

Electric Field Teaching from the perspective of Pedagogical Content Knowledge

La Enseñanza del Campo Eléctrico desde la mirada del Conocimiento Didáctico del Contenido

Lina Viviana Melo Niño, Florentina Cañada Cañada, Esther Marín, Guadalupe Martínez

Depart. Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas. Facultad de Educación

Universidad de Extremadura

Badajoz, España

lv Melo@unex.es; flori@unex.es; mamarinr@unex.es; mmarbor@unex.es

Abstract — In view of the debate on science teacher education in Colombia, and the recent inclusion in our context of pedagogical content knowledge (PCK) as an integral tool to physics teaching, we present the results of a qualitative study, where we characterize as a high school physics teacher thinks, designs and does, in relation to electric field teaching.

Data were obtained using video recordings from 7 classroom observations of the following contents/topics: (1) electric charge, (2) electric force, (3) electric field and (4) potential. The video analysis was triangulated using data from: semi-structured interview; questionnaire with open questions about the planning; the electric field and teaching; the matrix designed by Loughran, et al, [1] CoRe, the syllabus; lessons plans; and didactic unit. We considered, the categories proposed by Magnuson et al, [2]. The processing of data was done through Nvivo10.

The findings revealed that PCK's teacher is mediated by the idea of physical and relationship with mathematics, which influences considerably on her idea of learning, the ideas of physics that she expresses and who she selects strategies in teaching electric field.

Keywords – Pedagogical content knowledge; physics teaching; electric field; science teacher education.

Resumen — En vista del debate sobre la formación del profesorado en ciencias en Colombia, y la reciente inclusión en el contexto del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) como herramienta integral dentro de la labor docente, presentamos los resultados de un estudio cualitativo, donde caracterizamos lo que una profesora de física de bachillerato, piensa, diseña y hace con relación a la enseñanza del campo eléctrico.

Los datos se obtuvieron a través de grabaciones en video de 7 sesiones de clase sobre los siguientes contenidos: (1) carga eléctrica; (2) fuerza eléctrica; (3) campo eléctrico y (4) potencial. Los análisis de los videos fueron triangulados con datos provenientes de: una entrevista semiestructurada, un cuestionario de preguntas abiertas sobre la planificación, el campo eléctrico y su enseñanza, la matriz diseñada por Loughran, et al, [1] para representar el contenido (ReCo), el programa de la asignatura y la unidad didáctica desarrollada. Las categorías consideradas corresponden a aquellas descritas por Magnuson et al, [2]. El tratamiento de los datos se hizo a través de Nvivo10.

Los resultados muestran que, el CDC de la profesora está mediado por la idea de física y la relación con la matemática configurada por su experiencia como estudiante, la cual influye 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.

Palabras Claves – conocimiento didáctico del contenido; enseñanza de la física; campo eléctrico; formación del profesorado en ciencias.

I. INTRODUCCIÓN

A partir de los estudios de Shulman [3] 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. Numerosas investigaciones [4, 5] 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.

Nicholson [6] afirma que la construcción del CDC ha sido utilitarista más que teórica además de ser concebida de diferentes maneras por diferentes investigadores. Las formas en que emerge la relación entre el conocimiento base y el CDC aunque considerada íntimamente interactiva no han sido completamente definidas. Las propuestas imperantes han diferenciado dos posturas; aquellas en las cuales el CDC es considerado un conocimiento base más, y otras donde es el resultado de la mediación dialógica (pasiva o activa) que aflora y se reconfigura en tanto se enseña y reflexiona, en y sobre lo que se enseña.

En todos los casos, la relación más estudiada ha sido aquella en la que se piensa la transformación, transposición, o transferencia del conocimiento disciplinar al conocimiento didáctico del contenido, situación que subyace a la concepción misma de la didáctica como disciplina. Desde ambas perspectivas, el CDC se describe a través de: 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, en ciencias [2].

