

Capítulo 6

Una Hipótesis de Progresión sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido respecto a las actividades de enseñanza asociadas al campo eléctrico

Jaime Duván Reyes Roncancio

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

jdreyesr@udistrital.edu.co

Carmen Alicia Martínez Rivera

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

carmenaliciamartinezrivera@gmail.com

Resumen

Este capítulo presenta algunos resultados del trabajo de tesis doctoral sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido de profesores de física en formación inicial, para el caso de la enseñanza del campo eléctrico. Se exponen los referentes conceptuales que permitieron la construcción de una Hipótesis de Progresión asociada a la didáctica del campo eléctrico, con base en cuatro niveles de formulación: a) Nivel acrítico, b) Nivel reflexivo lógico, c) Nivel innovador y d) Nivel reflexivo integral. Este proceso incluyó el desarrollo concreto de las siguientes categorías para cada: tipos de actividades, fuentes, carácter, enfoque pedagógico y enfoque epistemológico.

El Conocimiento Didáctico del Contenido

El programa del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) –traducción del inglés del término Pedagogical Content Knowledge (PCK)– tiene sus orígenes en la propuesta de Shulman (1984) al referirse a las fallas de los estudios sobre la cognición del profesor y señalar que las falencias de este campo de investigación están en no dilucidar «la comprensión cognitiva del contenido de la enseñanza por parte de los enseñantes; y de las relaciones entre esta comprensión y la enseñanza que los profesores proporcionan a los alumnos» (Shulman, 1986 en Wittrock,

1997, comp., p. 65). En este sentido, Shulman destaca tres tipos de conocimiento de contenido: a) el conocimiento de la materia, es decir el conocimiento de la ciencia que se enseña, lo que constituye su comprensión como especialista en un campo, b) el conocimiento pedagógico, que consiste en el conocimiento tanto de la psicología del aprendizaje como de los factores propios de aprendizaje asociados a la ciencia que se enseña, donde se pueden formular preguntas como ¿cuáles son los tipos de problemas de física que tienen mas dificultad o «aparecen con mas frecuencia»? o ¿cuáles son los principios físicos que se comprenden menos?, y c) el conocimiento curricular, relacionado con el conocimiento de la administración y organización del conocimiento para la enseñanza.

En su trabajo, Shulman propone que el contenido del conocimiento del profesor debe involucrar también el CDC, entendido como un conocimiento que «va más allá del conocimiento de la materia per se» (p. 9) y que se refiere a:

los temas más comunes que se enseñan en un área, las formas más útiles de representar las ideas asociadas a tales temas, las más poderosas analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones. En pocas palabras, las formas de representar y formular los temas de manera que sea comprensible para los demás (p. 9).

El CDC también incluye una «comprensión acerca de lo que hace difícil o fácil el aprendizaje de temas específicos: las concepciones y preconcepciones de los estudiantes» (p. 9). En este sentido, en el presente documento se reconoce que el análisis del CDC del profesor de física (Reyes, 2010) involucra la investigación de los siguientes componentes: a) su conocimiento sobre el contenido conceptual, procedimental y actitudinal, b) su conocimiento acerca de la perspectiva de orientación pedagógica en el tratamiento de las ideas de sus estudiantes, c) su conocimiento sobre la evaluación, y d) su conocimiento sobre las Actividades de Enseñanza, siendo este último el componente objeto de estudio en el presente documento.

Un análisis de las tendencias del CDC en la formación de profesores de física

En lo que sigue se exponen los fundamentos teóricos e investigativos sobre este componente del CDC para luego visibilizar la construcción de una Hipótesis de Progresión asociada al caso específico de la enseñanza del campo eléctrico en la educación media.

Las actividades de enseñanza

Las actividades que el profesor diseña y efectivamente desarrolla, forman parte de su CDC. Así, tanto lo que se planea para que los estudiantes realicen, como las acciones y decisiones que el profesor asume en la enseñanza interactiva, se constituyen en actividades características de su CDC, las cuales, generalmente están asociadas a la determinación de tareas de clase, actividades teórico-experimentales, organización de situaciones, problemas y ejercicios en relación con propósitos de enseñanza.

