de entrar a un aula virtual de química, donde ellos podrían identificar y comenzar a desarrollar su CPC de la enseñanza del currículo de la química a través de una experiencia de enseñanza controlada (Mulhall, Berry y Loughran, 2003).

El conocimiento pedagógico del contenido (cpc)

El CPC es quizás la categoría del constructo de “la base del conocimiento para la enseñanza” que, en los actuales momentos, ha sido asumido por los investigadores en educación como un paradigma (Kuhn, 1971) que tiene su propia ciencia normal y problemas. De ahí que tanto los investigadores como los educadores de profesores se hayan focalizado en la conceptualización de este constructo con la intención de generar estrategias de investigación e instrumentos que permitan capturar, documentar, representar y articular el CPC de profesores, quienes ejecutan unas prácticas ejemplares, donde se abordan los contenidos de las disciplinas. Vale destacar que este constructo tiene sus orígenes en los marcos teóricos de Dewey (2004), cuando en estos él afirmaba que, para enseñar un tema específico a unos estudiantes singulares, lo primero que debería realizar el enseñante era psicoanalizar el contenido de la materia.

Asimismo, Shulman (1986) conceptualizó el CPC como un sistema interactivo, en el cual se afectan mutuamente los siguientes elementos: formas de representar y formular los temas específicos para hacerlos comprensibles a estudiantes singulares; conocimientos de las dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes y conocimientos de las estrategias de enseñanza para ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades.

1 La sigla CPC se deriva de la traducción literal al español de la categoría Pedagogical Content Knowledge (PCK). Esta traducción del constructo se fundamenta en que el marco teórico de esta investigación está adscrito a una perspectiva anglosajona de este campo del conocimiento. Este tipo de determinación ha sido asumida con anterioridad por otros investigadores iberoamericanos como Garritz y Trinidad-Velasco (2006) y Garritz, Porro, Rembado y Trinidad (2007) en sus estudios acerca del CPC.

2 CoRe es la sigla de Content Representation (Representación del Contenido) y PaP-eR es la sigla de Pedagogical and Professional experience Repertoire (Repertorio de experiencias Profesionales y Pedagógicas).

Ahora bien, podemos conceptualizar las formas de representar y formular un tema específico como un conjunto de instrumentos representacionales que el enseñante ha construido a través de la reflexión en y sobre la acción, durante las fases preactiva, interactiva y posactiva del acto educativo, con la intención deliberada de hacerlo un tema específico accesible a unos estudiantes singulares. Así pues, el maestro, por medio de la planeación, enseñanza y reflexión poslección de un contenido específico, diseña las siguientes representaciones a utilizar durante el proceso de enseñanza-aprendizaje: analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones, modelos analógicos, laboratorios y demostraciones. Hay que destacar que algunas de estas representaciones provienen de la literatura generada de las investigaciones sobre la enseñanza de la ciencia, mientras otras se han producido desde la sabiduría práctica.

Por lo que se refiere a las limitaciones/dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes, consideramos que estas incluyen la comprensión de qué puede hacer fácil o difícil el aprendizaje de un tema específico; además de los modelos intuitivos que los estudiantes de diferentes edades activan y movilizan durante el aprendizaje de la mayoría de los temas enseñados. En efecto, el estudio de las concepciones del estudiante y sus influencias en la planeación, enseñanza y aprendizaje de un contenido específico han sido los temas más fértiles de la investigación cognitiva focalizada en el estudiante (Shulman, 1986).

Finalmente, el tercer elemento del CPC (Shulman, 1986) se refiere al repertorio de estrategias instruccionales diseñadas por el docente, a través de procesos de planeación, enseñanza y reflexión, con el propósito de ayudar a los aprendices a superar sus limitaciones/dificultades acerca del aprendizaje de un tema específico. De hecho, estas estrategias les permiten al aprendiz construir modelos más elaborados, **y así darle sentido a los diferentes fenómenos naturales** y físicos del mundo de la vida. Vale decir que estos instrumentos de aprendizaje, al igual que las representaciones, pueden provenir tanto de la literatura como de la sabiduría práctica.

Dinámica de la investigación

En esta sección, nos vamos a focalizar en las etapas que nos permitieron comprender el objeto de investigación. Aunque estas las desarrollamos de manera separada, en la realidad se pueden dar de manera simultánea, es decir, sus límites son difusos. Ahora bien, esta parte de la investigación la hemos abordado a partir de los siguientes elementos: justificación de la selección del caso, selección de los instrumentos

de recolección, obtención de datos, sistematización y análisis de los datos.

Justificación de la selección del caso

Con respecto a la tipología de estudios de casos formulada por Stake (1999) (casos intrínsecos, instrumentales y colectivos), podemos afirmar que nuestra investigación cualitativa de casos está categorizada en un caso instrumental, ya que se focaliza en el estudio de la comprensión general de un problema (capturar, describir, documentar y representar el CPC de la discontinuidad de la materia) a partir de la comprensión específica del caso. Es decir, el caso es conceptualizado como un instrumento que nos servirá para comprender un fenómeno que está más allá de él mismo. Desde luego, bajo la máxima de Stake (1999) para los casos instrumentales, “el objetivo primordial del estudio de un caso no es la comprensión de otros. La primera obligación es comprender este caso” (p. 17).

Ahora bien, consideramos pertinente explicitar los criterios bajo los cuales seleccionamos el caso que se estudió en esta investigación, a saber: (a) rentabilidad de lo que podemos aprender del caso, es decir, se tuvo en cuenta qué casos pueden ayudarnos a comprender y a producir asertos del CPC de un profesor experimentado y ejemplar acerca de la discontinuidad de la materia; (b) tiempo disponible para el trabajo de campo; (c) acceso a los sujetos-actores del caso y (d) sujetos-actores dispuestos a invertir tiempo y espacio al desarrollo de la investigación.

A partir de los anteriores criterios, comenzamos a buscar un profesor de química experimentado y ejemplar, que haya sido catalogado por la comunidad educativa a la que pertenece como un educador ejemplar y exitoso en la enseñanza de los núcleos conceptuales de la química, así pues, él nos podría ayudar a capturar, documentar y representar el CPC de la discontinuidad de la materia. Adicionalmente, reflexionamos y deliberamos acerca de algunos atributos claves que debería poseer nuestro sujeto-actor, que nos ayudaría a alcanzar nuestro propósito investigativo, a saber: (a) la empatía que debe de tener el investigador con el investigado; (b) la formación académica que debe poseer el profesor (licenciatura, cursos de cualificación, posgrado, etc.); (c) la experiencia en la enseñanza de la química y (d) la disponibilidad para brindar la información in situ, además de la inversión de tiempo para comentar los materiales antes de refinarlos.

