

# **Conocimiento didáctico del contenido declarado durante la enseñanza de la fuerza eléctrica en bachillerato: estudio de caso<sup>1</sup>**

## **Pedagogical Content Knowledge on Electric Force Teaching in High School: A Case Study**

### **Conhecimento didático de conteúdo declarado para o Ensino da Força Elétrica na Escola: Um Estudo de Caso**

Lina Viviana Melo-Niño<sup>2</sup>

Andrés Buitrago<sup>3</sup>

Florentina Cañada<sup>4</sup>

Vicente Mellado<sup>5</sup>

#### **Resumen**

El estudio analiza el conocimiento didáctico del contenido (CDC) que un profesor colombiano de física, que enseña en bachillerato, declara sobre el concepto de fuerza eléctrica antes y después de un programa de intervención basado en la reflexión. Las categorías consideradas fueron: orientaciones hacia la enseñanza de

---

<sup>1</sup> Los autores agradecen al Gobierno de Extremadura y al Fondo Social Europeo por la financiación recibida para la realización de esta investigación (Proyecto GR15009), así como al Ministerio de Economía y Competitividad de España. Dirección General de Investigación (Proyecto: EDU2012-34140). L. V. Melo-Niño agradece a la Universidad de Extremadura la concesión de una beca predoctoral.

<sup>2</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. Universidad de Extremadura. Badajoz, España. Correo electrónico: lina.viviana.melo@gmail.com.

<sup>3</sup> Colegio San Viator. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: andres\_buytrago@hotmail.com

<sup>4</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. Universidad de Extremadura. Badajoz, España. Correo electrónico: flori@unex.es.

<sup>5</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. Universidad de Extremadura. Badajoz, España. Correo electrónico: vmellado@unex.es.

las ciencias, conocimiento sobre el currículo, conocimiento de los estudiantes, conocimiento sobre las estrategias de enseñanza y conocimiento sobre la evaluación. Los resultados muestran que durante los dos años de la investigación, existen desacuerdos entre las ideas sobre la enseñanza y el aprendizaje de la física, el conocimiento curricular y la evaluación, los cuales condicionan fuertemente las estrategias de enseñanza que utiliza el profesor. Por consiguiente, su instrucción muestra una enseñanza más centrada en el profesor. Finalmente, la lógica que articula la proposición de los contenidos no tiene en cuenta las reflexiones que el profesor ha realizado sobre las necesidades y dificultades de sus estudiantes con respecto al aprendizaje de la fuerza eléctrica.

### **Palabras clave**

Conocimiento didáctico del contenido, enseñanza de la fuerza eléctrica, formación de profesores de física

### **Abstract**

This study analyzes the characterization of pedagogical content knowledge (PCK) by a Colombian high-school physics teacher about electric force, before and after a reflection-based intervention program. The coding scheme was: orientations to science teaching; knowledge of the curriculum; knowledge of pupils' understanding of science; knowledge of representations and instructional strategies, and knowledge of evaluation. The results show that during the two years, there are disagreements between ideas teacher about teaching and learning of physics, and knowledge of the curriculum and knowledge of evaluation on electric force, which influence the knowledge of representations and instructional strategies. As result, his teaching shows a more teacher-centered teaching, which does not consider reflections teacher does on the needs and difficulties of his students on the learning of the electric force.

### **Keywords**

Pedagogical content knowledge, teaching of electric force, physics' teachers training

## **Resumo**

O estudo analisa o conhecimento didático do conteúdo (CDC) de um professor de física do ensino médio de Colômbia, sobre o conceito de força elétrica antes e após um programa de intervenção com base na reflexão. As categorias consideradas foram: orientações para o ensino de ciência, o conhecimento curricular, o conhecimento dos alunos, o conhecimento sobre estratégias de ensino e o conhecimento sobre avaliação. Os resultados mostram que durante os dois anos da pesquisa, há divergências entre as ideias sobre o ensino e a aprendizagem da física e o conhecimento curricular e avaliação, que influenciam fortemente as estratégias de ensino utilizadas pelo professor. Em consequência seu método de ensino mostra-se mais centrado no professor. Finalmente, a lógica que articula a colocação de conteúdos, não considera as reflexões que o professor tem realizado em relação às necessidades e dificuldades dos seus alunos ao respeito da força elétrica.

## **Palavras-chave**

Conhecimento pedagógico de conteúdo, ensino de força elétrica, formação de professores de física.

## **Introducción**

De acuerdo con Shulman (1986), los profesores desarrollan el conocimiento didáctico del contenido para ayudar a otros a aprender, y este se construye en la medida en que ellos enseñan tópicos específicos de su área de saber (Abell, 2007). Las propuestas imperantes sobre este tipo de conocimiento han diferenciado dos posturas; aquellas en las cuales el conocimiento didáctico del contenido (CDC) se considera un conocimiento base más del conocimiento profesional del profesor, y otras, según las cuales es el resultado de la mediación dialógica (pasiva o activa) que aflora y se reconfigura a medida que se enseña y reflexiona sobre lo que se enseña. Esta última ha sido la postura adoptada en este trabajo.

Las investigaciones sobre el CDC en la enseñanza de la física por lo general se refieren a un tema particular, más que a ideas estructurantes para la enseñanza de la física, como fuerza (Halim & Meerah, 2002; Loughran, Berry & Mulhall, 2006),

electricidad (Loughran et ál., 2006), radiactividad (Orleans, 2010), y cinemática (Maries & Sing, 2013), desde las cuales se realiza la caracterización del CDC a través de sus componentes.

La caracterización del CDC y su desarrollo han vinculado tanto profesores en formación como en ejercicio, profesores noveles como con experiencia. También se ha incluido la descripción del CDC de profesores tutores durante los periodos de práctica docente (Asikainen & Hivonen, 2010). Las investigaciones, por lo general, son el resultado de cursos de formación continuada, o programas que ponen a prueba modelos de formación para los profesores de física vinculando el CDC como elemento estructurante (Etkina, 2010; Michelini, Santi y Stefanel, 2013; Thompson et ál., 2011).

En todos los casos, la relación más estudiada ha sido aquella en la que se piensa la transformación, asociación o transferencia del conocimiento disciplinar al CDC, situación que subyace a la concepción misma de la didáctica como disciplina y la tradición heredada de Shulman (1986). Aunque se ha privilegiado esta ruta, los investigadores (Nilsson & Loughran, 2011; Seung, 2013, entre otros) cada vez más acentúan la importancia de los contextos de interacción en los que los profesores se desarrollan como profesionales dentro del proceso de emergencia del CDC. Los resultados de los estudios han demostrado que no es posible asignarles papeles protagónicos a los procesos de transformación del CDC, a la disciplina que se enseña y al conocimiento psicopedagógico y didáctico.

