

Desarrollo y Exploración del Conocimiento Didáctico del Contenido durante la Enseñanza del Campo Eléctrico: Un estudio de Caso

Lina Viviana Melo Niño, Florentina Cañada, Mabel Díaz, David Melo

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura. lina.viviana.melo@gmail.com

RESUMEN

El estudio analiza la caracterización del conocimiento didáctico del contenido (CDC) de una profesora de física colombiana de bachillerato sobre el concepto campo eléctrico, antes de y después de un programa de intervención. Presentamos en este trabajo los resultados correspondientes al CDC desde el plano declarativo y el de diseño. Para este estudio se caracterizaron tres de las cinco componentes según el modelo de Magnusson et al. (1999) para el CDC: orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, conocimiento del currículo y de los estudiantes.

Los resultados revelaron que, los factores que condicionan el modelo didáctico personal son: su interpretación del currículo, el tiempo disponible para desarrollar el tema, la relación entre la física y las matemáticas, y la consideración de las estrategias más efectivas para la enseñanza de la física. El principal obstáculo en el desarrollo de su CDC se debe a las estrategias instruccionales.

Palabras clave

Conocimiento Didáctico del Contenido, Enseñanza del Campo Eléctrico, Formación de Profesores de física.

INTRODUCCIÓN

A partir de los estudios de Shulman (1986) se han desarrollado de manera fecunda diversas investigaciones referentes a la naturaleza, características e implicaciones del *Conocimiento Didáctico del Contenido* (CDC) en el conocimiento profesional de los profesores de ciencias. La mayoría de las investigaciones con un fundamento constructivista han mostrado que aunque los conocimientos académicos, en ciencias, pedagogía y, didáctica son esenciales en la formación y el desarrollo profesional no son suficientes, se requiere de escenarios donde el profesor reconozca y desarrolle su CDC sobre temas concretos de su enseñanza.

Los retos que se nos plantean para la formación del profesorado nos sugieren la necesidad de modelos transdisciplinares (Perales, 2014), y son los procesos de integración y desarrollo del CDC un marco teórico prolífico para esta causa. El estado del arte sobre el CDC en física señala que, aunque la preocupación por describir el desarrollo del CDC ha estado latente a la par que se realizan caracterizaciones del mismo, en la enseñanza de la física, las investigaciones que relatan la evolución del CDC han sido de menor frecuencia. El presente trabajo se desarrolla en esta línea.

El objetivo del trabajo, además de identificar las características del CDC desde lo que el profesor piensa y planifica, fue determinar algunos de los factores que dificultan o refuerzan el desarrollo o la relación de las distintas componentes del CDC, alrededor de la enseñanza de un contenido de reconocidas dificultades de aprendizaje, el campo eléctrico.

PRINCIPAL APORTACIÓN DE LA COMUNICACIÓN

El CDC como línea de investigación en Colombia se ha instaurado hace unos 10 años, sin embargo el profesor como objeto de investigación contempla una tradición de muchos más años. De forma continua desde el 2006 las publicaciones, proyectos, trabajos de doctorado, fin de máster y pregrado, han adoptado este paradigma investigativo como fundamento de las nuevas investigaciones que se realizan sobre el pensamiento, epistemología y acción del profesor. Sin embargo son muchas las investigaciones de tipo descriptivo, y más aquellas que hablan sobre el desarrollo del CDC las que se requieren.

Las investigaciones sobre el CDC en la enseñanza de la física están referidas por lo general sobre un tema particular más que sobre ideas estructurantes para la enseñanza de la física como: calor o temperatura (Magnusson y Krajcik, 1993), fuerza (Halim, y Meerah, 2002; Loughran et al, 2006), electricidad (Loughran et al, 2006; Eylon y Bagno, 2006), radiactividad (Orleans, 2010), gráficas en cinemática (Maries y Sing, 2013), modelos del universo y sistema solar (Henze et al, 2008) y, prácticas de laboratorio (Nivalainen et al, 2010) desde las cuales se realiza la caracterización del CDC a través de sus componentes, o algunas de ellas.