Así, después de haber definido los anteriores criterios, comenzamos a indagar en la comunidad académica por esta clase de profesores que cumplieran con los anteriores atributos, dando como resultado

nuestra búsqueda a tres candidatas, los cuales fueron contactados por nosotros. Posteriormente, se les socializó el proyecto, y además se les aclaró que el desarrollo de este requeriría tanto del investigador como del sujeto investigado de una alta inversión de tiempo y cognición. Luego de este hecho, solo uno de los profesores (Santiago)³ decidió participar en esta investigación, gracias a que él vio su participación como una oportunidad de seguir aprendiendo en su vida profesional, además de poder compartir su sabiduría experiencial con otros colegas.

Hay que destacar que el profesor Santiago es licenciado en biología y química, químico puro, y magíster en enseñanza universitaria. Su carrera profesional la ha desempeñado en la educación básica secundaria y la media técnica durante 22 años, tanto en el sector privado como en el público, orientando la asignatura de química. Ahora, un aspecto relevante de Santiago es que la comunidad educativa⁴ donde presta sus servicios lo considera un profesor ejemplar, gracias a que le ayuda a los estudiantes de la comuna a superar sus dificultades-limitaciones y concepciones alternativas con las que llegan a aprender los tópicos de la química, hecho que les ha permitido obtener buenos resultados en las pruebas externas (pruebas Saber). Adicionalmente, sus clases son consideradas por los estudiantes como espacios libres de amenazas, en las que el *error* no es castigado, sino que se ve a este como la oportunidad para construir conocimiento.

Después de haber explicitado los criterios y las causas por las que seleccionamos el caso a estudiar, nos parece pertinente abordar la conceptualización de los instrumentos que se utilizaron en este estudio.

Selección de los instrumentos de recolección y análisis de datos

La revisión de la literatura que recoge el desarrollo de la línea de investigación acerca de los procesos de razonamiento y acciones pedagógicas del profesor nos permitió evidenciar que en estos estudios el paradigma de investigación es de enfoque interpretativo. Desde luego que en este se utiliza en muchas ocasiones la metodología de estudio de casos (Shulman, 1986 y 1987; Clandinin y Connelly; 1989, Porlán; Rivero y Martín del Pozo, 1997; Bromme, 1988; Grossman, Wilson y Shulman, 2005; Gudmundsdóttir y Shulman, 2005; Verloop, Van Driel y Meijer, 2002 y Valbuena, 2007).

3 Con el objetivo de preservar la confidencialidad, hemos usado un seudónimo para referirnos al profesor investigado.

4 La comunidad educativa en la que se desempeña como profesor de química Santiago pertenece a un estrato socio-económico bajo.

En este sentido, consideramos que la metodología que más se ajustó a nuestro problema de investigación es la de enfoque interpretativo. Así que se utilizó el estudio de caso como el medio a través del cual se logró comprender a profundidad el nuestro (Erickson, 1989, Guba y Lincoln, 1982 y Stake, 1999). De ahí que consideramos que el estudio de caso es la metodología más adecuada para poder capturar, interpretar y documentar el CPC de la discontinuidad de la materia. Es decir, tuvimos como intención la indagación, descripción y comprensión a profundidad de los procesos de razonamiento y acciones pedagógicas que un profesor de química experimentado y ejemplar utiliza para la planeación, la enseñanza y la reflexión sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

Por tanto, la metodología de estudio de caso se fundamenta en el marco teórico del nuevo paradigma cognitivo-constructivista, donde el proceso de investigación viene condicionado por una observación participativa, además, el investigador y los sujetos-actores comparten un contexto de trabajo y un compromiso subyacente entre los integrantes de la comunidad de aprendizaje. Es decir, el enseñante y el investigador relatan su historia en una transacción de significados. Así, los datos generados en estas interacciones dialógicas son registrados en notas de campo de las experiencias compartidas, registro hecho por uno o ambos participantes, transcripciones de las entrevistas de las discusiones y acuerdos de los participantes (Stake, 1999).

Teniendo como marco los anteriores presupuestos, llevamos a cabo una búsqueda en la literatura sobre instrumentos metodológicos que nos permitieran la captura, documentación y representación del CPC de un tema específico de un profesor experimentado y ejemplar. Así que nos encontramos con Loughran, Gunstone, Berry, Milroy y Mulhall (2000), Mulhall, Berry y Loughran (2003) y Loughran, Mulhall y Berry (2004), quienes realizaron unos estudios cuyo propósito coincidía con el nuestro. Ahora bien, ellos, para resolver su problema de investigación, diseñaron unos instrumentos metodológicos llamados la *CoRe* y los *PaP-eRs*, los cuales están fundados en el marco teórico del estudio de caso. En la siguiente sección, se conceptualizarán de manera sucinta estos instrumentos metodológicos.

La CoRe, también conocida como la Representación del Contenido (*CoRe*), es entendida como un resumen de la forma en que un profesor enseña un tema específico y de las razones por las que así lo enseña de esa manera. Así pues, estas representaciones permiten recopilar el CPC del profesor de ciencias acerca de un tema específico y suministran algunas intuiciones

en las decisiones curriculares e instruccionales que toma el enseñante durante la planificación, actuación y reflexión; de hecho, esta relaciona los elementos claves del acto educativo, a saber: los estudiantes, el contenido específico y la práctica de los profesores (Mulhall, Berry y Loughran, 2003).

Entendiendo que el enseñante debe tomar decisiones curriculares e instruccionales, el equipo de Loughran diseñó un instrumento que denominó *la base para la entrevista*, que consiste en un conjunto de preguntas⁵ cuyo propósito deliberado es encapsular los aspectos claves del CPC del maestro en ese tema específico, además, estas le dan el cuerpo al instrumento de la CoRe (ver tabla 5). El uso de estos interrogantes en la entrevista puede ser de forma individual o colectiva con los sujetos-objetos investigados, para que con base a sus respuestas se vuelva explícito el conocimiento tácito que tiene el maestro acerca de la enseñanza del tema en consideración.

A pesar de que la Representación del Contenido (CoRe) ha sido un instrumento validado por varios grupos de investigadores (Mulhall, Berry y Loughran, 2003, Garritz y Trinidad-Velasco, 2006 y Loughran *et al.*, 2004), este presenta algunas limitaciones, debido a que la información que aparece representada en su cuerpo solo aborda lo referido a la planificación del trabajo docente, sin tocar el proceso mismo de la enseñanza. De hecho, esta situación no permite evidenciar la intuición del profesor durante el acto educativo; así que, para superar esta dificultad, Loughran *et al.* (2000) diseñaron un instrumento complementario a la CoRe que les permitiera capturar ese elemento clave del saber profesional del maestro, al cual le dieron el nombre de PaP-eR (Repertorio de experiencias Profesionales y Pedagógicas).