Al respecto, Driver & Oldham (1986) consideran que es a través de las actividades que se debería pensar y vivir el currículo, en lugar de darle tanto énfasis a los objetivos y contenidos conceptuales. La importancia de esta propuesta radica en considerar que el enfoque, con el que se piensen y se desarrollen las actividades, evidencia la relevancia dada por el profesor a cada uno de los componentes del currículo. Adicionalmente, conviene anotar que un listado de actividades inconexas tampoco es garantía de aprendizajes significativos. En este sentido, Sanmartí (2000) advierte que la *interacción* le es inherente a la planeación y secuenciación de las actividades en clase, sugiriendo considerar esta potente idea en una triada que relaciona *el profesorado, el material didáctico, y el alumnado*, en cuyo centro se encuentra el «conjunto de actividades». Un aspecto adicional aquí es que la finalidad didáctica de las actividades permite estar pendiente de la coherencia entre lo diseñado y lo ejecutado.

Así, una sola actividad también adquiere un carácter polisémico al responder a diferentes objetivos de enseñanza. Se revela entonces que la organización y secuenciación de actividades tiene estrecha relación con el modelo de aprendizaje que el profesor tenga. Así, en un enfoque transmisivo, son coherentes actividades que evidencien acciones repetitivas no reflexionadas, lecturas y desarrollo memorístico inconexo, explicaciones de los estudiantes sobre temas anteriormente informados y «experiencias de tipo demostrativo» (Sanmartí, 2000, p. 255). En este caso los criterios de organización y secuenciación de actividades responden a miradas acumulativas y lineales de los contenidos, y en general se acompañan de posturas ideológicas que no discuten las organizaciones de las actividades de los libros o las guías de trabajo.

Por otro lado, en un enfoque constructivista son coherentes actividades que revelen procesos de reflexión sobre las acciones e ideas en los estudiantes, es

decir, actividades que promuevan procesos metacognitivos regulatorios en las formas de pensar y actuar propios de los estudiantes. Aquí, el centro de promoción de actividades no necesariamente está en el profesor sino en la interacción con el estudiante y sus reflexiones sobre las acciones y pensamientos. No habría entonces una lista o secuencia única de actividades, sino más bien una propuesta desde una perspectiva de construcción conceptual que requerirá –y le será propio– cambios y adecuaciones en el proceso de implementación. Las actividades de este enfoque, a juicio de Sanmartí, deben destacar la expresión de las ideas de los estudiantes, así como posibilitar su contrastación con la experiencia y las ideas de los compañeros; también deben propiciar el «establecimiento de nuevas interrelaciones, la toma de conciencia de los cambios en los puntos de vista, etc.» (p. 255).

Sanmartí (2000) propone para la selección y secuenciación de actividades cuatro grandes rasgos, a saber:

1. «Actividades de iniciación, exploración, de explicitación, de planteamiento de problemas o hipótesis iniciales» (p. 255), que consisten en actividades de apertura a las representaciones iniciales del objeto de estudio por parte de los estudiantes. En este sentido, conviene que tengan en cuenta sus vivencias e intereses, para así ser lo suficientemente potentes y motivarlos a poner en juego sus sistemas de ideas en una perspectiva constructivista. Estas actividades se asocian a los procesos de detección de ideas previas, utilizados por los profesores como punto de partida para abordar explicaciones y acciones en el aula.
2. «Actividades para promover la evolución de los modelos iniciales, de introducción de nuevas variables, de identificación de otras formas de observar y de explicar, de reformulación de los problemas» (p. 256), y consisten en actividades que buscan la contrastación de ideas entre los estudiantes por medio del trabajo experimental, el análisis de situaciones, el uso de explicaciones analógicas, etc., con el propósito de revisar sus propias creencias o ideas sobre un objeto de estudio.
3. Se evidencia aquí un supuesto estilo hipótesis de progresión (García, 1998) en el sentido de organizar posibles formas de entender tanto los obstáculos como los grados de abstracción inherentes a un concepto específico. Es decir, el profesor puede ayudarse de una hipótesis de progresión en la medida en que esta plantee niveles de progresión en relación con actividades que propician la reflexión en los estudiantes, el enriquecimiento de sus sistemas de ideas y la movilidad hacia nuevas formas de comprender un fenómeno.

