

# LA ENSEÑANZA DEL CAMPO ELÉCTRICO DESDE LA CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO DE UNA PROFESORA DE SECUNDARIA

L. MELO<sup>†</sup>, F. CAÑADA, V. MELLADO Y M. DÍAZ<sup>^</sup>

Dpt. Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. Facultad de Educación, Universidad de Extremadura, Badajoz, España. lv-melo@unex.es<sup>†</sup>,

a) Colegio Santa María, Bogotá, Colombia. mdiaz175@cibercolegios.com  
 †autor para la correspondencia

Los trabajos desarrollados sobre la enseñanza del campo eléctrico tanto a nivel universitario como de secundaria, han centrado su atención en el desarrollo de propuestas innovadoras, sin incidir directamente en las formas predominantes en las que los docentes articulan su Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC). Este estudio analiza la caracterización inicial de este conocimiento, de un profesor de física colombiano de educación secundaria. Los resultados muestran los factores que median su modelo didáctico, y condicionan la manera cómo piensa la enseñanza de este tema: la interpretación que realiza sobre la relación entre la física y la matemática, el papel asignado al experimento dentro la enseñanza de la electrostática, y el valor asignado a la evaluación.

The investigations developed on electric field's teaching, both at university and secondary school have focused their attention on developing innovative approaches, but these don't affect the forms in which teachers articulate their pedagogical content knowledge (PCK). This study examines the initial characterization of this knowledge, of one high school Colombian physics teacher. The results revealed the factors that mediate her personal teaching model, and the factors that determine the way she thinks the teaching of this subject: her interpretation about the relationship between physics and mathematics, the role assigned to the experiment in teaching electrostatics, and the value assigned the assessment.

**Palabras clave:** Teacher training, 01.40.J-, Teaching methods in Physics education, 01.40.gb, Electric field electromagnetism, 41.20.-q.

## INTRODUCCIÓN

Dos de las mayores dificultades habituales dentro de la enseñanza del concepto campo eléctrico en la secundaria colombiana, se centran en: la simplificación explicativa de tipo descriptiva-operacional [1, 2], de un cúmulo de fenómenos sobre los cuales poca referencia tiene el estudiante, y el fuerte énfasis que mantiene aún el currículo sobre la idea de acción a distancia tan poco usual en la física actual.

Este hecho ha privilegiado rutas de enseñanza que vinculan estrategias que parten siempre de la fenomenología más simple a la más compleja [3], esto es desde la electrostática a la electrocinética, olvidando el papel del campo eléctrico en este tránsito. Propiciar cambios sobre esta mirada implica una profunda revisión de los modelos de enseñanza que los profesores de física han construido a lo largo de sus experiencias en la práctica del aula, tanto en su formación inicial como en su etapa profesional. Cambios que tienen que partir del conocimiento y la reflexión de lo que el profesor piensa y hace en la enseñanza

de este concepto, contando con su participación activa en un proceso de reflexión metacognitiva [4].

El sustento fundamental del trabajo lo constituye el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC), que es nuestro punto de partida y el elemento de reflexión constante desde donde caracterizamos nuestro problema de investigación: ¿Cuál es el CDC inicial de los Profesores de Física de Educación Secundaria Colombianos sobre el Concepto Campo Eléctrico?

De acuerdo con Shulman (1986) el conocimiento didáctico del contenido (CDC) es desarrollado por los profesores para ayudar a otros a aprender, y es construido en tanto ellos enseñan tópicos específicos de su área de saber [5].

El CDC es entonces, un conocimiento con su propia estructura, fuentes, componentes, naturaleza y filtros que lo posibilitan [6] y, sobre todo, legitima a la enseñanza como una profesión.

Recientes investigaciones vinculan como elemento incluyente, dentro de las componentes que describen al CDC, el dominio afectivo y las emociones. Esto sugiere que los buenos profesores, además de destacarse por lo cognitivo, sus estrategias de enseñanza y su eficacia para lograr aprendizaje asertivo, están llenos, también, de actitudes y emociones positivas hacia sí mismos, hacia su trabajo y hacia sus alumnos [7].