Los PaP-eRs son relatos narrativos del CPC de los profesores para una porción particular de un contenido específico. Estos permiten capturar, documentar y representar los procesos de razonamiento y las acciones pedagógicas del profesor durante *la enseñanza* de un tema específico a estudiantes particulares en un contexto singular, es decir, posibilita ilustrar los aspectos del CPC en la acción. Estos retratos narrativos de los pensamientos, juicios, tomas de decisiones y acciones inteligentes de los profesores tienen como

5 Este instrumento permite la discusión y reflexión acerca de la comprensión que tienen un profesor sobre las siguientes preguntas: a) un resumen de las *grandes ideas* para la enseñanza de un tema; b) concepciones alternativas de los estudiantes sobre la idea; c) limitaciones y dificultades conectadas con la enseñanza de esta idea; d) comprensión que tienen los estudiantes de esta idea; e) elementos que condicionan la enseñanza-aprendizaje de esta idea; f) estrategias instruccionales de esta idea y g) conocimiento de la evaluación del tema específico.

función clave brindarle al lector la posibilidad de *ver* las múltiples interacciones entre los elementos del CPC, en forma que sean significativas y accesibles para él, para que pueda identificar su propio CPC y hacer que tanto sus teorías personales como sus prácticas educativas evolucionen progresivamente hacia los marcos teóricos sugeridos por las reformas en educación en ciencias.

Vale la pena decir que un único PaP-eR no es suficiente para ilustrar la complejidad del conocimiento en torno a un contenido particular, por ello se debe construir una colección de PaP-eRs, con el propósito de destacar algunas de las diferentes mezclas de los componentes que están indicados en el CPC de ese campo (Loughran *et al.*, 2004). Así, la superposición y las relaciones entre los diferentes PaP-eRs de un contenido específico son elementos claves de la conceptualización de la naturaleza compleja del CPC, de hecho, los PaP-eRs son considerados representantes de la naturaleza holística del CPC. Los PaP-eRs, además, están fundamentados en la noción que el PaP-eR en sí mismo está explorando un ejemplo específico o un pequeño número de fenómenos asociados con el CPC en la acción, más que una exhaustiva lista de conexiones interrelacionadas y complejas entre todos los conceptos asociados a la gran idea que se está abordando.

Para construir los PaP-eRs, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: (a) la realidad de las clases, la cual incluye la diversidad de respuestas de los alumnos; (b) el pensamiento del profesor acerca de las respuestas que dan los estudiantes a las situaciones problemas; (c) el contenido que le da forma a la enseñanza-aprendizaje; y (d) el pensamiento de los estudiantes acerca de las relaciones que ellos establecen y el porqué. Los PaP-eRs pueden ser construidos a través de las descripciones e interpretaciones hechas por el investigador acerca de la narrativa del profesor durante las clases, las entrevistas y las discusiones de los elementos claves de la CoRe de un tema específico, así, los PaP-eRs emergen desde la práctica actual del profesor y dependen de ella (Loughran *et al.*, 2004).

El formato que se ha venido usando para presentar los PaP-eRs en los informes finales de los estudios acerca de la captura, documentación y representación del CPC poseen como característica común una introducción y una estructura lógica de relatos narrativos con información proveniente de la triangulación de fuentes de datos, como: entrevistas, observación participante de la clase, discusiones durante la construcción de la CoRe, notas de campo, diario clase de los estudiantes o del profesor, acciones de los estudiantes, pensamiento en voz alta y estimulación del recuerdo. Ahora bien, la macroestructura

del texto narrativo de los PaP-eRs debe de permitirle al lector realizar una lectura vicaria de las acciones inteligentes acontecidas en el acto educativo (Candela, 2012). Estas narraciones presentan las acciones de los miembros del colectivo áulico durante el desarrollo de las lecciones y pueden ser expresadas en la voz del profesor objeto de investigación o en la voz del investigador con la intención de destacar la interacción entre la subjetividad del investigador con la subjetividad del sujeto investigado.

Por otro lado, es conveniente mencionar que se considera fundamental realizar la articulación que se da entre estos dos instrumentos (CoRe) y (PaP-eRs), ya que la interacción bidireccional de ellos describe e interpreta efectivamente la planeación y la práctica de las clases de ciencias. Dicho de otra manera, los PaP-eRs están relacionados con la CoRe con la intención de ayudar a conectar las acciones inteligentes del profesor durante la clase con la comprensión que él tiene del contenido en cuestión. Desde luego, estas relaciones entre estos dos instrumentos iluminan las futuras decisiones que puede tomar un lector-profesor para la reconstrucción de sus acciones, y así permitir a los estudiantes superar sus dificultades y concepciones alternativas (Loughranet *al.*, 2000).

Obtención de datos

En esta sección, explicitaremos de manera resumida cómo el volumen de datos de este estudio fue obtenido. Así pues, esta parte de la investigación se divide en dos etapas, a saber: aplicación y discusión del cuestionario que hace parte de la CoRe y observación participante de las clases donde se abordaron las *grandes ideas* en las que el profesor secuenció y temporalizó la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia.

Aplicación y discusión de los ítems de la CoRe

Esta primera etapa se desarrolló en el periodo comprendido entre el 20 de mayo de 2010 y el 8 de enero de 2011. Así, en este lapso se realizaron seis reuniones, cuyo propósito fue la discusión de los ocho interrogantes para cada una de las cinco *grandes ideas*. Vale la pena decir que en cada sesión se realizaron grabaciones de audio y se tomaron notas de campo, las cuales dieron origen a los relatos narrativos (ver tabla 1)⁶, que posteriormente servirían para la construcción definitiva de la CoRe y de los PaP-eRs.

Tabla 1. Relatos narrativos generados a partir de las grabaciones de audio y notas de campo durante la discusión sobre los interrogantes de la CoRe.

Código inventario del relato	Tema tratado	Comentarios o marcas textuales
Re-20-05-101 ⁷	Primera visita al contexto de investigación.	C1 al C11
Re-15-06-10	Exposición del proyecto de investigación.	C1 al C3
Re-26-08-10	Discusión de los interrogantes de la CoRe.	C1 al C17
Re-23-09-10	Primera discusión del cuestionario de la CoRe.	C1 al C12
Re-24-11-10	Retroalimentación del cuestionario de la CoRe.	C1 al C25
Re-08-01-11	Selección y secuenciación de actividades.	C1 al C9

6 Vale la pena aclarar que, como consecuencia de la extensión de los relatos, únicamente se ubica el código de inventario y el título de este en el cuerpo de la tabla.

7 Re-08-01-11 en esta expresión significa: R: relato narrativo; e: entrevista; día-mes-año. Esta codificación de inventario se explicará más adelante.

Observación participante de las clases donde se abordaron cada una de las grandes ideas

Esta segunda etapa del estudio se desarrolló en el periodo comprendido entre el 26 de enero y el primero de junio del 2011 en el grado décimo-04 en la institución pública donde el profesor Santiago orienta la asignatura de química general, la cual tiene una intensidad de tres horas semanales⁸. Para recoger la información de las acciones inteligentes del profesor en el aula, se observaron las clases donde él abordó las cinco grandes ideas en las que secuenció y temporalizó la enseñanza de la discontinuidad de la materia.