4. «Actividades de síntesis, de elaboración de conclusiones, de estructuración del conocimiento» (p. 256), que consisten en proponer la actividad de los estudiantes asociada a sus propios procesos de reflexión sobre lo que sabe. En una perspectiva transmisionista (o de falso constructivismo) esta síntesis la hace siempre el profesor, como sujeto que organiza sus conocimientos y los sintetiza en discursos, diagramas, cuadros, etc. En una perspectiva constructivista, son los estudiantes quienes sintetizan lo que saben y por ello se insiste en actividades que promuevan la explicitación de sus ideas, la reflexión sobre sus formas de pensar y su contrastación con situaciones experimentales propuestas por el profesor o por los mismos estudiantes. Asociadas a estas actividades, se encuentran las representaciones que los estudiantes puede hacer por medio de mapas conceptuales, diagramas, modelos matemáticos, resúmenes, cuadros sinópticos, etc.
5. «Actividades de aplicación, de transferencia a otros contextos, de generalización» (p. 257), que consisten en extrapolar las nuevas formas de razonar o actuar frente a nuevas situaciones, que en principio deben ser más complejas que las iniciales. La utilización de las formas de razonamiento nuevas permite a los estudiantes aprender y evolucionar en el aprendizaje. Se pueden organizar pequeños proyectos o trabajos de investigación originales. Usualmente las actividades de aplicación son entendidas desde un enfoque transmisionista como actividades repetitivas de lo aprendido que, en cierto sentido, contribuyen a una mecanización de las tareas en la clase. Pueden ser ejemplo de estas las *semanas de la ciencia* en las que los estudiantes reproducen esquemas o modelos trabajados en clase o que en ciertas ocasiones son realizados por otros, menos los que estuvieron en las clases. Desde un enfoque constructivista, estas tareas y actividades de mini proyectos deben ser generadas en conjunto con el profesor y deberán propiciar nuevos procesos de aprendizaje.

Con todo, esta perspectiva sobre las actividades en relación con la finalidad didáctica propone explícitamente transitar de lo simple a lo complejo. Ahora bien, Cañal (2000) plantea que el estudio de las tareas permite el análisis de los contenidos y aquellas resultan de las interacciones que se dan en el sistema del aula. Las actividades forman secuencias de enseñanza y también son muestra de las interacciones del aula como sistema donde, adicionalmente, se considera que las secuencias tienen una finalidad didáctica. En la propuesta de Cañal se aprecia una visión sistémica del trabajo del aula, donde los elementos se van definiendo por sus cambios, interacciones y formas de organización. Se hace interesante aquí que las estrategias de enseñanza son ubicadas como proyecciones de la organización y también tienen una finalidad didáctica. En este sentido, propone tres tipos principales de actividades de enseñanza:

Tipo 1. Actividades dirigidas a movilizar información: en donde se utilizan contenidos a partir de fuentes de información como el profesor, el libro de texto, medios audiovisuales, el medio sociocultural y diversas fuentes.

Tipo 2. Actividades dirigidas a organizar y transformar información: en donde se desarrollan los procesos de organización de contenidos (ordenar, clasificar y transformar), estructuración de contenidos, planificación de procesos y evaluación de procesos.

Tipo 3. Actividades dirigidas a expresar información elaborada por los alumnos (resultados): en donde se requiere considerar la expresión oral, escrita, por medios audiovisuales y por otras vías (p. 222).

Este modelo es una aproximación teórica que brinda una visión organizada no solo para la revisión de unidades didácticas, sino para la valoración de las mismas, ya que su propuesta incluye la indagación por el desarrollo de estas mediante protocolos de observación en un enfoque cualitativo de investigación.

En particular, para el caso de la enseñanza de la física, Pro y Saura (2000) proponen una secuencia de actividades para la enseñanza de las ondas considerando las siguientes fases:

1. Orientación, en donde el profesor propone interrogantes o situaciones para que los estudiantes expliciten lo que piensan. Estas situaciones deben considerar los intereses de los estudiantes y las conexiones con los temas tratados en clase.
2. Construcción de aprendizajes, en donde los estudiantes son inquiridos acerca de procesos como la observación, la diferenciación, el debate de ideas, la justificación, la identificación, la síntesis, la elaboración de modelos, el análisis, etc.
3. La aplicación, donde los estudiantes contrastan sus ideas con situaciones nuevas.
4. Revisión, donde se solicita la explicitación de los cambios producidos y de sus relaciones con la secuencia de enseñanza.

El campo eléctrico en la formación de profesores

Etkina (2010) desarrolla la propuesta de actividades de enseñanza en el marco del CDC para profesores de física en formación. Estas actividades se entienden como el «conocimiento de estrategias efectivas de enseñanza» (p. 020110-2) a partir de dos criterios clave:

1. La organización de los múltiples métodos o de secuencias específicas de actividades que propician un aprendizaje más exitoso en los estudiantes.
2. *La habilidad para elegir la estrategia más productiva o modificar una estrategia para un grupo de estudiantes o para sujetos particulares* (p. 020110-3).