Dentro de la gama de modelos que describen el CDC, en este estudio se ha asumido el propuesto por Friedrichsen et al. [8], por la ubicación asignada a las orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias, elemento que permea e influye sobre las cuatro componentes del CDC; el conocimiento del currículo, de las estrategias instruccionales, de los estudiantes y de la evaluación.

## DESARROLLO

La investigación se desarrolló con una profesora, licenciada en física, con edad de 26 años y experiencia docente de 5 años. La edad de sus estudiantes oscilaba entre los 17 y los 19 años.

Los procedimientos de recogida y análisis de datos que se utilizaron para caracterizar el CDC fueron entonces: 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) el material curricular utilizado por los profesores; c) la plantilla dispuesta por De Pro [9] para realizar planificaciones; y d) la matriz diseñada por Loughran, Berry y Mulhall como representación del contenido (ReCo) [10], a la que se le realizaron algunas modificaciones en cuanto al número de preguntas y a la forma de seleccionar las ideas centrales sobre la enseñanza del campo eléctrico.

El estudio se configuró en tres fases: documentación, actuación y reflexión, donde la profesora debía desarrollar una tarea específica. En la primera fase se utilizaron los instrumentos a) y b). El objetivo era determinar el papel asignado por la profesora al ejercicio de planificación y la concepción predominante sobre la enseñanza y su articulación con las estrategias instruccionales que propone durante la enseñanza del campo eléctrico.

En la segunda fase, se le solicitó que efectuaran una planificación que involucrara la temática de análisis mediante la herramienta c). El formato, permite ver “la secuencia de actividades –y los materiales correspondientes– que el profesor utiliza en el desarrollo de una lección. Un buen punto de partida para conocer realmente los argumentos de los docentes, sus creencias y teorías” [11] tal como lo muestran, Friedrichsen et al. [8], Loughran, Berry y Mulhall [12], y Van der Valk y Broekman [13] en sus investigaciones, al hacer uso de las planificaciones de clase como herramienta para captar el CDC.

La tercera fase, tuvo como objetivo, indagar y poner de manifiesto, mediante la reflexión sobre su hacer, el conocimiento de la profesora en cuanto al currículo, la evaluación, las comprensiones de sus estudiantes frente a la electrostática, las es-

trategias de enseñanza y sus orientaciones sobre la ciencia. El instrumento d) se utilizó para este fin. Una matriz compuesta por filas y columnas que deben ser relacionadas. Las columnas contienen las ideas que son consideradas indispensables dentro de la enseñanza del tópico y las filas preguntas elaboradas que atienen a las componentes del CDC.

Cada etapa fue pensada dentro de la investigación cualitativa desde la perspectiva de la fenomenología hermenéutica.

El sistema de categorías de análisis considerado es tomadas directamente de las componentes del CDC del modelo seguido: 1) visión y propósitos sobre la enseñanza de las ciencias, 2) el conocimiento sobre el currículo en ciencias, 3) el conocimiento sobre las estrategias de enseñanza, 4) el conocimiento sobre los estudiantes y 5) el conocimiento sobre la evaluación.

## RESULTADOS

Después de la codificación de cada uno de los instrumentos y la triangulación de la información, se construyó un perfil resumen de la profesora participante, atendiendo a nuestra pregunta problema. El perfil facilita la reducción de datos y proporciona una síntesis de los resultados por cada categoría [8], el cual se describe a continuación.

### 3.1 Visión y Propósito sobre la enseñanza de las Ciencias

La descripción de esta categoría se realiza desde dos subcategorías: Ideas sobre la física y el Campo Eléctrico, e Ideas sobre la Enseñanza y el Aprendizaje.