Las nuevas exigencias y retos que confluyen en la enseñanza nos ha llevado cada vez más a explorar la otra relación, de lo sicopedagógico al conocimiento didáctico del contenido, lo cual ha dado paso a la inclusión del dominio afectivo dentro del CDC. Los escasos estudios en esta vía sugiere que los buenos profesores, además de destacarse por lo cognitivo, por sus estrategias de enseñanza y su eficacia para lograr aprendizaje asertivo, también están llenos de actitudes y emociones positivas hacia sí mismos, hacia su trabajo y hacia sus alumnos [7], las cuales influyen en los procesos de enseñabilidad de los distintos contenidos en ciencias.

Convencidos del papel integral de CDC en el desarrollo profesional, diseñamos el estudio que describiremos a continuación a través del cual caracterizamos el CDC de una profesora de física de Bachillerato desde lo que declara, diseña y, hace sobre la enseñanza del campo eléctrico. Tal caracterización es un paso necesario antes de emprender cualquier programa de reflexión.

II. EL CAMPO ELECTRICO COMO EJE DE ANÁLISIS PARA EL CDC

El contenido campo eléctrico, ha sido seleccionado por las dificultades remanentes que sigue teniendo en la educación colombiana y su relevancia dentro del conocimiento físico. Aunque las investigaciones sobre la enseñanza del campo eléctrico no tratan específicamente sobre el CDC, si nos han aportado al análisis de dos de sus componentes: las ideas de los estudiantes sobre el campo eléctrico y las estrategias de enseñanza.

Las investigaciones, mencionan que una de las mayores dificultades de aprendizaje sobre el campo eléctrico se debe a las estrategias y secuencias de enseñanza empleadas. Destacan que, por lo general, el concepto de campo eléctrico se introduce como un procedimiento heurístico, “una herramienta o accesorio” para poder calcular la fuerza eléctrica sin mayor significado físico.

Una de las razones, que fundamentan esta descontextualización del concepto se debe a que aparentemente los profesores no encontramos, representaciones o situaciones electrostáticas desde las cuales se pueda aplicar el concepto de campo eléctrico. Como consecuencia la ley de Coulomb y la ley de Biot-Savart, son los únicos recursos necesarios para explicar cualquier fenómeno electrostático, y la carga eléctrica se convierte en el objeto principal a caracterizar.

Como consecuencia, el campo eléctrico es para el estudiante una idea “innecesaria, redundante y complicada” [8]. Consideramos que plantear cambios en el modelo de aprendizaje o en las estrategias de enseñanza, implica propiciar cambios en el CDC de los profesores.

III. OBJETIVO DE ESTUDIO

El objetivo general es caracterizar el CDC de una profesora de Física de Bachillerato, en Colombia, sobre el concepto Campo Eléctrico. Este objetivo general se desglosa en cinco preguntas:

- (i) ¿Cuáles son las orientaciones sobre la enseñanza de la física, y el campo eléctrico que mantiene la profesora?
- (ii) ¿Qué conocimientos posee sobre el currículo de física en Bachillerato y cómo influye en la enseñanza del campo eléctrico?
- (iii) ¿Qué conocimientos tiene la profesora sobre sus estudiantes, alrededor del aprendizaje del campo eléctrico?
- (iv) ¿Cuáles son los conocimientos sobre las estrategias instruccionales que expresa en cuanto a la enseñanza del campo eléctrico? y, finalmente,
- (v) ¿Qué conocimientos tiene sobre la evaluación en física?

IV. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló con una profesora licenciada en física, de 28 años de edad y una experiencia docente de 7 años que desarrolla su labor en una institución educativa femenina de carácter privado en la ciudad de Bogotá, Colombia. La profesora además de los conocimientos en física ha cursado asignaturas de didáctica, historia y epistemología de las ciencias y, enseñanza de la física. A pesar de llevar 7 años de experiencia docente, sólo el último año lo ha dedicado a la enseñanza en bachillerato. Sus estudiantes tienen una edad que oscila entre los 17 y 19 años y cursan el último grado de bachillerato en Colombia.

La selección de la participante se realizó entre profesores que cursaron programas de formación en la Universidad Pedagógica Nacional, y consideran que el estudio no sólo aporta datos a la investigación, sino que contribuye a su propio desarrollo profesional.