Antecedentes de la investigación

La agenda actual en didáctica de la física ha posicionado al conocimiento didáctico del contenido como un marco teórico vigente en la formación del profesorado, a pesar de distinciones epistemológicas de los conocimientos-base implicados: conocimiento de la disciplina, conocimiento sicopedagógico, conocimiento en didáctica de la física y del contexto.

Los resultados reportados sobre los aprendizajes disciplinares adquiridos por los profesores sobre los contenidos de física que enseñan y su repercusión en el aprendizaje, son un aliciente que ratifica la necesidad de este tipo de conocimiento, en un panorama donde son cada vez profesionales de otras áreas los que se dedican a la enseñanza de la física. Sin embargo son pocas las investigaciones que sobre este marco teórico se han desarrollado para la enseñanza de la física, si los comparamos con los desarrollados para la enseñanza de la química o la biología.

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 aquellos profesores tutores durante los períodos de práctica docente (Asikainen y Hivonen, 2010). Las investigaciones son por lo general 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; Thompson et al, 2011; Michellini et al, 2013).

Para todos los casos, la relación más estudiada ha sido aquella en la que se piensa la transformación, asociación, o transferencia del conocimiento disciplinar al conocimiento didáctico del contenido, 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 (Seug et al, 2013; Nilsson y Loughran, 2011, 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.

Las exigencias y nuevos retos que confluyen en la enseñanza nos ha llevado cada vez más a explorar la otra relación, de lo sicopedagógico y didáctico al conocimiento didáctico del contenido, lo cual ha dado paso a la inclusión del dominio afectivo dentro del CDC (Garritz, 2010). Los mismos resultados de los estudios han demostrado que no es posible asignarles papeles protagónicos en los procesos de transformación o emergencia del CDC o a la disciplina que se enseña, o al conocimiento sicopedagógico y didáctico.

Objetivos de Investigación

El objetivo general es caracterizar el CDC de una profesora de Física de Bachillerato, en Colombia, sobre el concepto Campo Eléctrico durante dos años consecutivos después de un programa de intervención desde lo que el profesor piensa y planifica. Este objetivo general se desglosa en tres preguntas:

- (i) ¿Cuáles son las orientaciones sobre la enseñanza de la física, y el campo eléctrico que mantiene la profesora, antes y después del programa de intervención?
- (ii) ¿Qué conocimientos posee sobre el currículo de física en Bachillerato y cómo influye en la enseñanza del campo eléctrico, antes y después del programa de intervención?
- (iii) ¿Qué conocimientos tienen la profesora sobre sus estudiantes, alrededor del aprendizaje del campo eléctrico, antes y después del programa de intervención?

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló con una profesoralicenciada en física, con edad de 28 años y experiencia docente de 7 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, Colombia. La caracterización inicial del CDC, corresponde al primer año de enseñanza en bachillerato para esta profesora.

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) el material curricular utilizado por la profesora; c) la plantilla dispuesta por Pro (1998) para realizar planificaciones; d) la matriz diseñada por Loughranet al,(2006) como representación del contenido (ReCo), y e) entrevista semiestructurada.

El sistema de categorías de análisis considerado es tomado directamente de las componentes del CDC: 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. La codificación se llevó a cabo siguiendo el método de análisis de contenido con ayuda del programa Nvivo-10.

RESULTADOS

La representación de la caracterización del CDC de la profesora, se ha realizado a través de la elaboración de perfiles. Éste se ha obtenido mediante la codificación de los instrumentos y su respectiva triangulación. La organización del perfil responde a las tres componentes del CDC consideradas para este artículo. Para cada categoría hemos separado los análisis realizados desde lo que se declara y diseño.

Orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias

El modelo escolar y el modelo físico de campo eléctrico que la profesora describe son iguales durante los dos años de estudio. Se centra en la carga eléctrica como causa de la interacción, la fuerza eléctrica como efecto del campo, y el campo como “alteración del espacio alrededor de un cuerpo cargado”. En general la descripción que plantea y ejecuta sobre la electricidad se centra más en los cuerpos que en el campo.

Para la profesora aprender física es asimilar y aplicar los contenidos expuestos, y conocer es comprender y relacionar los conceptos claves, en coherencia con su idea de conocimiento. En consecuencia enseñar física es exponer los contenidos claves siendo la explicación el eje de su enseñanza.