Ideas sobre la física y el Campo Eléctrico: Son cuatro los elementos que resultan relevantes para la profesora relacionados con el concepto de campo: fuerza eléctrica, cuerpo cargado, representación geométrica del espacio alrededor de un cuerpo cargado (geometrización del espacio), y la caracterización matemática del campo.

La profesora asume que el concepto de carga es uno de los elementos generadores y relevantes para poder abordar el concepto de campo, tanto es así que en la planeación anual que realiza, distribuida por bimestres, lo ubica como el tema principal del que se desprenden los otros elementos a trabajar durante el bimestre, aunque en su planeación la temática que mayor cobra importancia es la presentación de la ley de Coulomb y la intensidad del campo.

El fuerte énfasis realizado sobre la ley de Coulomb, se establece por su cercanía con la interpretación realizada en el caso gravitacional. Las investigaciones citan que esta interpretación no permite que los estudiantes establezcan diferencias conceptuales entre fuerza y campo eléctrico [14].

El carácter formal de física, dado desde sus procesos de formalización y matematización, juega un papel relevante dentro de su proceso de enseñanza, pues organiza varias sesiones alrededor de la aplicación de algoritmos y demostraciones, que

determinan la aparición de la representación de la intensidad del campo a partir de la fuerza eléctrica.

La actividad experimental se considerada una estrategia para desarrollar en los estudiantes la observación, actitudes científicas, la curiosidad, la creatividad, entre otras dimensiones necesarias para la construcción de conocimiento [15]. El laboratorio lo asume como un lugar motivador donde se recrea lo que los científicos realizan en su cotidianidad, «toma mucha importancia al permitirle al estudiante OBSERVAR lo que la teoría plantea y captar su atención motivándolo hacia el tema». Ideas sobre la Enseñanza y el Aprendizaje: La profesora considera que aprender y enseñar física, tiene una fuerte relación con el lenguaje, bien sea verbal o escrito, por lo tanto centra su actividad en la exposición, actividades demostrativas o lecturas como recurso didáctico de aprendizaje, que se desarrollan de forma ordenada y clara, lo cual debe permitir posteriormente al estudiante aplicar lo visto en clase cuando se le colocan ejercicios propios de su libro de texto.

El libro de texto se convierte en un factor determinante, como apoyo y guía en el proceso de enseñanza. Es la fuente que provee los ejercicios o “problemas” que los estudiantes desarrollan en clase y justifica la organización de los contenidos.

Aunque conoce recursos como laboratorios virtuales, applets, y videos de corta duración, para la enseñanza del campo eléctrico, considera que no son del todo las representaciones más sencillas sobre el campo para sus estudiantes, lo cual constituye un verdadero problema en su enseñanza.

Los problemas o ejercicios que dispone en el aula cumplen una doble función, tienen un carácter aplicativo y evaluador, y a la vez suponen un medio para la adquisición de habilidades cognitivas.

### 3.2 Conocimiento del Currículo

Las estrategias que esta profesora describe como las más utilizadas en la enseñanza de la física se yuxtaponen a las que considera para la temática campo eléctrico: laboratorios, explicaciones orales, resolución de ejercicios de lápiz y papel o virtuales.

Dentro de su diseño curricular, en su programación anual los objetivos formulados son genéricos y no explicitan las intenciones de aprendizaje para la electricidad. Sin embargo, la profesora ha conceptualizado cada objetivo (metas ocultas de aprendizaje), que están presentes en la planificación realizada en la fase 2, y son los parámetros que utiliza para evaluar. Estas metas ocultas aluden a contenidos de tipo conceptual y procedimental.

La organización de los contenidos siguen las disposiciones presentes en los libros de física general y a la estructura de los programas universitarios de electricidad y magnetismo. Se parte de la electrificación hasta llegar al campo, para después abordar lo referente a circuitos de corriente continua. Los

marcos teóricos desde donde contempla el programa, privilegian los campos vectoriales y la visión mecanicista.