Siguiendo la línea de trabajo del CDC y su desarrollo, el objetivo del trabajo que prestamos a continuación es identificar las características del CDC desde lo que el profesor declara acerca de la enseñanza de la fuerza eléctrica, antes y después de un programa de intervención. A continuación se describen algunos estudios sobre el CDC en el contexto colombiano con profesores de ciencias.

### **CDC en Colombia, una nueva perspectiva para la formación del profesorado. Algunos estudios con profesores de ciencias**

La formación de los docentes de ciencias de la naturaleza se define según los criterios establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en el artículo 1.º

de la resolución 1036 del 24 de abril del 2004. Cuando la formación se realiza especificando las áreas de biología, química o física, el título otorgado es “Licenciado en”, áreas que se encuentran definidas en los artículos 23, 24 y 25 de la Ley 115 de 1994.

Por lo general la formación del licenciado tiene en cuenta dos componentes: uno enfocado en la contextualización y la formación humanística llamado componente pedagógico, y otro que tiene en cuenta las áreas de formación básica, que hace referencia al componente de profundización disciplinar. Los retos heredados de la formación docente están orientados a responder a las diferentes necesidades, tendentes a obtener una mejor “calidad” educativa, e incentivar la investigación científica experimental, pedagógica y didáctica. Esto ha llevado a la comunidad de investigadores a incluir nuevos marcos de referencia, entre ellos el CDC.

Desde este marco teórico se han discutido problemáticas como la profesionalización docente y el estatus del profesor en la sociedad colombiana, el papel de los conocimientos disciplinares en la formación del profesorado y la conciliación entre los saberes de orden epistemológico, pedagógico, didáctico, contextual y personal como parte del conocimiento profesional. Los trabajos de Mosquera y Molina (2011) y Tamayo y Orrego (2005) en la formación del profesorado de ciencias en general; Mora y Parga (2008, 2014), Parga y Mora (2014) y Sánchez, Solano y Mosquera (2012, 2013) en química, Valbuena (2007, 2011) en biología, Perafán, Reyes y Salcedo (2001) y Reyes y Martínez (2013a, 2013b) en física; y Briceño (2013) en la formación del profesorado universitario, entre otros, han sentado precedentes sobre cómo interpretar el CDC en el contexto colombiano y sus implicaciones en la formación inicial y continua del profesorado.

En la tabla 1 se resumen algunas de estas investigaciones y sus principales resultados, las cuales desarrollaremos a continuación. Estas investigaciones fueron seleccionadas de revistas indexadas en el catálogo de Publindex, y la información presente en CvIac en el área de enseñanza de las ciencias.

	<b>Autores</b>	<b>Profesora do</b>	<b>Contenido analizado</b>	<b>Componente del CDC analizada</b>	<b>Paradigma del CDC adoptado</b>
<b>Ciencias de la naturaleza</b>	Tamayo y Orrego (2005)	En ejercicio, de secundaria y primaria	Historia de las ciencias y CDC	Se describen las componentes de Magnusson, Krajcik y Borko (1999)	Categoría de diferenciación-integración y transposición didáctica
	Mosquera y Molina (2011)	En ejercicio, de secundaria	Concepciones de ciencia, enseñanza y aprendizaje	Orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias- dimensiones histórica, política, educativa y cultural	Necesidad de establecer relaciones entre la epistemología personal docente y la práctica personal docente
<b>Universitario</b>	Briceño (2013)	Ciencias	Concepciones de ciencia, enseñanza y aprendizaje	Orientaciones hacia la EC	Integración-transformación didáctica
<b>Química</b>	Mora y Parga (2008 y 2014), Parga y Mora (2014), Ariza y Parga (2011)	En ejercicio, , en formación y tutores, bachillerato y universitario	Cambio químico, teoría dual y teoría unitaria, cantidad de sustancia y mol, discontinuidad de la materia; combustión y ecosistema	Tramas didácticas y trama epistemológica	Introducción de la teoría de la complejidad. El CDC es visto como hibridaciones entre conocimientos y creencias fruto de la integración didáctica
	Sánchez et ál. (2012, 2013)	Noveles y con experiencia	Concepciones de ciencia, enseñanza y aprendizaje	Imagen de ciencia, relación enseñanza-aprendizaje e implicaciones del contexto escolar	Integración, transformación didáctica

<b>Biología</b>	Valbuena (2007, 2011)	En formación	División celular y fotoirritabilidad	Se describen las componentes de Magnusson et ál. (1999)	Integración y transformación didáctica, hipótesis de progresión, postura del profesor como profesional investigador
	Jiménez, Angulo y Soto	En ejercicio, , primaria	Célula	Componentes de Magnusson et ál. (1999)	Integración, transformación didáctica
<b>Física</b>	Perafán et ál. (2001)	En ejercicio,	Creencias sobre ciencia, enseñanza y aprendizaje	Imagen de ciencia, relación enseñanza-aprendizaje e implicaciones del contexto escolar	Integración, transformación didáctica, integración entre la epistemología docente y la práctica docente
	Reyes y Martínez (2013a, 2013b)	En formación	Campo eléctrico	Componentes de Magnusson et ál. (1999)	Integración y transformación didáctica, hipótesis de progresión

**Cuadro 1.** Principales investigaciones sobre el CDC con profesores de ciencias en Colombia

Tamayo y Orrego (2005) realizan una integración de los dominios de la naturaleza de la ciencia y del CDC como marco teórico orientador para la educación en Ciencias. Plantean la necesidad de la historia de las ciencias y su integración con el CDC como conocimiento que aporta a la comprensión del aprendizaje de los estudiantes desde las perspectivas del cambio conceptual y la evolución conceptual, y a las formas de comunicar la ciencia, independientemente del nivel en el cual se desempeñe el profesor que enseña ciencias. En este estudio el CDC es visto como una amalgama entre la ciencia que se va a enseñar y la pedagogía, una “categoría más apropiada para diferenciar el saber específico de la ciencia que se enseña del saber pedagógico” (p. 18).

En estudios posteriores sobre el CDC Flórez, Velásquez y Tamayo (2011) identifican las concepciones de cincuenta maestros de ciencias frente al concepto de CDC aplicando un cuestionario y una entrevista en profundidad. Los resultados sugieren que los profesores reconocen la importancia de otros conocimientos además de la disciplina para enseñar: pedagógico, curricular, de los estudiantes, del contexto, didáctico, así como la actitud y el desempeño del docente. También se evidencia una diversidad de concepciones tradicionalistas marcadas por una perspectiva instrumental, referente a los términos *pedagogía*, *currículo* y *didáctica*.