El objetivo principal de su enseñanza es que el estudiante esté capacitado para caracterizar cualquier situación que se le presente, y sobre todo que pueda establecer relaciones. Es consciente que todos sus estudiantes no están interesados en aprender física. Sin embargo, su experiencia le ha mostrado que si los estudiantes ven la utilidad de lo que aprenden y están motivados, su actitud hacia la física varía.

La visión de la física se rige por la tendencia tradicional. Esta tendencia se caracteriza por mostrar un carácter acumulativo de la física a través de una insistente necesidad de cubrir el contenido conceptual o procedimental. Durante el diseño de las clases para el primer año, la profesora dedica un 57,75 % de sus acciones para desarrollar los contenidos conceptuales, y 41.02 % para el desarrollo del procedimiento (el énfasis principal es la ejecución y los ejercicios del libro de texto), situación que no se modifica durante el segundo año de enseñanza

Conocimiento Curricular

Durante el primer año la profesora describe como el currículo debe mostrar una visión amplia y general de lo que es el conocimiento físico y su utilidad. El foco en secundaria es que el estudiante se informe, establezca ciertas relaciones y, sobre todo, se motive hacia el aprendizaje de la física. En bachillerato, el objetivo es ahondar sobre los conceptos vistos en secundaria, caracterizarlos, formalizarlos, e interrelacionarlos, desarrollando las habilidades cognitivas propuestas por la institución educativa.

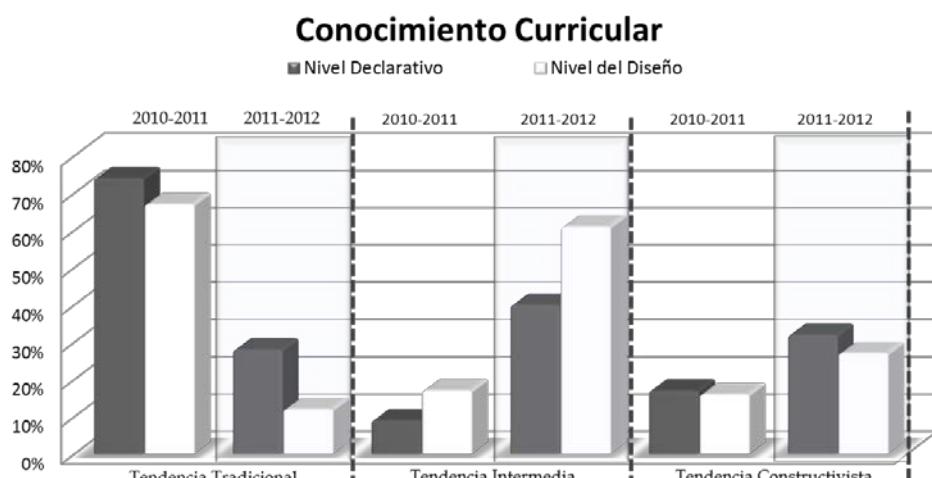
En una ocasión reflexionando sobre la mejor secuencia para sus estudiantes y en posibles cambios que podría implementar para el siguiente curso académico, menciona que la secuencia actual no cumple la lógica de la disciplina, y en el caso particular del campo eléctrico y magnético, sería conveniente para facilitar la comprensión sobre las ondas electromagnéticas y como continuación del temario de secundaria, iniciar el año escolar no con movimiento armónico simple o fluidos sino por electrostática.

La profesora recuerda como sus experiencias universitarias son una fuente con relación a la presentación que hoy en día realiza en su aula sobre los fenómenos electrostáticos, convirtiendo esta experiencia en una fuente o recurso que utiliza en clase, este aspecto lo hemos clasificado hacia una tendencia intermedia. Finalmente considera importante

presentarles a las estudiantes los distintos modelos que sobre la carga se tiene para enriquecer su comprensión, vean a la física como un conocimiento en cambio y finalmente para motivarlos hacia el aprendizaje de la electrostática.