### 3.3 Conocimiento sobre los Estudiante

La profesora comparte la idea de que “las tendencias didácticas que atienden a la perspectiva constructivista deben plantearse actuar sobre las concepciones alternativas de los estudiantes y propiciar el cambio epistemológico sin el cual no se puede producir el cambio conceptual” [16].

Sin embargo, encuentra grandes dificultades en identificar este tipo de aspectos. Añade que la construcción misma de la electricidad, le ha mostrado como los fenómenos que configuran la necesidad de la introducción de una mirada de campo eléctrico, no son del acontecer cotidiano inmediato del estudiante, por lo tanto la mayoría de las dificultades que sobre la comprensión de esta temática se construyan, dependen de la instrucción dada.

Menciona, además, que aspectos de tipo actitudinal como la repulsión que sus estudiantes mantienen frente a la matemática, y como el manejo, comprensión y uso de las expresiones formales de la física, siguen siendo uno de los factores que justifica los altos índices de fracaso escolar en esta temática. Por lo tanto, cree que se deben realizar mayores esfuerzos en cursos precedentes tanto en las asignaturas de física como matemáticas, para que el estudiante, al menos, tenga conocimientos sólidos sobre principios del álgebra vectorial y mejore su interpretación sobre el uso de algoritmos.

### 3.4 Conocimiento sobre las Estrategias de Enseñanza

Las concepciones didácticas de este profesor nos muestran “una tendencia mayoritaria a concebir la enseñanza como una actividad centrada en la explicación del profesor, con los contenidos como eje director de la dinámica de la clase y, controlada y dirigida por el profesor” [17], no obstante, al mismo tiempo es consciente de que las estrategias y las actividades varían dependiendo del grupo y las condiciones que se den en el aula a medida que se desarrolla la temática, o de las dificultades que pre-senten las mismas actividades que se propongan.

No hay una declaración que muestre el uso exclusivo de las actividades para este tema, o la idoneidad de su uso dentro de la enseñanza del campo eléctrico. Esto es, todos los ejercicios que propone, dentro del programa en física, mantienen los mismos objetivos generales de aprendizaje y pretenden desarrollar las mismas habilidades, lo único que cambia son los contenidos a los que hace alusión.

La poca reflexión sobre su conocimiento sobre “las estrategias dominio-específicas no le permite al profesor pasar de manera consciente de una estrategia a otra sin generar confusión en los estudiantes” [18].

La secuencia didáctica que plantea la profesora se extrae del análisis de los instrumentos b) y c). Parte de una introducción, luego disponen de un espacio para que el estudiante asimile el

tema y lo aplique, y finalmente se realiza una evaluación final de la unidad.

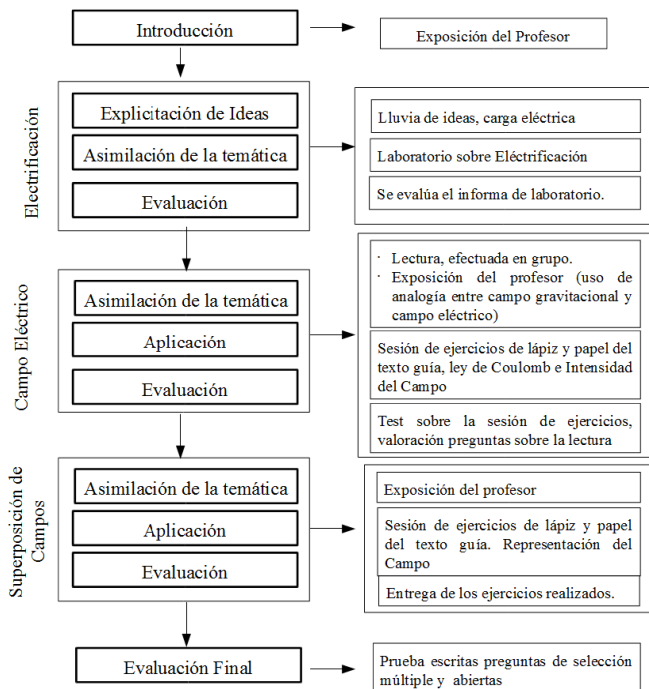


Figura 1: Secuencia de enseñanza y actividades propuestas para la enseñanza del campo eléctrico