Las veinte sesiones de clase fueron grabadas con una videocámara por una colaboradora del equipo de investigación, mientras que el investigador tomaba las notas de campo en una esquina del aula. Ahora bien, la camarógrafa es profesora de química experimentada, y además conocía los aspectos más relevantes del estudio que se estaba llevando a cabo, por tanto, tenía unos lentes conceptuales que le permitían focalizar su grabación en incidentes críticos para el proyecto de investigación.

Hay que destacar que el profesor Santiago siempre mostró una actitud de colaboración tanto en la clase como después de ellas, cuando en algunas ocasiones nos quedamos revisando el video, con el propósito que nos aclarara algunos incidentes críticos detectados. Adicionalmente, siempre estuvo dispuesto a revisar los borradores de los relatos narrativos.

Reducción de datos

Dado que toda investigación de perspectiva cualitativa e interpretativa produce un vasto conjunto de materiales documentales descriptivos, tuvimos que realizar un proceso de reducción y un primer análisis a la información contenida en estos documentos a través de varias revisiones y lecturas a las siguientes

fuentes de datos: entrevistas, grabaciones de audio y video, respuestas a la base de la entrevista de la CoRe, relatos narrativos provenientes de la técnica de estimulación del recuerdo, relatos narrativos producidos durante la discusión de la CoRe, relatos narrativos generados a partir de la observación participante y algunos diarios de clase de los estudiantes. Vale la pena decir que una de las tareas más representativa del proceso de reducción de datos es la categorización y la codificación, la cual nos permite el ordenamiento conceptual del corpus de datos (Strauss y Corbin, 2002), de ahí que la abordemos en la siguiente sección este punto.

Sistema de categorías

El corpus de datos fue examinadosistemáticamente a través de una estrategia de análisis de codificación abierta (Strauss y Corbin, 2002), para lo cual nos focalizamos en determinar las propiedades y dimensiones de la información contenida en los datos; de hecho, este proceso de comparación nos permitió generar dos categorías (grandes ideas y el CPC), que sirvieron para organizar conceptualmente la vasta información recogida.

Así pues, la revisión bibliográfica, junto con la sistematización del volumen de datos provenientes tanto de la discusión de los interrogantes que hacen parte de la CoRe como de la observación participante, nos dejó formular dos categorías con sus respectivas subcategorías, a saber: *las grandes ideas de la discontinuidad de la materia* y *el CPC* desde la perspectiva de investigadores como Shulman (1986 y 1987), Grossman (1990) y Magnusson, Krajcik y Borke (1999). Por tanto, la pregunta que hace parte del encabezado de la base de la entrevista para la construcción de la CoRe⁹ nos permitió generar la categoría *grandes ideas de la discontinuidad de la materia* con sus respectivas subcategorías (tabla 2).

Tabla 2. Categoría grandes ideas del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia junto con sus subcategorías.

Categoría grandes ideas de la discontinuidad de la materia	Subcategorías
	Discontinuidad de la materia.
	Movimiento intrínseco de las partículas.
	Estados físicos de la materia.
	Espacios vacíos entre las partículas.
	Cambio químico.

8 Hay que destacar que en algunas semanas no se pudo realizar las observaciones, dado que los profesores no tenían clases, pues tenían que asistir a reuniones institucionales o sindicales (el colegio es de carácter público).

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

Las ocho preguntas que constituyen el cuerpo de la base de la entrevista para la CoRe que Santiago respondió para cada una de las grandes ideas (tabla 5), junto con la revisión bibliográfica y los relatos narrativos producidos a través de la observación participante de las clases, permitieron evidenciar la

categoría del CPC con sus respectivas subcategorías. Vale la pena decir que cada uno de los interrogantes que hacen parte del cuestionario de la CoRe está correlacionado con las subcategorías de la categoría del CPC, tal como se especifica en la tabla 3.

Tabla 3. Categoría del CPC con sus subcategorías y la respectiva relación de las preguntas que constituyen la base de la entrevista para la construcción de la CoRe con cada uno de los aspectos del CPC.

Categoría CPC	Subcategorías	Preguntas de la base de la entrevista para la CoRe
	Orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia.	2,7
	Conocimiento del currículum.	1, 3
	Conocimiento de las estrategias instruccionales.	7
	Conocimiento de la comprensión de la ciencia del estudiante.	4, 5 Y 6
	Conocimiento de las estrategias de evaluación específicas al tema en cuestión.	8

Un punto clave a tener en cuenta en el análisis de los datos de este estudio es que ninguna de las dos categorías generadas tiene una relación directa de adscripción de la una en la otra. No obstante, los aspectos que constituyen la categoría del CPC poseen un entrecruce y vínculo con cada una de las subcategorías de la categoría *grandes ideas de la discontinuidad de la materia*, de acuerdo con las similitudes y diferencias encontradas en las propiedades y dimensiones de estas (ver tabla 4). Es decir, estos aspectos del CPC

fueron recogidos a través de las afirmaciones y los relatos narrativos verosímiles que reflejaron las perspectivas y acciones inteligentes del profesor ejemplar a lo largo de la planeación, enseñanza y reflexión de cada una de las grandes ideas en las que él secuenció y temporalizó la instrucción de este núcleo. De ahí que este ordenamiento conceptual nos permitió construir la CoRe y los cinco PaP-eRs, cuya interacción bidireccional posibilitó la captura, documentación y representación del CPC de la discontinuidad de materia.¹⁰

Tabla 4. Relación de las cinco subcategorías de la categoría del CPC con cada una de las subcategorías de la categoría *grandes ideas*.

Categoría Grandes ideas	Categoría Elementos del CPC según Magnusson, Krajcik y Borko, 1999
Discontinuidad de la materia	<ol style="list-style-type: none"> Orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia. Conocimiento del currículum. Conocimiento de las estrategias instruccionales. Conocimiento de la comprensión de la ciencia del estudiante. Conocimiento de las estrategias de evaluación específicas al tema en cuestión¹⁰.
Movimiento intrínseco de las partículas	
Estados físicos de la materia	
Espacios vacíos entre las partículas	
Cambio químico	

¹⁰ Las subcategorías de la categoría del CPC están relacionadas con cada una de las subcategorías de la categoría *grandes ideas* de acuerdo con la similitud o diferencias de sus propiedades y dimensiones.

Análisis de datos

Según Erickson (1989), las notas de campo, las entrevistas, las grabaciones de audio y video y los documentos del contexto no son datos en sí mismos, sino fuentes de datos. Así pues, estas fuentes documentales son el medio a través del cual se construyen los datos por medio de un análisis formal.

De ahí que este análisis de datos tuvo como propósito deliberado capturar, documentar y representar el CPC de un profesor experimentado y ejemplar acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia a través de la interacción bidireccional de la CoRe y los PaP-eRs. Para ello, usamos las estrategias de análisis propuestas por Strauss y Corbin (2002), a saber: codificación abierta, axial y selectiva.