Las exigencias del objetivo de investigación nos han llevado a optar por el estudio de caso y análisis de contenido, como metodologías principales de estudio. Utilizamos a) la matriz de representación del contenido (ReCo), diseñada por Loughran, et al, [1, 9], b) un cuestionario de preguntas abiertas sobre lo que la profesora considera que son las estrategias de enseñanza en física y el papel de la planificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje; c) el material curricular utilizado por la profesora; d) la plantilla dispuesta por Pro [10] para realizar planificaciones; e) entrevista semiestructurada a la profesora y f) grabaciones de 8 sesiones de clase de 50 minutos sobre la enseñanza de la electricidad.

A. Análisis de la Información

Los datos se analizaron siguiendo un procedimiento iterativo y sistemático que incluyó procesos inductivos y deductivos. En la parte inductiva del análisis, el primer autor llevo a cabo la codificación del material. En la parte deductiva

del proceso, la información se analizó en dos etapas. La primera etapa corresponde a la codificación. El objetivo fue detectar las características generales de cada categoría mediante la triangulación de las distintas fuentes analizadas.

La segunda etapa consistió en un análisis en profundidad de los resultados de esa codificación para determinar si apoyaban nuestras interpretaciones. Los resultados se presentaron a tres investigadores expertos para confirmar la relevancia y fiabilidad de la descripción.

El esquema de codificación se basa en las categorías utilizadas en las investigaciones sobre el CDC en física y las emergentes durante el proceso de análisis. 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 [11, 12, 13].

Cada categoría, fue descrita desde dos orientaciones básicas y una intermedia: la tradicional centrada en el profesor, y la constructivista centrada en los estudiantes. Las categorías consideradas fueron: A) orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, B) conocimiento del currículo, C) conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, D) conocimiento sobre las estrategias, E) conocimiento sobre la evaluación.

La codificación se llevó a cabo siguiendo el método de análisis de contenido [14, 15] con ayuda del programa Nvivo-10. Es decir la información presente en cada instrumento después de sucesivas lecturas, fue dividido en distintas unidades de información (UI) que posteriormente fueron asignadas a cada categoría. El criterio de selección de cada UI fue el tema y no su composición lingüística.

V. 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 componentes del CDC según lo que la profesora declara, diseña y hace.

A. Orientaciones hacia la enseñanza de las Ciencias

La profesora describe el concepto de campo en sus clases atribuyéndole distintas connotaciones. Indistintamente define el campo como homólogo al espacio de interacción de las cargas eléctricas, como ente físico distinto o cómo un poderos argumento que permite justificar el por qué las fuerzas eléctricas son de carácter contiguo. La tabla 1, relaciona las distintas connotaciones que la profesora le da al campo durante sus clases. En general la descripción que plantea y ejecuta sobre la electricidad se centra más en los cuerpos más que en el campo.

TABLA I MODELOS UTILIZADOS POR LA PROFESORA EN CLASE PARA DESCRIBIR EL CAMPO ELÉCTRICO

Característica	Modelo	Función	Frec.
Campo=Espacio	Acción a Distancia	Medio de la Interacción	21
		Perturbación del Espacio	1
	Estado del Medio	Condición del Medio	2

Campo#Espacio	Agente Pasivo	Medio de la Interacción	13
		Medio por el que viaja la fuerza	1
Argumento	Agente Activo	Actúa sobre las cargas	9
	Constructo	Magnitud Vectorial	8
	Matemático	Intensidad del Campo	11
	Razón que privilegia la existencia de Fuerzas Eléctricas	Razón-Dogma	2

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 las estudiantes estén capacitadas para caracterizar cualquier situación que se les presente, y sobre todo que pueda establecer relaciones. Es consciente que todas sus estudiantes no están interesadas en aprender física. Sin embargo, su experiencia le ha mostrado que si las estudiantes ven la utilidad de lo que aprenden y están motivadas, 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. La profesora dedica un 57,75 % de sus acciones para desarrollar los contenidos conceptuales, y 41.02 % para los procedimentales (el énfasis principal es la ejecución y los ejercicios del libro de texto).