Mosquera y Molina (2011) analizan las concepciones dentro de un contexto constructivista de dos profesores de ciencias vinculados a contextos diferentes, una profesora que labora en la ciudad de Bogotá, y un profesor de origen indígena que labora en la ciudad de Pasto (área rural). Sus concepciones no tienen ninguna aproximación entre sí. El profesor de origen indígena entiende la diversidad cultural y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias confiriendo más peso a lo cognitivo y al aprendizaje, y menos a la enseñanza y al conocimiento escolar. Por el contrario, la profesora que trabaja en Bogotá no presenta explícitamente reflexiones de tipo político y cultural, pero da más peso e importancia a la enseñanza y al conocimiento escolar, y menos a lo cognitivo y al aprendizaje.

Con relación a la enseñanza universitaria, Briceño (2013) caracteriza las orientaciones sobre ciencia, enseñanza y aprendizaje de un grupo de nueve profesores universitarios de ciencias, a lo largo de un curso de formación continua diseñado para este fin. Los resultados indican que los profesores mejoran notablemente sus resultados en lo referente a la naturaleza y enseñanza de las ciencias, pero no frente al aprendizaje. Los cambios introducidos en sus estrategias de enseñanza, reforzados por la satisfacción que les comunican sus estudiantes, son fuentes de cambio para sus concepciones. También lo son la frecuencia en sus reflexiones a lo largo del curso de formación, y los resultados académicos de sus estudiantes.

Mora y Parga (2008, 2014) y Parga y Mora (2014) vinculan la perspectiva de la complejidad como marco de referencia desde el cual se estructura la dinámica relacional de los conocimientos necesarios para la enseñanza. Desde esta

perspectiva, el CDC es visto como un conocimiento organizador emergente en el que los otros conocimientos se ven transformados, o integrados, en un proceso dialógico (pasivo o activo). Su trabajo fundamental se centra en el conocimiento curricular como expresión del CDC mediante la construcción de tramas didácticas, a partir de tramas históricas. Bajo esta línea de investigación, se ha analizado el CDC de distintos contenidos de química; por ejemplo: cambio químico (Mora & Parga, 2008), discontinuidad de la materia (Gómez, 2010), combustión (Ariza & Parga, 2011) y ecosistema (Parga & Mora, 2014).

Los resultados de estos trabajos indican que: (1) los profesores en ejercicio logran articular discursos históricos y epistemológicos frente al contenido de la disciplina, pero no lo integran en el diseño de sus unidades didácticas (Gómez, 2010), y (2) los profesores en formación de química articulan su CDC durante el diseño de unidades didácticas, mediante estrategias de trabajo colaborativo, y están más dispuestos al cambio didáctico que sus profesores de práctica docente, los cuales mantienen un tradicionalismo moderado y una visión empírico-inductivista de la ciencia (Ariza & Parga, 2011).

Sánchez et ál. (2012, 2013), en el contexto de un programa de formación de profesores de química, analizan el CDC de profesores noveles y con experiencia, mediante estrategias de formación basadas en el modelo de enseñanza de las ciencias por investigación orientada, a través de trabajos colaborativos de grupos de profesores. Los resultados indican que la tendencia más aceptada entre los profesores noveles es el empirismo hacia las ciencias, pero esta concepción no está arraigada, sino que se trata de respuestas espontáneas a las cuestiones que los investigadores plantean. Sin embargo, aunque los profesores con experiencia también reflejan una postura empirista hacia la ciencia, esta es arraigada y deviene de su amplia experiencia docente y su formación. A pesar de la visión de ciencia imperante, los profesores participantes comparten una postura con relación a los procesos de enseñanza y aprendizaje que coincide con el modelo de enseñanza por investigación orientada. Frente a la categoría contexto, no se deciden por una sola idea; en general consideran que no tiene un papel decisivo y no la tienen en cuenta para la labor docente.

Valbuena (2007, 2011) y su grupo de investigación sobre el conocimiento profesional del profesor de ciencias adoptan la idea de hipótesis de progresión, para caracterizar el conocimiento profesional del profesor. Desde esta perspectiva se concibe que el “conocimiento no es único y está constituido por diferentes niveles tentativos de progresiva complejidad” (p. 31). La hipótesis se construye partiendo del nivel común compartido por los profesores, pasando por modelos intermedios, hasta uno definido como deseable, centrado en las propuestas constructivistas para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Los resultados de su investigación indican que: (1) a través del diseño de unidades didácticas, los futuros profesores reconocen las componentes del CDC y la importancia de la integración de estas componentes; y (2) las actividades durante el programa de formación permiten a los futuros profesores evaluar su propio desarrollo profesional a través de la reflexión.

Jiménez et ál. (2013) caracterizan el CDC de un profesor de ciencias de primaria durante sus primeros años de enseñanza sobre el concepto de célula. Los resultados evidencian que el profesor novel condiciona sus decisiones en el aula a las condiciones institucionales y las creencias que tiene el profesor sobre la ciencia y su enseñanza; además, se evidencian dificultades en la transformación del contenido. En general se concluye que el conocimiento disciplinar, así como el conocimiento sobre el currículo y las estrategias de enseñanza, son los que encierran mayor fuerza y guían el desarrollo de los otros tipos de conocimientos.

Perafán et ál. (2001) examinan las creencias de los profesores de física y concluyen que estas son “un eje articulador tanto del propio sistema de creencias del profesor como de sus acciones en el aula” (p. 85); aquellas que vinculan la naturaleza de las ciencias son las que establecen una relación de supraordenación con relación a las vinculadas con la evaluación, la enseñanza, el aprendizaje, o las que el profesor efectúa sobre sus estudiantes. También concluyen que las actividades presentes en el desarrollo de una temática dentro del aula cumplen para el profesor una lógica atada a todas sus creencias, lo cual justifica para ellos las acciones realizadas y pensadas, por lo que proponen que para cambiar o reflexionar sobre esa estructura es necesario estar dentro del sistema de creencias.

Reyes y Martínez (2013a, 2013b) desarrollan su investigación sobre el CDC con profesores en formación de física, sobre el campo eléctrico. Describen el CDC como un conocimiento organizador en el que los otros conocimientos se van transformando. Para caracterizar el CDC utilizan tres estrategias: proceso de planeación de clases, desarrollo de las clases de física y reflexión sobre el CDC. El análisis del CDC se realiza a partir de la proposición de una hipótesis de progresión que contiene cuatro categorías: fuentes académicas, tipos de contenidos, enfoque de organización, enfoque pedagógico y perspectiva epistemológica. Cada categoría se describe desde cuatro niveles: *a-crítico*, *reflexivo-lógico*, *innovador* y *reflexivo integral* (Reyes & Martínez, 2013a).