Presentación de los resultados

Después de haber examinado y analizado todo el corpus de datos del estudio en cuestión, procedimos a llenar el formato de la tabla de la CoRe y a construir los relatos narrativos que conformarían los cinco PaP-eRs. Para ello, usamos los conjuntos de unidades de análisis, afirmaciones y retratos narrativos procedentes del análisis de los materiales documentales que estuvieran vinculados, tanto con una gran idea como con algunos de los aspectos del CPC. Por tanto, la materialización de estos instrumentos se tradujo en la captura, documentación y representación del CPC del profesor Santiago, cuando este planeó, enseñó y reflexionó sobre los resultados de las múltiples planeaciones y enseñanzas de la discontinuidad de la materia, que él ha realizado en el transcurso de su desarrollo profesional.

El estudio generó una CoRe y cinco PaP-eRs, cuya interacción bidireccional le permitirá al lector evidenciar los pensamientos y las acciones inteligentes del profesor Santiago durante los procesos de planeación, enseñanza y reflexión acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Sin embargo, en este artículo, por razones de espacio, solo mostraremos la tabla de la CoRe con dos grandes ideas de las cinco en las que se secuenció la enseñanza de la discontinuidad de la materia y un PaP-eR de los cinco que se obtuvieron en el estudio en cuestión.

La explicitación del CPC del profesor Santiago a través de la CoRe

El contenido de cada uno de los ítems de la CoRe del profesor Santiago se formuló a partir de los vínculos claves establecidos entre las unidades de análisis que

provenían tanto de los relatos narrativos generados durante las discusiones de cada uno de los interrogantes de la base de la entrevista como de las respuestas que Santiago le dio a las respectivas preguntas de este instrumento. Vale la pena destacar que el profesor, en un comienzo, mostró dificultad en el desarrollo de este cuestionario, ya que su conocimiento en la acción está almacenado en la memoria permanente, sin embargo, él no es consciente de este, pero si lo es, se le dificulta verbalizarlo, por ello tuvimos que interactuar con él durante varias sesiones con el propósito de que explicitará su conocimiento en la acción sobre la planeación y enseñanza del tema de la discontinuidad de la materia (CoRe tabla 5).

Los PaP-eRs del profesor Santiago acerca de la discontinuidad de la materia

El ordenamiento conceptual, junto con el análisis de todo el corpus de datos, dio como producto literario cinco retratos narrativos o PaP-eRs, los cuales retratan el conjunto de acciones inteligentes del profesor Santiago durante el desarrollo de cada una de las grandes ideas, en las que él secuenció y temporalizó la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia. Por tanto, la investigación generó los siguientes PaP-eRs:

1. Una base de conocimiento para la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia.
2. Diferenciación e integración de los niveles de representación macroscópico y submicroscópico para darle sentido a los cambios de estado físico.
3. Explicando la apariencia de las sustancias a partir del movimiento, interacción y arreglo de las partículas.
4. Explicando los espacios vacíos entre las partículas a través del fenómeno de la disolución de sustancias.
5. Cuando el cambio va más allá de la apariencia.

Tabla 5. Sistematización de la CoRe
Núcleo conceptual: discontinuidad de la materia.

Grado: décimo

IDEAS-CONCEPTOS IMPORTANTES EN CIENCIAS		
	<p>Estados físicos de la materia: las interacciones entre estas partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades.</p>	<p>Cambio químico: las partículas de una sustancia, al interactuar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia.</p>
<p>1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos en torno a esta idea?</p>	<p>Que los alumnos conceptualicen la noción que las partículas de una sustancia conforman un sistema, así estas se encuentran en una constante interacción generando una fuerza de atracción, la cual determina el arreglo de las partículas, y a su vez este condiciona la apariencia de la sustancia en el mundo macroscópico (estados de agregación). Además, tenemos como propósito que los estudiantes desarrollen los esquemas conceptuales cualitativos de la química, a saber: interacción sistémica, conservación y equilibrio.</p> <p>Otro elemento que se potenciará por medio del abordaje de esta gran idea es la competencia comunicativa lingüística, a través de las fases de interacción, pequeños grupos de discusión y diarios de clases.</p>	<p>Uno de los propósitos es que los estudiantes conceptualicen la idea que la interacción de las partículas de un mismo sistema o de sistemas diferentes pueden generar una combinación química entre ellas, lo cual hace que no se conserve la identidad de las moléculas, pero sí la de los átomos, además se mantiene el número de partículas; el anterior hecho resulta ser contrario a lo que sucede durante los cambios de estado (cambio físico).</p> <p>Vale la pena decir que el tratamiento de esta idea genera la oportunidad para que los estudiantes continúen el desarrollo de los esquemas de interacción sistémica y de conservación; adicionalmente, se comienza a abordar el esquema de proporcionalidad, elemento fundamental para que el estudiante alcance un pensamiento formal.</p>
<p>2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea?</p>	<p>Es importante que los estudiantes conozcan esta idea, ya que les permite construir una concepción alternativa a las concepciones intuitivas que sobre los estados de agregación de la materia han internalizado desde su interacción con los objetos, el medio sociocultural y la instrucción. Así pues, estos comienzan a utilizar la noción corpuscular de la materia para explicar los cambios de fase, de hecho, esta generalización les permitiría comprender que la apariencia macroscópica que tienen las sustancias en los tres estados es una consecuencia del arreglo de las partículas.</p>	<p>De hecho, el desarrollo de esta idea les permitirá a los estudiantes hacer una diferenciación, tanto a nivel macroscópico como submicroscópico de los fenómenos de cambio físico y químico, lo cual generará una oportunidad para que ellos más adelante accedan al tema de reacciones químicas. Adicionalmente, la comprensión de este tema les posibilitará darle sentido a muchos fenómenos del mundo de la vida, como la respiración, la combustión que se da en una estufa o un automóvil, la lluvia ácida, la oxidación de los metales, la fotosíntesis, etc. Asimismo, los estudiantes, a través del desarrollo de este tema, estarían potenciando los siguientes esquemas conceptuales: interacción sistémica, conservación y proporcionalidad; elementos fundamentales para poder darle sentido a las leyes ponderales de la química (ley de la conservación de la masa, ley de las proporciones múltiples y ley de las proporciones definidas).</p> <p>Vale destacar que la comprensión del principio de la conservación de la masa, además del conocimiento de la teoría general de las reacciones químicas, es un eje vertebrador que influye en el aprendizaje de muchos de los temas que se abordan en la química (Paixao y Cachapuz, 2000).</p>