B. Conocimiento Curricular en relación con la Enseñanza del Campo Eléctrico

Para la profesora, el currículo debe mostrar una visión amplia y general de lo que es el conocimiento físico y su utilidad. El currículo de secundaria tiene como fin informar a las estudiantes, permitirle que ella misma establezca ciertas relaciones, y motivarlas 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, pero si la del libro de texto guía.

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.

La profesora describe el uso de material didáctico variado y flexible. Éste material está pensado para dar respuesta a los objetivos y sobre todo, para ser útil en el proceso de aprendizaje que deben asumir las estudiantes. No se establecen relaciones con contenidos de otras disciplinas pero si se esboza superficialmente la importancia del contenido para la



electrocinética y el análisis de la luz como onda electromagnética.

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 prerequisite 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.

C. Conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje de sus estudiantes sobre el Campo Eléctrico

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 las estudiantes, menciona como intenta conectarlas con lo que se hace en clase, sin embargo las clasifica como ideas erróneas o compatibles con las científicas. Esta consideración la hemos clasificado en una tendencia intermedia. Aunque reconoce las ideas de las estudiantes y subraya su importancia, siguen siendo errores a superar. Sin embargo esta concepción no es la que profesora declara. 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 las estudiantes se desarrollan desde múltiples experiencias dentro y fuera del aula y se integran cuando propone y ejecuta una clase. Para la profesora son estas ideas la base para el aprendizaje, las cuales intenta integrar siempre que puede en su estrategia.

En las primeras entrevistas y reflexiones con la profesora, reconoce pocas dificultades de aprendizaje sobre los contenidos. La profesora justifica su falta de conocimiento acerca de las dificultades de sus estudiantes por la falta de experiencia en la enseñanza del contenido. Sin embargo a lo largo del desarrollo de la investigación la profesora hace mención de otro tipo de dificultades cuya naturaleza hemos resumido en la tabla II.

TABLA II DIFICULTADES DE APRENDIZAJE SOBRE LA ENSEÑANZA DEL CAMPO ELÉCTRICO DECLARADAS POR LA PROFESORA

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

Las explicaciones más frecuentes sobre las dificultades de las 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 las estudiantes durante la realización de distintas tareas.

Alrededor de la participación y la motivación de forma tradicional la profesora utiliza los exámenes para motivar a sus estudiantes hacia el aprendizaje 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.

D. Conocimiento sobre las Estrategias de Enseñanza

A nivel declarativo y durante el diseño de la unidad didáctica planificada, la profesora muestra una tendencia tradicional. Esta tendencia caracteriza por el peso dado a la explicación magistral como actividad de aprendizaje, que a su vez acompaña las prácticas de laboratorio y los ejercicios de aplicación. Aunque se contemplan otro tipo de actividades, el énfasis dado siempre es el de apoyar la explicación que da la profesora a sus estudiantes.

En términos globales, sin profundizar en el tipo de actividades que se desarrollan en cada fase de la secuencia, la profesora estructura su intervención pedagógica de lo simple a lo complejo en términos del contenido, y se divide en tres etapas visibles: exploración de las ideas de las estudiantes, introducción de nuevos puntos de vista o introducción de nueva información, y aplicación.

Las estrategias de estructuración de la información y aquellas de contextualización referidas a la identificación de ideas previas, son utilizadas de forma espontánea durante las sesiones. La evocación que la profesora realiza al principio de la unidad no se utiliza de nuevo durante el resto de las sesiones de clase. El resto de preguntas se centra en el carácter vectorial del campo, su representación y suma por el uso del principio de superposición..

Los procesos de validación más utilizados por la profesora se representan en la figura 1. Una vez la profesora ha terminado de informar, pregunta a sus estudiantes si tienen algún conocimiento sobre lo que se ha descrito. Las estudiantes responden y la profesora valida. La validación no es una retroalimentación a la respuesta de la estudiante, sólo una confirmación. El proceso se repite hasta que la profesora considera que las estudiantes tienen la información necesaria para continuar con las explicaciones de la clase.