Así, la propuesta de Etkina destaca la importancia de la secuenciación en relación con la idea de eficiencia en el aprendizaje, como forma indirecta de medirla, y la asocia con la idea de habilidad en la selección o cambio de estrategias, aspecto que se encuentra unido fuertemente a las decisiones de la clase, que están ligadas también a las características de los estudiantes o del grupo. Al respecto, Etkina y Van Heuvelen (2006) organizan su propuesta de enseñanza de la física basados en la perspectiva de *sistema de aprendizaje activo orientado a procesos*, en donde asumen que los estudiantes «aprenden fácilmente física cuando activamente observan, explican, prueban, representan y evalúan explicaciones de fenómenos físicos que ellos encuentran en las experiencias cotidianas» (p. 5). Desde este enfoque, las actividades pretenden ayudar a los estudiantes a «desarrollar habilidades cognitivas y procesos científicos específicos para el aprendizaje y la aplicación de conceptos» (p. 5). Las categorías de Etkina y Van Heuvelen (2006) son:

1. **La construcción y prueba cualitativa de conceptos - El razonamiento conceptual.** Para cada situación representar la fuerza sobre una masa o carga de prueba (gravitacional o eléctrica) en el punto del espacio dado.
2. **La construcción y prueba cuantitativa de conceptos.** Analizar la interacción entre cargas y masas –gravitacional y eléctrica, transición de acción a distancia a campo gravitacional en el caso de la Tierra, actividad con electroscopio– (describir, dibujar y explicar usando la idea de campo eléctrico).
3. **El razonamiento cuantitativo.** Calcular el campo eléctrico E , dibujarlo y traducirlo. Simplificar, representar físicamente, representar matemáticamente, resolver y evaluar.

Otro llamado al constructivismo

Martín y Solbes (2001) en su propuesta alternativa para la enseñanza del campo, se basan también en un enfoque constructivista y recogen tareas y actividades asociadas a la «formulación y resolución de problemas abiertos, emisión y contrastación de hipótesis» (p. 396); en concreto distinguen productos de la investigación didáctica en relación con la «resolución de problemas, los trabajos prácticos,

la evaluación de conocimientos, las interacciones ciencia-técnica-sociedad» (p. 396). Estos autores destacan una revisión bibliográfica de las estrategias que la literatura investigativa muestra en consonancia con las problemáticas de los estudiantes en la comprensión del concepto de campo. En especial mencionan los trabajos de Watts (1982), Domínguez y Moreria (1988), Nardi y Carvalho (1990), Furió y Guisasola (1993), Galili (1993, 1995), Nardi (1994), Meneses y Caballero (1995), Bar, Zinn y Rubin (1997), Sneider y Ohadi (1998); Cudmani y Fontdevilla (1989), investigaciones que ponen de manifiesto la necesidad de emprender tareas o actividades de enseñanza enfocadas a considerar las visiones epistemológicas subyacentes, en particular las de corte mecanicista que tienen un peso bastante grande en las explicaciones (no reflexivas) de la interacción eléctrica. Sugieren también que los programas de formación contribuyen con este enfoque y, por lo tanto, las actividades y tareas alternativas deben considerar esta realidad para implementar nuevas estrategias de formación.

La propuesta de Martín, J. y Solbes se enmarca en un «modelo de enseñanza-aprendizaje basado en ideas constructivistas, que prima aspectos propios de la actividad científica (formulación y resolución de problemas abiertos, emisión y contrastación de hipótesis...)» que concibe el aprendizaje como una construcción de conocimientos por parte del alumno con las características de una investigación dirigida por un experto, el profesor, configurando lo que se ha denominado una metodología de aprendizaje por investigación dirigida y que se concreta en la propuesta de programas de actividades (Gil et ál., 1991, 1999, p. 396).

El «*programa de actividades*» de Martín y Solbes (2001) se encuentra orientado desde dos ejes fundamentales, el primero consiste en validar una aproximación temprana del concepto de campo eléctrico desde una perspectiva cualitativa en la que parece, se pretende involucrar a los estudiantes en contextos reales y simples, en donde la relación ciencia-técnica-sociedad se pone de manifiesto por medio, y el segundo, consiste en:

[hacer una] presentación del campo como agente de la interacción, dotado de realidad física, de energía y de momento, con existencia propia independiente de la fuerza, de forma que el alumno comprenda su necesidad, lo que nos lleva a no establecer dicotomía entre situaciones estáticas y crono dependientes y a prevenir la asociación entre energía y partícula mediante la clarificación de los aspectos energéticos en aquellas situaciones en las que interviene el campo (p. 396).