Cuando se le pregunta a la profesora para qué le sirve a sus estudiantes estudiar el contenido campo eléctrico, las razones dadas, no se sitúan en el contenido mismo, ni siquiera en desarrollo de la teoría. Su respuesta sitúa la importancia de introducir el concepto campo en tanto es, a) un concepto prerrequisito o requerimiento cognitivo necesario para comprender otros contenidos de manera lógica, b) una nueva forma de justificar las interacciones eléctricas sin mención a la necesidad de introducir una visión ontológica y c) le permite al estudiante resolver ejercicios.

Como se muestra en la gráfica 1, la profesora pasa de una visión tradicional a una intermedia, tanto en lo declarativo como durante su planificación. Las diferencias se concentran principalmente en el diseño de la nueva unidad didáctica, producto del desarrollo de las distintas actividades del programa de intervención. Algunas de las consideraciones declaradas con relación a los contenidos y su organización son las que más se modifican. El reconocimiento que se realiza de las dificultades de los estudiantes sobre el contenido, y los posibles errores conceptuales que la profesora mantiene, así como la realización de un mapa conceptual durante el proceso de planificación, le permiten a la profesora resignificar el modelo didáctico que mantiene sobre el campo eléctrico.



Gráfica 1: Comparación por frecuencias y tendencias para el Conocimiento del Currículo

Conocimiento sobre los Estudiantes

La mayor diferencia entre los descriptores se encuentra entre las dificultades hacia la enseñanza de la física y el papel de la motivación y la participación dentro del proceso de aprendizaje. En cuanto al rol asignado a las ideas de los estudiantes, menciona como intenta conectarlas ideas con lo que se hace en clase, sin embargo las clasifica como ideas erróneas o acertadas. Esta consideración la hemos clasificado en una tendencia intermedia. Aunque reconoce las ideas de los estudiantes y subraya su importancia, siguen siendo errores a superar. Al final de la entrevista, cuando se le pregunta a la profesora que describa su forma de enseñar, hace alusión a como las ideas de los estudiantes se desarrollan de múltiples experiencias dentro y fuera del aula, siendo estas ideas base para el aprendizaje, las cuales intenta integrar siempre que puede en su estrategia.

En las primeras entrevistas y reflexiones con la profesora, ella reconoce pocas dificultades de aprendizaje sobre los contenidos, sin embargo las sita en la misma proporción que el segundo año. La diferencia entre los dos años se encuentra en que desplaza al estudiante como centro del problema. Durante el segundo año, se reconoce que son las propuestas desde lo curricular y metodológico, las que causan en gran medida los errores conceptuales que mantienen los estudiantes después de la instrucción. Durante los dos años, las dinámicas propias del contenido en si mismo siguen siendo una de las causas reiterativas que sustentan la naturaleza de las dificultades de los estudiantes durante el aprendizaje del campo eléctrico.

Origen	Naturaleza de la Dificultad	Frec. 2010-2011	Frec. 2011-2012
Epistemológico	Aprendizaje no significativo o insuficiente, permanencia de concepciones alternativas después de la instrucción	7	6
	Complejidad propia del contenido	3	7
Psicológico	Estrategias cognitivas utilizadas por el estudiantes	8	0
	Voluntad para aprender	1	4
	Emociones negativas hacia las matemáticas	1	0
Didáctico	Curículo	4	5
	Metodología	4	2
	Estrategias de Enseñanza	1	6

Tabla 1. Dificultades de Aprendizaje declaradas sobre la enseñanza del campo eléctrico

La asignación del origen de la dificultad ha sido asignada desde la investigación siguiendo el análisis realizado por Vázquez (2005). Las explicaciones más frecuentes sobre las dificultades de los estudiantes recaen en razones externas al profesor, como son las características del contenido, las ideas que prevalecen después de la instrucción y las estrategias cognitivas utilizadas por los estudiantes durante la realización de distintas tareas.

Alrededor de la participación y la motivación de forma tradicional el profesor utiliza los exámenes para motivar a sus estudiantes hacia el aprendizaje opción permanente. A su vez plantea que no es suficiente la presión ejercida con los exámenes, también es importante para aumentar la motivación, presentar relación de lo que se ve con lo cotidiano, la actitud del profesor, y realizar experimentos o experiencias fáciles para las estudiantes.

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 más, cuando el panorama actual nos dice que son cada vez 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 como hacer explícito el CDC para contenidos de física.