Los resultados indican que los profesores en formación favorecen una enseñanza con tendencia tradicional, la cual da prioridad a la información, lo que se confunde con conocimiento. Los profesores consideran que primero se debe transitar por el mundo de la teoría para luego ir a la experimentación, que es la que permite validar o comprobar la teoría. Frente a la idea de campo eléctrico, los futuros profesores no lo identifican con cargas o descargas; no necesariamente distinguen los tipos de carga que producen un campo eléctrico; creen que la frotación produce la carga y no tienen la noción de distribución superficial de la carga eléctrica.

Los trabajos desarrollados sobre el CDC en Colombia involucran a profesores en formación y en ejercicio de secundaria y bachillerato, principalmente, y cuya formación incluye la especialidad de la didáctica específica que enseñan. Los trabajos con profesores procedentes de áreas distintas a la didáctica específica que enseñan son de menor cuantía, al igual que el caso de profesores universitarios. Con relación a los contenidos, al igual que en el ámbito internacional, los de biología son los de mayor estudio, seguidos de los de química y en escasa aparición los referentes a la física y tecnología. La tradición heredada de Shulman (1986) sigue guiando mayoritariamente los estudios que se realizan en Colombia. Es decir, el CDC es visto como un conocimiento fruto de la transformación de los llamados conocimientos base, fundamental para comprender los procesos de enseñanza de las ciencias y la constitución de la epistemología propia del profesor.

## **Metodología**

### ***Objetivos de la investigación***

El objetivo del presente estudio es: *Describir el conocimiento didáctico del contenido sobre el campo eléctrico, declarado por un profesor de física durante dos cursos consecutivos (2011 y 2012), antes y después de participar en un programa de intervención sobre la enseñanza de la fuerza eléctrica.*

### ***Método e instrumentos***

La investigación se desarrolló con un profesor licenciado en física, de 30 años y con una experiencia docente de 8 años. Su formación incluye conocimientos sobre historia y epistemología de las ciencias y didáctica de la física. Actualmente trabaja en una institución educativa de carácter privado en la ciudad de Bogotá; sus enseñanzas se concentran en bachillerato en el área de física y sus estudiantes tienen edades entre los 15 y 19 años.

Los procedimientos de recogida y análisis de datos que se utilizaron para caracterizar el CDC fueron: (a) un cuestionario de preguntas abiertas sobre lo que el profesor considera que son las estrategias de enseñanza en física y el papel de la planificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje; (b) la matriz diseñada por Loughran et ál. (2006) como representación del contenido (ReCo), y c) entrevistas semiestructuradas. Los instrumentos fueron valorados por cuatro profesores universitarios (dos españoles y dos colombianos), expertos en didáctica de las ciencias experimentales y formación del profesorado, quienes realizaron aportaciones sobre la redacción y la estructura de cada instrumento.

El cuestionario se realizó en agosto del 2011 y 2012, antes de enseñar el concepto de fuerza eléctrica (Melo-Niño, Cañada & Mellado, 2015). Con el instrumento se buscaba explorar lo que el profesor piensa sobre las estrategias instruccionales que utiliza. Para el diseño optamos por preguntas abiertas, ya que nuestra intencionalidad era obtener respuestas variadas y amplias.

La herramienta ReCo es una tabla compuesta por filas y columnas que deben ser relacionadas (Loughran et ál., 2006). Cada columna posee una idea central del tema específico por indagar, llamada Ideas centrales, en la cual se presenta una visión panorámica de lo que cada profesor desea enseñar. Las filas contienen diversas preguntas relacionadas con las componentes del CDC. El instrumento fue cumplimentado por el profesor en enero del 2011 y el 2012 antes de la enseñanza del campo eléctrico.

Las entrevistas semiestructuradas se llevaron a cabo en febrero del 2011 y el 2012, después de enseñar la fuerza eléctrica. Las preguntas de la entrevista se desarrollan en función de la literatura sobre el CDC con profesores de ciencias y las investigaciones sobre la enseñanza del tema. Todas las entrevistas fueron grabadas en audio y transcritas textualmente para su posterior análisis.

La sistematización de los datos y su análisis se realizó siguiendo las técnicas de análisis de contenido, apoyados por el *software* Nvivo-10. El esquema de codificación se basó en las componentes del CDC propuestas por Magnusson et ál. (1999): orientaciones y concepciones sobre la enseñanza de las ciencias; conocimiento curricular; conocimiento del aprendizaje y las ideas de los estudiantes; las estrategias de enseñanza y la evaluación. Para la descripción de cada componente, se tomaron en cuenta las pruebas aportadas por la información analizada y por los modelos didácticos en enseñanza de la ciencia (Jiménez-Aleixandre, 2000; Porlán et ál., 2011). En el anexo se muestra el sistema de codificación utilizado.

### ***La intervención***

La fase de intervención se efectuó al finalizar las entrevistas y después de realizar un primer análisis global de los instrumentos de recolección de datos. El objetivo fundamental del ejercicio fue el desarrollo de una nueva unidad de enseñanza sobre el contenido, tomando como referencia el análisis y la reflexión de las propias conductas de aula, así como de lo que piensa y planifica el profesor (Melo-Niño, 2015).

La decisión de los aspectos trabajados durante la intervención se consensuó con el profesor, según sus intereses, desde tres fuentes: las reflexiones teóricas sobre la enseñanza del campo y la fuerza eléctrica y las componentes del CDC, los intereses y dificultades del profesor con relación a la enseñanza del campo y la fuerza eléctrica y el análisis global de los datos. Esto nos permitió idear un perfil general del profesor sobre su CDC.

La intervención con el profesor se centró en los tres aspectos: (1) reuniones formativas, (2) análisis con el profesor de la observación de las clases, la planificación, el ReCo, y la entrevista, (3) la preparación de la nueva unidad didáctica. La intervención diseñada por los autores de este artículo.

### **Resultados y discusión**

A continuación describiremos los resultados, siguiendo las categorías seleccionadas para caracterizar el CDC. En cada categoría hacemos énfasis en los análisis efectuados para el primer año, antes de la intervención (2011), y el segundo año, después de la intervención (2012).

#### ***Orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias***

Durante el 2011, el profesor es consciente del tipo de categorías que utiliza para describir lo que considera que es la física. Entre ellas, el carácter experimental de la física, que se traduce en considerar la observación como punto de partida indiscutible en la consecución de conocimiento escolar, el papel del experimento como autoridad de la teoría, y la posterior implementación de laboratorios que permitan comprobar lo que se explica en clase. Las implicaciones durante el desarrollo de la unidad didáctica en la fase de intervención y los resultados de los test aplicados para evaluar a los estudiantes son los elementos que median el interés por mostrar una física más cercana a la tendencia constructivista, durante el 2012.