La secuencia se compone de bloques sucesivos que describen las formas como la profesora planea la enseñanza de cada uno de los contenidos vinculados con la comprensión del campo eléctrico (figura 1). Los bloques constituyen microsecuencias de enseñanza que se repiten durante sus sesiones de clase, en las que el estudiante asimila la temática, la aplica y es evaluado.

### 3.5 Conocimiento sobre la evaluación

Para la profesora, la evaluación tiene las siguientes características: es continua, sumativa, y cumple una doble función; determinar si sus estudiantes han adquirido los conocimientos mínimos acordados desde los objetivos de aprendizaje dispuestos, y promover la autonomía de sus estudiantes frente al aprendizaje.

Los momentos de mayor relevancia dentro de su estrategia de evaluación, se deben a políticas institucionales: la coevaluación y la retroalimentación, por parte del profesor, de lo realizado a sus estudiantes. Dos espacios que requieren de la participación activa del estudiante y una profunda revisión de los objetivos de aprendizaje.

Utiliza diversos instrumentos y técnicas para evaluar, pues cree que la utilización conjunta da una mayor fiabilidad sobre su determinación frente al rendimiento de sus estudiantes. Atendiendo a los resultados y el propósito del estudio, la tabla 1 muestra los aspectos más significativos sobre el conocimiento didáctico del contenido de la profesora implicada en este análisis, su relación con la enseñanza del campo eléctrico, y cómo estos aspectos relatan apartes definitivos que caracterizan su instrucción.

| Aspectos del CDC                                       | Relación con la Enseñanza del Campo Eléctrico  | Características de la Instrucción   |
|--|--|---|
| Visión y Propósito sobre la Enseñanza de las ciencias. | Los marcos teóricos que sustentan la enseñanza del campo eléctrico son: el álgebra vectorial y la visión coulombiana de la electricidad. | Los contenidos de mayor énfasis durante la instrucción son la fuerza eléctrica e intensidad del campo.  |
|  | La matemática es considerada una herramienta para la física.   | Durante la enseñanza se le atribuye una especial importancia a la aplicación de las ecuaciones y las relaciones que mantienen, así el estudiante no comprenda los conceptos vinculados.   |
| Conocimiento del Currículo                             | Las metas de aprendizaje describen dominios generales dentro de la enseñanza de las ciencias.  | Los contenidos conceptuales son considerados una excusa para el desarrollo de habilidades científicas.  |
| Conocimiento de los estudiantes                        | Los estudiantes no tienen referentes inmediatos cotidianos sobre los fenómenos electrostáticos.  | El profesor se encarga de presentar la información de manera detallada, ya que las dificultades que sobre la comprensión de esta temática se construyen, dependen de la instrucción dada. |
| Conocimiento sobre las estrategias de enseñanza.       | No hay una declaración que muestre el uso exclusivo de las actividades para este tema, o la idoneidad de su uso dentro de su enseñanza.  | Las actividades que se consideran más eficaces dentro de la enseñanza de la física son: clase magistral, laboratorios y la resolución de problemas.                                       |
| Conocimiento sobre la evaluación                       | Diversos instrumentos y técnicas de evaluar, dan una mayor fiabilidad sobre el proceso de evaluación.                                    | Se realizan actividades evaluativas de tipo grupal e individual.  |

## CONCLUSIONES

La profesora considera que las actividades más eficaces en la enseñanza de la física son los ejercicios de lápiz y papel, la exposición por parte del profesor y los laboratorios, independientemente del paradigma que adopta sobre la enseñanza y el aprendizaje.