<p>3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)?</p>	<p>La curva de calentamiento y enfriamiento de las sustancias. Los diagramas de fase. Propiedades de los estados físicos.</p>	<p>Reacciones químicas, estequiometría, equilibrio químico, estequiometría de gases, enlaces químicos, fórmula empírica y molecular. En cuanto a los esquemas, no se abordarán el de correlación y de probabilidad.</p>
<p>4. ¿Cuáles son las dificultades – limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?</p>	<p>Los estudiantes interpretan la teoría corpuscular a partir de sus concepciones alternativas, y no las concepciones intuitivas a través de la teoría corpuscular; este hecho hace que ellos transformen la teoría corpuscular, y por ello consideran que las partículas sufren el mismo cambio que se da a nivel macroscópico. Por ejemplo, afirman que las moléculas del agua se evaporan; los átomos de cobre son de color café; las partículas de hierro se dilatan; las partículas de cobre son maleables, etc. Asimismo, durante los cambios de estado se les dificulta correlacionar la variable del movimiento intrínseco de las partículas dentro de un sistema con variables como la temperatura, la densidad y la distribución de las partículas, que alteraría el estado aparente de la materia. Adicionalmente, los estudiantes interpretan cada uno de los estados físicos de la materia a partir de un modelo diferente.</p>	<p>Hemos detectado las siguientes dificultades: los modelos de los estudiantes acerca del cambio químico y físico están condicionados por el sistema sensorial, así que se focalizan en las propiedades macroscópicas, es decir, tienden a explicar lo que cambia en el sistema, no lo que permanece. De ahí que no tomen en cuenta las propiedades submicroscópicas para interpretar los cambios y transformaciones de la materia. Las diferencias entre el cambio químico y físico en muchos casos no se pueden evidenciar desde el nivel de representación macroscópico, sino desde el submicroscópico y simbólico. La dificultad para conceptualizar el esquema de la conservación del número de partículas y la identidad de estas. La indiferenciación entre cambio químico y físico. La falta de desarrollo de los siguientes esquemas conceptuales: interacción sistémica, conservación, equilibrio y proporcionalidad.</p>
<p>5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?</p>	<p>La regla heurística de semejanza entre causa y efecto le permite al estudiante formatear su realidad, para lo cual construyen las siguientes concepciones alternativas acerca de los estados de agregación de la materia: Los aprendices consideran que las partículas de las sustancias en el estado sólido tienen mayor peso, comparadas cuando estas componen una sustancia en estado líquido o gaseoso. Vale la pena destacar que para ellos las partículas de una sustancia en fase gaseosa no tienen peso, adicionalmente, las representan más grandes. La mayoría de los estudiantes representan las partículas en el estado sólido, no muy cercanas sino unidas, es decir, que comunican la idea de la naturaleza continua de la sustancia. Además, reconocen al aire como un sistema que interactúa con otro, pero cuando hay que representarlo gráficamente, lo omiten. Adicionalmente, sustancializan la energía o el calor a lo largo de sus explicaciones de los cambios de estado; por ejemplo, “las partículas de calor”; “las partículas de energía”, “partículas de temperatura”, “el sistema del Sol”, etc.</p>	<p>Los compuestos son vistos por los estudiantes como formados por fragmentos pegados, más que siendo sintetizados a partir de debilitamiento y fortalecimiento simultáneo de enlaces químicos. Los estudiantes tienden a asociar el cambio químico con la desaparición de una sustancia, mientras que cuando no hay desaparición de una sustancia se interpreta como cambio físico. Los aprendices usualmente recitan la ley de la conservación de la masa, sin embargo, no han logrado interiorizar que en el cambio químico se conserva el número de partículas y la identidad de los átomos, pero varía la identidad de las moléculas. De ahí que los estudiantes creen que los átomos se transforman en otra especie de partícula (transmutación de los átomos). Adicionalmente, toda interacción de dos o más sustancias los aprendices la categorizan como un cambio químico, a pesar de que sea una disolución.</p>

IDEAS-CONCEPTOS IMPORTANTES EN CIENCIAS

Estados físicos de la materia: las interacciones entre estas partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades.

Cambio químico: las partículas de una sustancia, al interactuar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia.

La interacción bidireccional entre las siguientes categorías de la base de conocimiento: conocimiento del tema de la materia; conocimiento de la pedagogía; conocimiento de la comprensión del estudiante y conocimiento del contexto. Lo anterior le permite al profesor traducir el contenido per se en una forma más accesible para el estudiante singular.

Los siguientes son elementos que condicionan el aprendizaje de estas ideas contraintuitivas:
El nivel de desarrollo intelectual del estudiante, ya que este influye en el proceso de abstracción de él.

La estructuración de la clase en fases como interactiva, no interactiva, pequeños grupos de discusión y trabajo individual de los estudiantes. El desarrollo de un lenguaje común, que permita una comunicación continua y fluida entre el profesor y los estudiantes. Para ello, el co-lectivo áulico debería, antes de empezar a desarrollar el currículum de la química, conocer los siguientes elementos que estructuran la enseñanza de esta disciplina: núcleos conceptuales, niveles de representación macroscópicos, submicroscópico y simbólico, además de la relación de interacción entre estos y los esquemas conceptuales de interacción, conservación y equilibrio. La ausencia en el currículo de química de un abordaje extenso y profundo tanto de este núcleo conceptual como de los esquemas que lo subyacen.

Los estilos de aprendizaje: memorísticos y comprensivos.
El desarrollo de la memoria de trabajo de los estudiantes.

Las actividades de enseñanza focalizadas en tipos de tareas por comprensión y opinión, sin descuidar las procedimentales.

La estructuración lógica de las actividades de enseñanza, comenzando por tareas que pertenecen al mundo macroscópico, seguidas por las que están adscriptas al mundo submicroscópico y finalizando con la representación de estos mundos a nivel simbólico, con el propósito de que el estudiante logre diferenciar e integrar de manera evolutiva los conocimientos generados en estos niveles de representación.

La capacidad del profesor para monitorear el nivel de comprensión, confusión y compromiso del estudiante, con el fin de suministrar una retroalimentación a estos.

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

Utilizaremos el modelo POE (Predecir, Observar y Explicar) (Gunstone y White, 1981) como un instrumento que nos permitiría desarrollar tanto el componente teórico como el empírico de la gran idea; así, el primero se desarrollará a través de la guía de aprendizaje "Fabricando materiales" (ver anexo 3), la cual tiene seis tareas problemáticas que deben ser abordadas por los estudiantes a través de actividades como estructura interactiva (con toda la clase); estructura en pequeños grupos de discusión y trabajo individual (Tobin y Gallagher, 1987). En cuanto al componente empírico, lo trataremos con un laboratorio de nombre "Explicando los estados de la materia" (tomado del proyecto Pensar con la ciencia, Uribe, 2005; ver anexo No. 5). En cuanto al tipo de tareas académicas utilizadas durante la construcción de estas gran ideas, podemos decir que estarán focalizadas en comprensión, procedimentales y de opinión (Doyle, 1983). Las tareas problemáticas de ambos instrumentos se pueden ver en los anexos 3 y 5.

Para representar esta idea, usaremos el trabajo de laboratorio y las demostraciones que involucran la reacción de combustión de la vela y del alcohol, tanto en sistemas abiertos como cerrados "Cambio químico", (anexo 7). Ahora, la estructura lógica de la actividad va de la observación, pasando por la explicación y finalizando en la representación simbólica.

Durante la actividad de enseñanza, el alumno estará en contacto con sustancias puras, lo cual permitirá comenzar a conceptualizar los términos de elemento, compuesto, átomo, molécula, fórmula química, ecuación química a un nivel de tratamiento cualitativo. Adicionalmente, deberá diferenciar e integrar los niveles de representación.