En cuanto al aprendizaje, durante los dos años de la investigación mantiene una concepción declarada cercana a la constructivista sobre aspectos relacionados con el qué y cómo se aprende, y el papel de los estudiantes durante el desarrollo del

proceso de enseñanza y aprendizaje. Los matices de la tendencia ecléctica se centran en el qué y cómo se deben hacer las cosas, y la tendencia más tradicional sobre qué y cómo evaluar. Sin embargo, durante el desarrollo de sus clases mantiene rutinas basadas en el diálogo socrático que no contribuyen a la intención de construcción de explicaciones por parte de sus estudiantes.

Para el profesor, el objetivo fundamental de su enseñanza en bachillerato es que los estudiantes comprendan contenidos para resolver pruebas en la universidad o el examen de selectividad. La formación integral, despertar el interés por la física, o desarrollar el pensamiento crítico son objetivos eclipsados por aquel de cumplir con una serie de contenidos. Estas intenciones difieren de las descritas en las entrevistas para secundaria, más centradas en las explicaciones de los estudiantes y la caracterización de categorías sobre los eventos que se presentan en el aula.

Durante el primer año, el profesor hace alusión a su idea de campo y el papel de la carga, pero son escasas las referencias a la fuerza eléctrica. La definición en términos de “la fuerza que experimenta un objeto cargado cuando interactúa con otro objeto cargado” preside su idea de fuerza, es decir la fuerza se debe a las fuentes. También considera la fuerza eléctrica como un efecto del campo sobre un cuerpo cargado. Desde este punto de vista, las interacciones que se producen dependen de las partículas sobre las que actúan los campos. Sin embargo, no es posible establecer diferencias entre las interacciones y los campos, o entre los distintos tipos de interacción. Es decir, el profesor considera que la fuerza se debe a las cargas y al campo.

Fracaro (2013) indica que para dar sentido a la fuerza eléctrica es necesario: (1) analizar cómo puede ejercerse una fuerza a distancia y, (2) presentar situaciones en las cuales el concepto de interacción no es suficiente. Este tipo de reflexiones permiten comprender por qué las fuerzas no se deben a las fuentes que generan el campo sino al campo, y establecer distinciones entre los conceptos de fuerza y campo eléctrico (Guisasola, Zubimendi, Almudí & Ceberio, 2008).

Durante el segundo año, se refuerza la idea de la fuerza como efecto del campo, y señala además la importancia de presentar la diferencia entre fuerza y campo. Solo en una ocasión se insiste en la fuerza como acción a distancia, por tanto concluimos

que el profesor le sigue asignando a la fuerza eléctrica una doble identidad, como causa de la atracción y repulsión de cuerpos cargados, y como efecto del campo eléctrico. Pero su intento desde la enseñanza es señalar que no basta con pensar en dos cargas para dar cuenta de la fuerza. Suponemos que el profesor reconoce que centrarse en la perspectiva de las cargas puntuales lo lleva a privilegiar la interacción desde los principios dinámicos, lo cual no corresponde a una explicación completa para asumir los fenómenos electromagnéticos.

### ***Conocimiento curricular***

En el 2011, el profesor solo alude a los conceptos y no a los procedimientos vinculados a la enseñanza de la ley de Coulomb. El patrón temático sugerido para describir el concepto comienza con un acercamiento cualitativo a la interacción, desde los fenómenos electrostáticos y la definición de carga eléctrica, y la definición de la ley de Coulomb para la posterior realización de ejercicios que ejemplifican el uso de esta ley, con el propósito de entrar a definir lo que es el campo eléctrico.

Su insistencia por mostrar la utilidad de lo que enseña y la relación con la cotidianidad nos lleva a indagar sobre la puesta en marcha de estos ideales para el concepto de fuerza eléctrica. El profesor señala que ha reflexionado poco al respecto, y desconoce ejemplos concretos que permitan reflejar estos ideales; además, expresa la necesidad de construir la fenomenología eléctrica en el aula pues los estudiantes tienen poca experiencia frente a lo electrostático. Esta falta de conocimiento de ejemplos o ejercicios que vinculen hechos cotidianos justifica el uso de los ejemplos convencionales sobre cargas puntuales y ley de Coulomb.

Durante el 2012, el profesor es más consciente de la perspectiva dinámica y energetista para la descripción de los fenómenos electrostáticos. La inclusión de la relación causal entre fuerza y campo es más notoria que durante el primer año; aunque el profesor no varía las estrategias de aprendizaje, sí incluye nuevos elementos a la clase, como los *applets* y su análisis dentro del espacio de clase. La secuencia de contenidos que utiliza es la siguiente:

1. Por qué razón ciertos materiales tienen propiedades de aislantes o conductoras, qué es la carga eléctrica
2. Cuál es la relación que hay entre la ley de Coulomb y el campo eléctrico, y cómo estos juegan un papel importante en la descripción del comportamiento de los cuerpos cargados
3. Cuál es la relación que hay entre las líneas de campo eléctrico y los vectores campo y fuerza eléctrica
4. Por qué la distribución del campo eléctrico en el espacio, producido por diferentes distribuciones de carga adopta ciertas configuraciones. (ReCo, 2012)

A pesar de la intención de presentar el campo como el contenido organizador de los fenómenos electrostáticos, y su temprana introducción en el aula, para el profesor sigue siendo necesario definir primero la fuerza eléctrica para luego introducir la intensidad del campo, sin dar importancia al principio de superposición.

### ***Conocimiento de los estudiantes***

Durante el 2011, la descripción se concentra en relatar las dificultades de aprendizaje del contenido, como se resume imos en la tabla 2. Las dificultades hacen referencia al contenido, a las estrategias utilizadas por el profesor y a la disposición de los estudiantes por aprender. El profesor señala que la analogía que suele realizarse, por parte del profesor o de los estudiantes, entre fuerza y campo gravitacional con fuerza y campo eléctrico, hace que estos últimos supongan que la fuerza eléctrica es una acción a distancia y directa, en la que se privilegia el papel de los cuerpos cargados que interactúan y no el papel del medio, a pesar de que se explique la fuerza eléctrica como efecto del campo. La dificultad de asumir la fuerza desde una visión de campos también es reforzada por la idea de fuerza que se hereda de las explicaciones dadas desde la unidad de mecánica cuyo énfasis son las leyes de Newton.