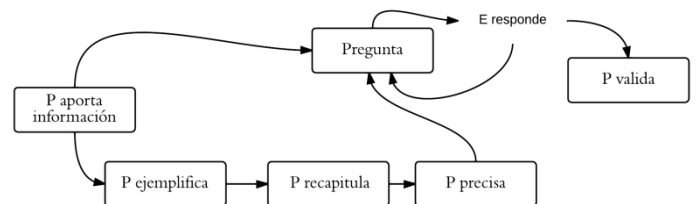


Figura 1. Validación en el Aula



Las actividades que propician las asimilaciones de los contenidos son las más frecuentes, seguidas de aquellas actividades de aplicación. Le siguen, las que buscan que las estudiantes comuniquen sus respuestas, expresadas en una única actividad, responder a preguntas cortas antes y después de una explicación. Aquellas que propician una diversidad de opiniones o la anticipación sobre la descripción de distintos fenómenos, y la concreción de hipótesis surgen de forma espontánea durante el desarrollo de la clase, y son propiciadas por el tipo de preguntas que realiza la profesora, las cuales no han sido planificadas

En cuanto a las formas de representar los contenidos, todas las ilustraciones utilizadas se centran en representaciones del campo en términos vectoriales o de las líneas de fuerza. Las representaciones que utiliza no difieren de las planificadas. Son todos dibujos esquemáticos en algunas ocasiones acompañadas del lenguaje simbólico.

E. Conocimiento sobre la Evaluación dentro de la enseñanza del Campo eléctrico

La tendencia tradicional destaca por presentar la finalidad de la evaluación como algo que sólo se hace para cumplir con una exigencia administrativa, y cuya función es comprobar qué pueden hacer las estudiantes con los conceptos que se citaron durante las clases. De alguna manera se asume que los puntos de partida y llegada, para todos las estudiantes, son más o menos el mismo.

El objeto de la evaluación es lo que se enseña, medido a través del nivel de comprensión que demuestra, la capacidad de aplicar lo aprendido y de evaluar las situaciones que se proponen, muy en concordancia con los objetivos que se proponen. Sin embargo, no ha sido punto de análisis el tipo de ambigüedades entre el tipo de tareas o actividad usadas para evaluar y la concordancia con los objetivos que se plantean al evaluar.

Los instrumentos de evaluación son preguntas abiertas, cerradas de selección múltiple y ejercicios. Se privilegia aquellas con una estructura similar al examen externo o de selectividad (pruebas saber 11), de tal forma que la evaluación se convierte en pequeños simulacros para esta gran prueba. Define la dificultad de la evaluación por la actitud de las estudiantes en clase, de tal forma que la evaluación se convierte en un medio de castigo para aquellos grupos que se portan mal y premio para aquellos que se portan bien.

La tendencia intermedia se caracteriza más que por las propias concepciones de la profesora, por las exigencias curriculares que estima la institución y condicionan la forma de actuar de la profesora. La profesora debe evaluar cualquier contenido de su asignatura siguiendo tres habilidades llamadas: conceptual, representación y resolución de problemas, fijadas desde su departamento de ciencias.

Aunque no especifica las estrategias e instrumentos esenciales utilizados para evaluar cada habilidad, si menciona que no dista de la forma ordinaria como evaluaba antes de ingresar a esta institución educativa. El proceso de evaluar habilidades ha sido un ejercicio de traducir sus ideas anteriores sobre la evaluación en los nuevos parámetros, sólo que ahora es

consciente a la hora de dividir el tipo de preguntas o ejercicios que plantea y la intención general que perciben.

Las pocas unidades asignadas a la tendencia constructivista, se agrupan en las ideas que la profesora expresa sobre la calificación. Estas descripciones son aquellas realizadas de forma general y no son específicas sobre la enseñanza del campo eléctrico. Al respecto se dice:

- El sistema de las notas/la valoración que realiza no reflejan el aprendizaje de las estudiantes y lo realizado en clase
- La profesora considera que es posible establecer otras estrategias para definir la naturaleza de la nota de sus estudiantes. (no sabe cuál)
- Las notas enmarcan a las estudiantes, las encasillan
- Se asigna una nota porque necesidad social
- Los resultados de las evaluaciones son peores cuando las estudiantes tienen a adivinar

VI. 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:

1) 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.