Asimismo, se desarrollará una actividad concreta llamada "Razones y proporciones" (anexo 8), que le permitirá a los estudiantes comenzar a potencializar el esquema de proporcionalidad, dado que este es un prerrequisito para comprender los detalles del tema de reacciones químicas.

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 en torno a esta idea?

Vale destacar que tanto el componente teórico como el empírico por desarrollar durante las clases serán abordados en un alto porcentaje a través de una organización de las clases en estructuras de pequeñas grupos de discusión interactiva (Tobin *et al.*, 1987), lo cual nos permitirá interactuar con los estudiantes a través de una serie de interrogantes con el propósito deliberado de monitorear el nivel de comprensión, confusión y compromiso de los estudiantes. Ahora bien, en el momento donde evidenciamos un incidente crítico se diseñarán in situ otras preguntas apropiadas para que los aprendices construyan una idea más sistemática del fenómeno en cuestión.

Por tanto, las tareas problemáticas que deberán abordar los estudiantes a lo largo del acto educativo estarán secuenciadas de la siguiente forma: en primer lugar, ellos se enfrentarán a actividades adscriptas al nivel macroscópico (descripción de los fenómenos) y, en segundo lugar, tendrán que abordar actividades adscriptas al nivel de representación submicroscópico, es decir, estas darán explicaciones al fenómeno descrito (anexos 3, 4, 5 y 6).

Otros criterios a tener en cuenta durante la evaluación son el uso espontáneo del modelo corpuscular de la materia en la solución de situaciones problemáticas cotidianas y las producciones escritas realizadas por los estudiantes de forma individual y colectiva.

Antes de iniciar el desarrollo del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, se aplicará una prueba estandarizada de lápiz y papel (por competencias) con el propósito de evidenciar las concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aula; vale la pena decir que este instrumento se ha formulado a partir de los ítems procedentes de la literatura acerca de las concepciones alternativas que los estudiantes tienen sobre la teoría corpuscular (anexo 9).

Al igual que en el desarrollo de las otras ideas, se movilizará al aula una evaluación formativa, que tiene el propósito de monitorear el nivel de comprensión y confusión de los estudiantes; no obstante, al final de esta actividad de enseñanza se aplicará una prueba de lápiz y papel (anexo 10) para identificar el nivel de internalización de los tópicos abordados y el progreso de los esquemas conceptuales de la química; cabe aclarar que este tipo de prueba no tiene una intención acreditativa.

Conclusiones

La captura, documentación y representación del CPC del núcleo de la discontinuidad de la materia de un profesor experimentado y ejemplar con respecto a los marcos que fundamentaron su toma de decisiones curriculares se logró a través del análisis integrado de la CoRe y los PaP-eRs. La anterior situación nos permitió ver que el sistema de conocimientos y creencias de Santiago acerca del tema de la materia y la pedagogía influyó en la transformación del currículum prescripto (textos escolares, documentos ministeriales) en un currículum planeado y procesado, tanto de manera directa como de manera indirecta (Hashweh, 1985). Así pues, los efectos directos se vieron reflejados en las cinco grandes ideas¹¹, en las que Santiago seleccionó, secuenció y temporalizó la enseñanza-aprendizaje del núcleo de la discontinuidad de la materia, además de los esquemas conceptuales de orden superior que subyacen a estas ideas. Por lo que se refiere a los efectos indirectos, se pudieron evidenciar a través de las diferentes representaciones que Santiago utilizó durante la planeación y enseñanza del núcleo en cuestión (ejemplos, demostraciones y prácticas de laboratorio).

La interacción bidireccional de los instrumentos metodológicos de este estudio (la CoRe y los PaP-eRs) permitió ver que el currículum planeado, el procesado y el obtenido de la química viene condicionado por tres sistemas complejos, a saber: los tres niveles de representación de la química, los esquemas conceptuales y los tres núcleos conceptuales de la química. Así, el profesor Santiago seleccionó y diseñó estrategias de enseñanza-aprendizaje que le permitirían, tanto a él como a sus estudiantes, moverse por los tres niveles de representación del núcleo de la discontinuidad de la materia de manera consciente, y de esta forma evitar que los estudiantes sobrecargaran su memoria de trabajo, hecho que les posibilitaría lograr una articulación entre el conocimiento nuevo y el previo.

Hay que destacar que Santiago no se preocupó mucho por secuenciar y desarrollar un conjunto de tópicos de manera lineal y en un tiempo determinado, sino que su planeación y enseñanza se focalizó tanto en el desarrollo diferenciado e integrado de las grandes ideas que constituían el núcleo de la discontinuidad de la materia como de los esquemas conceptuales que subyacen a este tema en una especie

de modelo helicoidal. De hecho, cada actividad de enseñanza la concibe como una oportunidad para que los estudiantes aborden todas las grandes ideas que conforman el núcleo de la discontinuidad, junto con los esquemas conceptuales que fundamentan a estas, sin dejar detener en mente que una de las ideas se desarrollaría con nivel de mayor profundidad.

Con respecto a lo anterior, afirmamos que la CoRe y los PaP-eRs son instrumentos muy eficientes para hacerle un monitoreo a las actividades que el docente planifica e implementa en el salón de clases. En nuestro caso, estos nos permitieron observar que a lo largo de las actividades de enseñanza el profesor continuamente formula interrogantes a los estudiantes con el propósito fundamental de que desarrollen de forma progresiva tanto las grandes ideas como los esquemas conceptuales que subyacen al tema en cuestión. Así, esta situación nos lleva a presuponer que una de las metas de la educación en ciencias para el profesor Santiago es la alfabetización científica y el desarrollo del pensamiento de los aprendices, de hecho, para él los temas del currículum de la química son un medio a través del cual los estudiantes logran desarrollar los esquemas conceptuales, que podrían ser transferidos a otros campos del conocimiento.

Por lo que se refiere a la captura, documentación y representación del CPC sobre los marcos que fundamentaron la toma de decisiones instruccionales del profesor experimentado y ejemplar, a través del análisis bidireccional de la CoRe y los PaP-eRs, se determinó nuevamente que el sistema de conocimientos y creencias de Santiago influyó, también, en sus acciones inteligentes en el aula. Por ejemplo, el profesor Santiago cree que una de las metas de la educación en química es la alfabetización científica y el desarrollo de los esquemas conceptuales, así que seleccionó y diseñó actividades de enseñanza tendientes a alcanzar estos propósitos. Adicionalmente, las tareas y los métodos de evaluación utilizados por él se focalizaron en una organización de la clase de estructura de trabajo en pequeños grupos de discusión e interactiva, lo cual reflejó su creencia acerca del valor de la cooperación.