**Tabla 2.** Dificultades de aprendizaje con respecto al concepto de fuerza eléctrica en el 2011

<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Referencia</b>
<b>Aprendizaje no significativo o insuficiente. Permanencia de ideas alternativas después de la instrucción</b>	Analogía con el campo y la fuerza gravitacional	... ellos ya tienen la idea de campo y fuerza gravitacional ¿no?, entonces por lo general cuando uno vuelve a decir <i>campo</i> , ah..., entonces eso es como el campo gravitatorio. De una vez ello recurren a esa idea y tratan de explicarlo así, solo que tal recurren a decir que se pueden atraer por perder pero, ¿qué analogías hago? [Entrevista; 2011]
	Tercera ley de Newton, representación vectorial	entonces porque uno tiene una carga acá y una más pequeño acá entonces, entonces a este le dibujan una flecha más grande y a este una flecha más pequeña, ¿usted cómo hace para que entiendan que son iguales? [Entrevista; 2011]
<b>Complejidad propia del contenido</b>	El modelo atómico privilegia la idea de acción a distancia	La idea de campo pues es como para aclarar eso, no, que si hay, pues, que si uno se maneja por un modelo atómico pues debe haber la idea de acción a distancia, que no requiere un medio entre, entre los cuerpos que interactúan [Entrevista; 2011]
<b>Estrategias cognitivas utilizadas por los estudiantes</b>	Dificultad para resolver problemas	a veces les digo saquen el cuaderno, utilicen todo lo que necesitan, saquen el libro, la idea es que puedan resolver el problema [Entrevista; 2011]
<b>Voluntad para aprender</b>	Actitud de los estudiantes frente a la evaluación	Por lo general haga lo que haga cuando no le copian, uno y uno termina siendo catedrático y optando por una versión reducida de la física (se va por la parte matemática) [ReCo; 2011]
<b>Currículo y metodológico</b>	Coordinación metodológica	Porque si el estudiante no está acostumbrado, si no se sienta a leer, cree que lo primero que encuentra es lo

	entre las asignaturas	que le sirve, quiere que uno le responda de una vez, pero bueno explique esto ya... [Entrevista; 2011]
<b>Estrategias de enseñanza</b>	Falta de conocimiento de estrategias	motivar a los muchachos hacia la enseñanza de la física hoy en día es muy difícil [ReCo; 2011]

El profesor indica que las dificultades para comprender el concepto de fuerza eléctrica se deben al contenido en sí mismo. También indica que la idea de carga asumiendo un modelo atómico lleva a pensar en acciones a distancia, además describe cómo a los estudiantes les cuesta establecer nexos entre lo que observan (fenómenos macroscópicos) y las explicaciones dadas en términos de procesos microscópicos. Casperson y Linn (2006) afirman que la visión microscópica de la electrostática se debe a las analogías que realizan con los circuitos, contenido visto en años anteriores, la experiencia que tienen con modelos microscópicos de otros fenómenos y por la instrucción previa.

El resto de dificultades reportadas son menos específicas para este contenido y son aplicables para toda la enseñanza de la física. Estas son: la actitud de los estudiantes frente a la evaluación, que hace que se enfoquen más en obtener resultados que en aprender; dificultades en la resolución de problemas relacionados con la ley de Coulomb; la falta de coordinación entre las asignaturas de ciencias y matemáticas en la institución; y la falta de conocimientos del profesor de analogías, ejemplos y actividades que faciliten la comprensión de los estudiantes.

Al comparar las dificultades declaradas durante los años 2011 con las señaladas durante el año 2012 se observa que el profesor incluye elementos relacionados con la actitud de los estudiantes frente al desarrollo del trabajo en grupo, la realización de tareas fuera de los espacios escolares y el interés y la motivación que demuestran en general, aunque considera que el perfil universitario futuro de sus estudiantes hace que ya estén motivados.

### ***Conocimiento de la evaluación***

Con relación a esta categoría, son más las afirmaciones que el profesor realiza de forma general sobre la evaluación en la enseñanza de la física que las que utiliza

para describir la evaluación para la fuerza eléctrica. En el 2011, su descripción presenta una tendencia tradicional, que se caracteriza por evaluar lo que se enseña. Como indicador u objeto por evaluar se considera la dependencia de la fuerza eléctrica con la carga, luego con la posición. La influencia del medio material sobre la fuerza, aunque se explica, no se evalúa. También se evalúa la correcta realización de los ejercicios de aplicación de la ley de Coulomb, que implica la representación en términos vectoriales y el uso del algoritmo. Indica que utiliza preguntas de selección múltiple con única respuesta o abiertas según sea el caso, que a su vez sirven como medio de preparación para las pruebas Saber.

Dos referencias dan cuenta de la tendencia constructivista, ejemplificadas en la finalidad de la evaluación y el objeto de la evaluación. El profesor indica que no siempre evalúa la correcta realización de un ejercicio, sino que considera las estrategias utilizadas para su resolución, la coherencia y el tipo de argumentos que los estudiantes dan durante la solución de los exámenes escritos.

Durante el 2012, insiste en el carácter de control que cumple la evaluación, por tanto la finalidad es comprobar la comprensión de lo que se enseña y la correcta realización de los ejercicios o preguntas conceptuales planteadas sobre la ley de Coulomb.

Como elemento nuevo, el profesor señala la necesidad de realizar un análisis previo o prueba diagnóstica para revisar el manejo de los vectores y su idea de fuerza ya que son dos elementos que influirán en el proceso de enseñanza de la fuerza eléctrica. También indica que en ocasiones suele centrarse en el tipo de argumentos y estrategias que utilizan los estudiantes durante la solución de una tarea propuesta más que en su correcta solución; estas consideraciones describen la tendencia constructivista.

### ***Conocimiento de las estrategias***

El profesor relata y diseña una secuencia de enseñanza centrada en estrategias asimilativas para la enseñanza de la fuerza eléctrica. Entre ellas tenemos: la exposición del profesor, el visionado de experiencias demostrativas y las lecturas del libro de texto, acompañadas de la resolución de ejercicios. Los criterios de

selección de las estrategias y la secuencia de enseñanza se describen más desde lo general.

El profesor insiste en la necesidad de plantear acciones para motivar a sus estudiantes hacia el aprendizaje de la fuerza eléctrica como vector, debido a las dificultades asociadas a este contenido. Menciona cómo su reto es presentar la fuerza eléctrica de una forma sencilla, sin perder la rigurosidad, pero sin que la formalización se convierta en un limitante para comprender la importancia de la fuerza eléctrica. En cuanto al tipo de estrategias y secuencia de enseñanza con las que cuenta para la enseñanza de la fuerza eléctrica, mantiene una postura tradicional, centrada en la exposición del profesor, con poca atención a la diversidad, y a través del trabajo individual del estudiante. El profesor justifica la selección de estrategias tradicionales por el tiempo del que dispone y la actitud de los estudiantes. La secuencia se reduce a la exposición, aplicación y evaluación de los contenidos.