2) 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.

3) 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 las 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.

4) La estrategia de enseñanza que presenta el profesor refuerza la idea de que la matemática es una herramienta para la física, por lo tanto la 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 [18].

5) Sus ideas sobre aprendizaje no se reflejan en cómo valora las distintas evaluaciones y los criterios que selecciona para definir la dificultad de las estrategias de evaluación.

AGRADECIMENTOS

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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Loughran, P. Mulhall, and A. Berry, "In Search of Pedagogical Content Knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice", *J. Res. Sci. Teach.*, vol 41, pp.370-391, 2004.
- [2] S. Magnusson, J. Krajcik, and H. Borko, in *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*, edited by J. Gess-Newsome and N. G. Lederman (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999), pp. 95-133
- [3] L.S. Shulman, "Those who understand: Knowledge growth in teaching". *Educ. Res.*, vol 15, pp. 4-14, 1986
- [4] E. Etkina, "Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers". *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, vol 6, pp. 010108-1-26, August 2010
- [5] M. Sperandio-Mineo, M.C. Capizzo, L. Lupo, G. Monroy, S. Lombardi, and I. Testa, "Pedagogical content knowledge as a tool to understand and develop teachers' competences". *Quaderni di Ricerca in Didattica (Science)*, vol 1, pp.1-16, 2010
- [6] P. Nicholson, "Teachers, Turtles, and Gravity," *Eurologo 2001 a Turt. odyssey Proc. 8th ...*, 2001.
- [7] A. Garritz, "Pedagogical content knowledge and the affective domain of scholarship of teaching and learning". *International Journal for the scholarship of Teaching and Learning*, vol 4, pp. 1-6, 2010
- [8] J. Martín, and J. Solbes, "Design and evaluation of a proposal for teaching the concept of field in physics", *Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto campo en física. Enseñanza de las Ciencias*, vol 19, pp.393-403, 2001
- [9] J. Loughran, A. Berry, and P. Mulhall, *Understanding and Developing Science Teacher Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers, 2006
- [10] A. De Pro A de Pro, "Planning of teaching units for teachers: analysis of types of learning activities". *Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza. Enseñanza de las ciencias*, vol 17, pp.411-429, 1998.
- [11] M. P. Jimenez Alexandre in *Didactics of Experimental Sciences. Theory and practice of science education. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las Ciencias*, edited by F.J. Perales, y P. Cañal (Eds.) (Ed. Marfil. Alcoy, Spain, 2000) pp.165-186
- [12] R. Martín del Pozo and A. Rivero, "Building professionalized knowledge for teaching science in secondary education: Professional research areas in initial teacher training". *Construyendo Conocimiento Profesionalizado para Enseñar Ciencia en la Educación Secundaria: Los ámbitos de Investigación Profesional en la formación Inicial del Profesorado. Rev. Interuni. Form. Prof.*, vol 40, pp.63-79, 2001
- [13] R. Porlán, R. Martín del Pozo, A. Rivero, J. Harres, P. Azcárate, and M. Pizzato, "Change in science teachers II: Itineraries of progression and obstacles in student primary teachers", *El cambio del profesorado de ciencias II: Itinerarios de progresión y obstáculos en estudiantes de magisterio. Enseñanza de las ciencias*, vol 29, pp.353-370 (2011)
- [14] L. Bardin, *Content Analysis. El análisis de contenido*. Madrid: Akal, 1986
- [15] E. Solís, R. Porlán, and A. Rivero, "How Do the curricular knowledge of science teachers and their evolution represent?,". "¿Cómo representar el conocimiento curricular de los profesores de ciencias y su evolución?,". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, pp. 9-30, 2012.
- [16] L.V. Melo, F. Cañada, V. Mellado, M. Díaz, "Electric field teaching from the initial characterization of pedagogical knowledge content of a middle school teacher", *Revista Cubana de Física*, vol 28, August 2011