En este sentido, Santiago considera que el conocimiento del tema de la materia es necesario, pero no suficiente, para lograr una práctica ejemplar en la enseñanza de la química; es decir, el profesor, junto con el elemento epistémico anterior, debería poseer una concepción del aprendiz y del aprendizaje fundamentada por una perspectiva constructivista social. Adicionalmente, haber construido un profundo conocimiento sobre las concepciones alternativas y los hechos que le pueden causar dificultad-limitación al estudiante para aprender el tema en consideración.

11 La materia está constituida de partículas, entre las partículas hay un espacio vacío, las partículas tienen movimiento intrínseco, el arreglo de las partículas determina los estados de agregación, las partículas interaccionan formando nuevas entidades (cambio químico).

Por tanto, los elementos anteriores le permitieron a Santiago detectar los incidentes críticos durante el acto educativo, para así diseñar una serie de interrogantes pertinentes que ayuden a establecer un diálogo socrático con sus estudiantes, y de esta forma generar las oportunidades para que reflexionen sobre sus ideas, de tal forma que puedan construir un conocimiento más sistemático. Desde luego, este hecho evitó que él reforzara las concepciones alternativas de los estudiantes o, incorrectamente, criticara las respuestas correctas de los aprendices y aceptara los resultados malos de las prácticas de laboratorio.

Así pues, Santiago, durante el desarrollo de estas actividades, ha dejado ver que para enseñar el tema de la discontinuidad de la materia es fundamental movilizar al aula representaciones como situaciones problemas que parten del mundo de la vida del estudiante y prácticas de laboratorio y demostraciones centradas tanto en los hechos cotidianos como en los modelos teóricos. Vale la pena decir que estas actividades de enseñanza, en primer lugar, les proporcionan a los estudiantes situaciones concretas que les permiten articular sus experiencias cotidianas con los conocimientos científicos, para poder darle sentido a los fenómenos naturales y físicos a través de los modelos teóricos y principios de la ciencia. En segundo lugar, les brinda la oportunidad de trabajar las tareas-problemas que están ajustadas a su desarrollo cognitivo. Adicionalmente, las representaciones estuvieron focalizadas en tipos de tareas de comprensión y opinión, sin descuidar las procedimentales (Doyle, 1983).

Otra estrategia de enseñanza que se evidenció en este estudio hace referencia a la organización de la clase, la cual estuvo en un alto porcentaje del tiempo estructurada de manera interactiva y en pequeños grupos de discusión (Tobin, 1985). Así, este escenario de la clase le permitió a Santiago utilizar una serie de preguntas, tanto cuando interactuó con toda la clase como cuando lo hizo con los pequeños grupos de discusión, con la intención de desarrollar el contenido del tema, monitorear el nivel de comprensión, confusión y compromiso del estudiante, además de evaluar el desarrollo de la competencia lingüística. De hecho, estos interrogantes estimuladores ocurrieron en un ambiente que estuvo apoyado y libre de amenaza, así pues, los estudiantes fueron animados a participar de una manera en que sus respuestas poco apropiadas serían utilizadas como un instrumento a partir del cual se comenzaría a desarrollar una idea más elaborada. Ahora, en muchas ocasiones el nivel de procesamiento cognitivo requerido para responder los interrogantes generados por Santiago

fue completamente alto, debido a que él les pedía a los estudiantes que fundamentaran sus respuestas.

Referencias bibliográficas

- Bromme, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 1-29.
- Candela, B. (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). Cali: Univalle.
- Clandinin, D. y Connelly, F. (1989). *Narrative and Story in Practice and Research*. 1-24.
- DEWEY, J. (2004). *Experiencia y Educación (L. Luzuriaga trad.)*. Madrid: Biblioteca Nueva (Trabajo original publicado en 1939).
- Doyle, W. (Summer 1983). *Academic Work. Review of Educational Research*, 53(2), 159-199.
- Erickson, F. (1989). Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. En M. Wittrock, *La investigación de la enseñanza, II. Métodos cualitativos y de observación* (pp. 195-301). Barcelona: Paidós Educador.
- Garritz, A., Porro, S., Rembado, F. M., & Trinidad, R. (2007). Latin-American teachers' pedagogical content knowledge of the particulate nature of matter. *Revista de educación en ciencias*, 79-84.
- Garritz, A., Porro, S., Rembado, F. y Trinidad, R. (2007). Latin-American teachers' pedagogical content knowledge of the particulate nature of matter. *Revista de Educación en Ciencias*, 79-84.
- Garritz, A., y Trinidad-Velasco, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. *Educación Química*, 114-141.
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Nueva York: Teachers College Press.
- Grossman, P., Wilson, S. y Shulman, L. (2005). Profesores de sustancia: el conocimiento de la materia para la enseñanza. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2).
- Guba, E. y Lincoln, Y. (1982). Epistemological and methodological bases of naturalistic inquiry. *Educational Communications and Technology Journal*, 232-252.
- Gudmundsdóttir, S. y Shulman, L. (2005). Conocimiento Pedagógico del Contenido en ciencias sociales.

Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 9(2), 1-12.

GUNSTONE, R. F., & White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65, 291-299.

Hashweh, M. (1985). *An exploratory study of teacher knowledge and teaching: the effects of science teachers' knowledge of their subject matter and their conceptions of learning on their teaching*. California: Unpublished doctoral dissertation, Stanford Graduate School of Education, Stanford, CA.

KUHN, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions (2nd ed.)*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.

Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica.

Loughran, J. (2001). Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Research in Science Education*, 31, 289-307.

Loughran, J., Gunstone, R., Berry, A., Milroy, P. y Mulhall, P. (2000). *Science Cases in Action: Developing an Understanding of Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Nueva Orleans: National Association for Research in Science Teaching.

Loughran, J., Mulhall, P., y Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing ways of articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (4), 370-391.

Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, source, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y G. Lederman, *PCK and Science Education* (pp. 95-132). Holanda.

Mulhall, P., (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.

Mulhall, P., Berry, A. y Loughran, J. (2003). Frameworks for representing teachers' pedagogical content knowledge. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 4.

PAIXAO, M. F., y Cachapuz, A. (2000). Mass conservation in chemical reactions: the development of an innovative teaching strategy based on the history and

philosophy of science. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe* [<http://www.uoi.gr/ceerp>], 1, 201-215.

Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las ciencias*, 15(2), 155-171.

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 4-14.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching. Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57.

Shulman, L. (2001). Conocimiento y enseñanza. *Estudios Públicos*, 163-196.

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

Strauss, A. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín: Facultad de Enfermería de la Universidad de Antioquía.

Tobin, K. (1985). *Academic work in science classes*. American Educational Research Association.

Tobin, K. & Gallagher, J. (1987). What happens in high school science classrooms? *J. Curriculum Studies*, 19 (6), 549-560.

Valbuena, E. (2007). *El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. Estudio de las Concepciones Disciplinarias y Didácticas de Futuros Docentes de la Universidad Pedagógica Nacional*. Madrid.

Van Driel, J., Verloop, N. y De Vos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 673-695.

Verloop, N., Van Driel, J. y Meijer, P. (2002). Teacher knowledge and knowledge base of teaching. *International Journal of Educational Research*, 35, 441-461.