La inclusión diferenciadora sobre lo declarado durante el primer año está en la detección de ideas previas sobre la fuerza como concepto y el uso de los vectores. El profesor considera necesario realizar una prueba diagnóstica para identificar las ideas sobre la fuerza y el grado de facilidad en la solución de ejercicios que impliquen suma de vectores. El fin de rastrear la idea de fuerza es mostrar la diferencia con la interpretación que se hará de la fuerza eléctrica. El fin de la prueba sobre los vectores es concienciar a los estudiantes acerca de la necesidad de estas magnitudes y sugerirles su repaso inminente para afrontar la temática. Como estrategia para fomentar la asimilación, incluye la visualización de *applets* en clase, a manera de complemento a la representación de ejemplos en el tablero.

Durante el desarrollo de la unidad didáctica, en el segundo año, introduce la fuerza eléctrica para definir la intensidad del campo. Si el profesor no buscara las formas de calcular el campo eléctrico, la explicación sobre la ley de Coulomb podría no estar presente durante la estrategia, a pesar de insistir en la importancia extrema de este concepto para comprender la idea de campo. Sin embargo, el núcleo central de la secuencia, al igual que el año anterior, es la exposición del profesor y la aplicación de los nuevos conceptos.

## Conclusiones

La caracterización del CDC es un ejercicio complejo que requiere de mayor documentación y protagonismo en el caso de la enseñanza de física en secundaria y bachillerato, en especial cuando el panorama actual nos dice que cada vez son más profesionales de otras áreas los que se dedican a la enseñanza de la física. El presente artículo aporta a este fin. Mostramos de forma detallada cómo hacer explícito el CDC para contenidos de física (Melo-Niño, Cañada, Mellado & Díaz, 2011).

Siguiendo el objetivo de nuestro estudio, los resultados muestran que durante los dos años de la investigación existen desacuerdos entre las ideas sobre la enseñanza y el aprendizaje de la física y el conocimiento curricular y la evaluación, los cuales condicionan fuertemente las estrategias de enseñanza que utiliza el profesor. En consecuencia, su instrucción muestra una enseñanza más centrada en el profesor. Finalmente, la lógica que articula la proposición de los contenidos no tiene en cuenta las reflexiones que el profesor ha realizado sobre las necesidades y dificultades de sus estudiantes, y sobre el aprendizaje de la fuerza eléctrica.

En cuanto a la intervención, el reconocimiento y la autorregulación del CDC sobre la fuerza eléctrica, se centró en el conocimiento del currículo y en las estrategias de enseñanza, promovido por la reflexión sobre el contenido. Consideramos que este proceso le permitió al profesor ser más receptivo a las nuevas situaciones de enseñanza que surgen en el aula.

En términos generales, consideramos que las caracterizaciones sobre el CDC se pueden convertir en un elemento de apoyo a la labor que muchos profesores realizan actualmente en solitario, y también un elemento de discusión sobre las fortalezas y necesidades de formación del profesorado de física. Sin embargo es necesario tener en cuenta que cada profesor amplía su CDC de una forma particular y personal, según el contenido que enseñe; por tanto, las investigaciones que se desarrollen deben poner de relieve el conocimiento del contexto, un elemento poco considerado en los estudios sobre el CDC, y en esta investigación. También es

necesario contemplar la evaluación como contenido formativo, tanto teórico como práctico, ya que es uno de los aspectos más conflictivos durante el proceso de caracterización del CDC.

Finalmente, frente a la enseñanza de la fuerza eléctrica, vemos cómo el modelo causa-efecto utilizado por el profesor en bachillerato para caracterizar la relación campo y fuerza puede ser una alternativa a aquellas posturas en las cuales la carga eléctrica se convierte en el objeto principal por caracterizar, debido a que la ley de Coulomb y la ley de Biot-Savart son los únicos elementos necesarios para explicar cualquier fenómeno electrostático. Sin embargo, es importante contrastar el aporte de esta idea con el aprendizaje de los estudiantes.

### **Referencias bibliográficas**

- Abell, S. (2007). Research on science teacher knowledge. En S. Abell & N. Lederman (eds.). *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1105-1149). New York and London: Lawrence Erlbaum.
- Ariza, L. & Parga, D. L. (2011). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la combustión. *Educación química*, 22(1), 45-50.
- Briceño, J. (2013). La argumentación y la reflexión en los procesos de mejora de los profesores universitarios colombianos de ciencia en activo (tesis de doctorado). Universidad de Granada, Granada, España. Disponible en: <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/31717/1/22946469.pdf>
- Casperson, J. M. & Linn, M. C. (2006). Using visualizations to teach electrostatics. *American Journal of Physics*, 74(4), 316-323.
- Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 0201101-0201126.
- Flórez, G.; Velásquez, J. & Tamayo, O. (2011). Concepciones de enseñanza en profesores de ciencia de la ciudad de Manizales desde el concepto de conocimiento pedagógico del contenido. *Perspectivas Educativas*, 4, 17-32.
- Fracaro, A. C. (2013). La búsqueda de analogías y diferencias como estrategia en la enseñanza de las interacciones a distancia y del concepto de campo en física

- (tesis de doctorado). Universidad de Granada, Granada, España. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/30326>
- Gómez, Y. (2010). Caracterización del conocimiento didáctico del contenido curricular en química del concepto de discontinuidad de la materia en profesoras en ejercicio. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 27, 130-153.
- Guisasola, J.; Zubimendi, J. L.; Almudí, J. M. & Ceberio, M. (2008). Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad: estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 177-192.
- Halim, L. & Meerah, S. (2002). Science trainee teachers' pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215-225.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2000). Modelos didácticos. En F. J. Perales & P. Cañal (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 165-186). Alcoy, España: Marfil.
- Jiménez, M. M.; Angulo, F. & Soto, C. A. (2013). La configuración del conocimiento profesional del profesor principiante: enseñar la célula, un estudio de caso. *Biografía*, 6(10), 28-41.
- Loughran, J.; Berry, A. & Mulhall, P. (eds.) (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam, Holanda: Sense Publishers.
- Magnusson, S.; Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of the PCK for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (eds.). *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, Netherlands: Kluwer A. P.
- Maries, A. & Singh, C. (2013). Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), 0201201-02012014.
- Melo-Niño, L. V. (2015). *Desarrollo del conocimiento didáctico del contenido sobre el campo eléctrico con profesores de física colombianos de bachillerato*,

*mediante un programa de intervención* (tesis doctoral). Universidad de Extremadura, Badajoz, España. Disponible en: <http://dehesa.unex.es/handle/10662/3195>