La lógica que articula la proposición de los contenidos, no tiene en cuenta las reflexiones que la profesora realiza sobre las necesidades y dificultades de sus estudiantes sobre el aprendizaje del campo eléctrico.

La estrategia de enseñanza que presenta el profesor refuerza la idea de que la matemática es una herramienta para la física, por lo tanto el estudiante debe adquirir con antelación una cierta cantidad de contenidos matemáticos para abordar un problema de estudio en física, sin previa justificación de su necesidad. Además, sugieren una orientación cercana al modelo de transmisión-recepción.

La definición de la evaluación se centra en los logros y habilidades que deben adquirir sus estudiantes. Sin embargo, no se puede asegurar que los métodos de evaluación empleados y la naturaleza del seguimiento sean compatibles con la instrucción planteada por la profesora.

Los factores que median su modelo didáctico personal son: la interpretación que realiza sobre el currículo institucional, el tiempo del que disponen para desarrollar la temática, la relación entre la física y la matemática y la consideración de las estrategias más eficaces para la enseñanza de la física.

Los resultados que hemos obtenido son sólo una imagen estática de la profesora, con relación a la enseñanza del campo eléctrico. Será necesario un estudio longitudinal que nos apor-

te datos frente a la relación que mantiene de los distintos enfoques de enseñanza que vincula y el aprendizaje de sus estudiantes [19].

- 
- [1] J. Martín y J. Solbes, *Enseñanza de las Ciencias*. 19 (3), 393-403 (2001).  
[2] C. Furio y J. Guisasola, *Enseñanza de las Ciencias*. 19 (2), 319-334 (2001).  
[3] L. Colombo de Cudmani, y P.A. Fontdevilla, *Enseñanza de las ciencias*. 8 (3), 215-222 (1990).  
[4] V. Mellado, C. Ruiz, M.L. Bermejo, & R. Jiménez, *Science & Education*. 15(5), 419-445 (2006).  
[5] S. K. Abell, *Handbook of Research on Science Education*, (S. K. Abell & N. G. Lederman, 2007), pp. 1105-1140  
[6] E. Morín, *El método*. IV, Las ideas: su hábitat, su vida, sus costumbres, su organización. (1992) pp. 8-12  
[7] V. Mellado, A. Garritz, y M. Brígido, en VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, editado por C. Azcárate y M. Izquierdo (*Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 2009).  
[8] P. Friedrichsen, S. Abell, E. Pareja, & P. Brown, *JRST*, 46(4), 357-383. (2009).  
[9] A de Pro, *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3), 411-429 (1998).  
[10] J. Loughran, P. Mulhall, & A. Berry, *JRST*, 41 (4), 370-391 (2004).  
[11] A de Pro, *Alambique*, 15, 18 (1999).  
[12] J. Loughran, A. Berry, & P. Mulhall, *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. (2006) pp. 185-218  
[13] Van der Valk & H. Broekman, *EJTE*, 22 (1), 11-22, (1999).  
[14] A. Llancaqueo, M. Caballero, y M. Moreira, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(4), 402 (2003).  
[15] E. Machado, y Martínez, *Las tareas experimentales en la enseñanza de la química*, documento web (<http://www.monografias.com/trabajos24/experimento-quimico-docente/experimento-quimico-docente.shtml?monosearch>)  
[16] J. Guisasola, *Análisis crítico de la enseñanza de la elec-trostática en el bachillerato y propuesta alternativa de orientación constructivista*, Memoria para optar al título de Doctor: San Sebastián. Universidad del País Vasco. (1996) pp. 104  
[17] R. Porlán, A. Rivero, y R. Martín del Pozo, *Enseñanza de las ciencias*. 16(2), 274 (1998).  
[18] E. Tamayo, y M. Orrego, *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín. 17(43), 22 (2005).  
[19] V. Mellado, *Revista de Enseñanza de la Física*. 11(2), 31 (1998).