Aunque la profesora lleva algunos años de experiencia en la docencia de la física, no transpone de forma lineal los constructos realizados en años anteriores de práctica profesional al nuevo contenido que enseña. Sin embargo es el pilar fundamental sobre la que recae su CDC sobre el campo eléctrico. Este CDC tiene las siguientes características:

- A) Los antecedentes escolares de la profesora, especialmente la relación entre la física y la matemática, influyen de manera considerable sobre su idea de aprendizaje, las ideas de física que expresa, y las estrategias que selecciona en la enseñanza del campo eléctrico.
- B) 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.
- C) Las principales dificultades de aprendizaje se deben a las características del contenido en sí mismas y no a un contenido pensado desde su enseñanza.
- D) Aunque mantiene ideas sobre la participación activa de sus estudiantes en el aula, sólo valida y toma en cuenta las respuestas e ideas que plantean los estudiantes con relación a la temática que se ve en clase. Sin embargo, no se retoma en las definiciones o explicaciones que concluye la profesora.
- E) Las razones que la profesora utiliza para justificar los resultados descritos son:
- Falta de relación entre la electrostática y electrocinética
 - El nivel de abstracción de los contenidos
 - La necesidad de hacer concreto los contenidos abstractos para propiciar su comprensión
 - La política institucional referente a la evaluación
 - La falta de tiempo para abordar los contenidos
 - La falta de estrategias que permitan “visualizar” lo que es el campo

Agradecimientos:Los autores agradecen al Gobierno de Extremadura y al Fondo Social Europeo por la financiación recibida para la realización de esta investigación (Proyecto GR10075) y al Ministerio de Economía y Competitividad. Dirección General de Investigación (Proyecto: EDU2012-34140). L.V. Melo agradece a la Universidad de Extremadura la concesión de una beca predoctoral.

BIBLIOGRAFÍA

- Asikainen, M. a., & Hirvonen, P. E. (2010). Finnish Cooperating Physics Teachers' Conceptions of Physics Teachers' Teacher Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 431–450.
- Eylon, B.-S., & Bagno, E. (2006). Research-design model for professional development of teachers: Designing lessons with physics education research. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(2), 020106.
- Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 020110.
- Garritz, A. (2010). Pedagogical Content Knowledge and the affective domain of scholarship of teaching and learning. *International Journal for the scholarship of Teaching and Learning*, 4(2), 1-6.
- Halim, L., Meerah, S. M., & Education, F. (2002). Science Trainee Teachers ' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching, 20(2), 215–225.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. (Eds) Rotterdam. Sense Publishers.

Magnusson, S. yKrajcik, J. (1993).*Teacher Knowledge and Representative of Content in Instruction about Heat Energy and Temperature*. Paper presented at Annual meeting of National Association for Research in Science Teaching, Atlanta.

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, The 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), 020120.

Michelini, M., Santi, L., Stefanel, A., & Udine, U. (2013).La formación docente : un reto para la investigación. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(Núm. Extraordinario), 846–870.

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.

Nivalainen, V., Asikainen, M. a., Sormunen, K., &Hirvonen, P. E. (2010).Preservice and Inservice Teachers' Challenges in the Planning of Practical Work in Physics.*Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 393–409.

Orleans, A. V. (2010). Enhancing Teacher Competence through Online Training.*The Asia-Pacific Education Researcher*, 19(3), 371–386.

Perales, F. J. P., Cabo, J. M., Vílchez, J. M., Fernández, M., González, F., & Jiménez, P. (2014).La reforma de la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria : propuesta de un diseño del currículo basado en competencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(1), 9–28.

Pro, A. de (1998) Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza. *Enseñanza de lasciencias*, 17 (3), 411-429.

Seung, E., & Bryan, L. (2010).Graduate Teaching Assistants' Knowledge Development for Teaching a Novel Physics Curriculum.*Research in Science Education*, 40(5), 675–698.

Shulman, L. (1986). *Those who understand: Knowledge Growth in Teaching*. Educational researcher, 15(2), 4-14.

Thompson, J. R., Christensen, W. M. &Wittmann, M. C. (2011) Preparing future teachers to participate students difficulties in physics in a graduate-level course in physics, pedagogy, and education research. *Physical Review Special Topic-Physics Education Research*, 7(1), 010108.