- Melo-Niño, L. V.; Cañada, F. & Mellado, V. (2015). Initial characterization of a colombian high school physics teacher's pedagogical content knowledge on electric fields. *Research in Science Education*. doi:10.1007/s11165-015-9488
- Melo-Niño, L.V.; Cañada, F.; Mellado, V. & Díaz, M. (2011). La enseñanza del campo eléctrico desde la caracterización inicial del conocimiento didáctico del contenido de una profesora de secundaria. *Revista Cubana de Física*, 28(1E), 117-121.
- Michelini, M.; Santi, L. & Stefanel, A. (2013). La formación docente : un reto para la investigación. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(núm. extraordinario), 846-870.
- Mora, W. & Parga, D. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química : integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto-aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81.
- Mora, W. & Parga, D. L. (2014). Aportes al CDC desde el pensamiento complejo. En A. Garrtiz, S. Daza & M. G. Lorenzo (eds.). *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana* (pp. 101-144). Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.
- Mosquera, C. & Molina, A. (2011). Tendencias actuales en la formación de profesores de ciencias, diversidad cultural y perspectivas contextualistas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 30, 9-29.
- Nilsson, P. & Loughran, J. (2011). Exploring the development of pre-service science elementary teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 699-721.
- Orleans, A. V. (2010). Enhancing teacher competence through online training. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 19(3), 371-386.
- Parga, D. L. y Mora, W. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación Química*, 25(3), 332-342.

- Perafán, G.; Reyes, L. & Salcedo, L. (2001). *Acciones y creencias*. Tomo 4. Análisis e interpretaciones de creencias de docentes en biología y ciencias naturales. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Porlán, R.; Martín del Pozo, R.; Rivero, A.; Harres, J.; Azcárate, Z. & Pizzato, M. (2011). El cambio del profesorado de ciencias II: Itinerarios de progresión y obstáculos en estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 29, 353-370.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004, 22 de abril). Resolución n.º 1036. Bogotá: Autor.
- Reyes, J. & Martínez, C. A. (2013a). Conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza del campo eléctrico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 33, 36-60.
- Reyes, J. & Martínez, C. A. (2013b). Una hipótesis sobre el conocimiento didáctico del contenido respecto a las actividades de enseñanza asociadas al campo eléctrico. En C. A. Martínez y E. Valbuena (eds.). *Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar* (pp. 179-196). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Sánchez, M. E.; Solano, C. & Mosquera, C. (2012). El cambio didáctico de los profesores en formación inicial a partir del reconocimiento y autorregulación de sus conocimientos profesionales. *EDUCYT*, 6, 103-116.
- Sánchez, M. E.; Solano, C. & Mosquera, C. (2013). La naturaleza del conocimiento práctico de los profesores de química: aportes a la formación inicial. *Enseñanza de las ciencias. Número extra, IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 3169-3173.
- Seung, E. (2013). The process of physics teaching assistants' pedagogical content knowledge development. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1303-1326.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Tamayo, E. & Orrego, M. (2005). Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la ecuación en ciencias. *Educación y Pedagogía*, 17(43) 13-25.

- Thompson, J. R.; Christensen, W. M. & Wittmann, M. C. (2011). Preparing future teachers to anticipate student difficulties in physics in a graduate-level course in physics, pedagogy, and education research. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(1), 0101081-01010811.
- Valbuena, E. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la universidad Pedagógica Nacional (Colombia)* (tesis de doctorado). Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/7731/1/T30032.pdf>
- Valbuena, E. (2011). Hipótesis de progresión del conocimiento biológico y del conocimiento didáctico del contenido biológico. Parte I: referentes teóricos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 30, 30-52.

## ANEXOS

COMPONENTE DEL CDC	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍAS
<b>A.</b> Visión y propósitos sobre la enseñanza de las ciencias	<b>A1.</b> Visión de física	<b>A.1.1</b> Qué es la física y cuál es su función; <b>A.1.2</b> Qué imagen se proyecta de los científicos (físicos); <b>A.1.3</b> Imagen de la experimentación y la observación; <b>A.1.4</b> Relación entre la física y la matemática; <b>A.1.5</b> Imagen del método científico
	<b>A2.</b> Visión de aprendizaje	<b>A2.1</b> Idea de aprendizaje; <b>A2.2</b> Función (relevancia) de las ideas, conocimientos previos; <b>A2.3</b> Qué se aprende: tipo de los contenidos y metas de aprendizaje; <b>A2.4</b> Quién es activo dentro del proceso de enseñanza/aprendizaje, profesor y/o estudiantes.
	<b>A3.</b> Visión de enseñanza	<b>A.3.1</b> Objeto de la enseñanza; <b>A.3.2</b> cómo se aprende a enseñar; <b>A.3.3</b> Actividades y tareas que propone a los estudiantes; <b>A.3.4</b> Qué y cómo evalúa; <b>A.3.5</b> Programación y diseño curricular; <b>A.3.6</b> Gestión y organización del tiempo y del aula.
	<b>A4.</b> Idea de fuerza eléctrica	<b>A4.1</b> Fuerza eléctrica en términos de la acción a distancia; <b>A4.2</b> Fuerza eléctrica en términos de las líneas de fuerza; <b>A4.3</b> Fuerza eléctrica en términos del campo eléctrico
<b>B.</b> Conocimiento del currículo	<b>B1.</b> Contenidos y patrón temático	
	<b>B2.</b> Criterios de selección de los contenidos	
	<b>B3.</b> Organización de los contenidos	
	<b>B4.</b> Importancia del contenido por enseñar	
	<b>B5.</b> Fuentes y recursos	

	<b>B6. Objetivos de aprendizaje</b>	
<b>C.</b> Conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes acerca del campo eléctrico	<b>C1. Naturaleza de las ideas de los estudiantes</b>	
	<b>C2. Dificultades y limitaciones para la comprensión de los contenidos</b>	<b>C2.1</b> Origen epistemológico; <b>C2.2</b> Origen psicológico; <b>C2.3</b> Origen <b>1.1.1.1.1</b> didáctico
	<b>C3. Participación y motivación</b>	
	<b>C4. Necesidades, intereses y preferencias de los estudiantes.</b>	
<b>D.</b> Conocimiento de la evaluación	<b>D1. Finalidad de la evaluación</b>	
	<b>D2. Objeto de la evaluación</b>	
	<b>D3. Quiénes participan en la evaluación</b>	
	<b>D4. Tipos de evaluación</b>	
	<b>D5. Diseño, organización e instrumentos de evaluación</b>	
	<b>D6. Calificación</b>	
<b>E.</b> Conocimiento de las estrategias de enseñanza	<b>E1. Criterios de selección de las estrategias</b>	
	<b>E2. Tipo de estrategias discursivas y actividades</b>	
	<b>E3. Secuencia de enseñanza</b>	
	<b>E4. Tipos de representación de los contenidos</b>	