Estos dos ejes se articulan por medio de tareas y actividades concretas para desarrollar con los estudiantes, advirtiéndoles que asumen la propuesta de Galili (1995) sobre actividades en las que se toman referentes de la atracción gravitatoria por ser estos más de uso común para los estudiantes. Un resumen de las actividades propuestas por Martín y Solbes (2001) se muestra en la tabla 1.

Por último, conviene mencionar que en la base de la propuesta de actividades de Martín y Solbes (2001) se encuentran enfoques del tratamiento de los contenidos conceptuales en donde, tal como se ha mencionado, se busca contribuir en la comprensión del campo eléctrico desde dos perspectivas:

1. Perspectiva cualitativa con pretensiones de cuestionar la idea de que una partícula pueda afectar a otra en la distancia.
2. Perspectiva cuantitativa asociada a un enfoque histórico donde se extrapola el caso gravitatorio al de las interacciones eléctricas y a las magnéticas, con la pretensión de reconocer los problemas de la interpretación mecanicista y la necesidad de la idea de campo.

Tabla 1
Actividades propuestas por Martín y Solbes (2001)

ACTIVIDADES			
	Estudio de la interacción gravitacional, y su relación con la eléctrica y la magnética.	Introducción de aspectos energéticos en situaciones donde hay campos.	Interaccionen cts.
Nivel Elemental	<p>Actividad. La idea newtoniana de acción a distancia entre los cuerpos presenta una serie de dificultades que no pasaron desapercibidas al propio Newton. Indica alguno de dichos problemas.</p> <p>Actividad. ¿Cómo tendrá lugar la interacción entre dos masas distantes entre sí?</p> <p>Actividad. ¿Cómo interpretarías el hecho de que la carga q «note» (indica en qué sentido se utiliza ese verbo) la existencia de otra carga Q situada a una determinada distancia? Es decir, ¿cómo tendrá lugar la interacción entre cuerpos cargados distantes entre sí?</p>	<p>Actividad. Cuando un cuerpo cae libremente se suele decir que «la energía potencial que el cuerpo posee en el punto más alto se va transformando en energía cinética». Justifica la corrección de esta expresión.</p>	<p>Otras aplicaciones de la electrostática que podemos poner como ejemplo son la fotocopiadoras y el proceso de xerografía. Busca en la bibliografía adecuada cómo funcionan estos elementos técnicos y explica su funcionamiento a raíz de lo que ya sabemos sobre cargas eléctricas.</p>

<p>Nivel Superior (Bachillerato)</p>	<p>Actividad. La idea newtoniana de acción a distancia entre los cuerpos presenta una serie de dificultades que no pasaron desapercibidas al propio Newton. Indica alguno de dichos problemas.</p> <p>Actividad. La experiencia de Oersted pone de manifiesto que las fuerzas entre una corriente y una aguja magnética no van dirigidas según la línea de unión entre ambos cuerpos. ¿Implica esto alguna ruptura con la imagen newtoniana de las acciones a distancia?</p> <p>Actividad. ¿Cómo tendrá lugar la interacción entre dos masas distantes entre sí?</p> <p>Actividad. ¿Cómo interpretarías el hecho de que la carga q «note» (indica en qué sentido se utiliza ese verbo) la existencia de otra carga Q situada a una determinada distancia? Es decir, ¿cómo tendrá lugar la interacción entre cuerpos cargados distantes entre sí?</p>	<p>Actividad. La energía potencial E_p que podemos introducir siempre que tengamos un campo, ¿dónde puede considerarse localizada?</p>	
--------------------------------------	--	---	--

Nota: Actividades propuestas por Martín y Solbes (2001) para la enseñanza alternativa del campo en física.

La representación como actividad en el aula: flechas, vectores y líneas

Para este caso Törnkvist, Peterson y Transtrômer (1993) señalan que si bien no es algo nuevo detectar dificultades de comprensión sobre los vectores como entidades matemáticas, así como las subsecuentes representaciones de diferentes conceptos físicos, una alternativa para la enseñanza de campo eléctrico podría considerar el trazado de flechas de diferente tamaño, así como la necesidad de acudir a representaciones integrales de las cantidades físicas asociadas, llamando la atención sobre la importancia de la «secuencia jerárquica de los conceptos (carga geometría-campo línea-fuerza vector (-vector velocidad- trayectoria)» (p. 338), dado que a su juicio este aspecto «no se ha entendido completamente»

(p.338). Este proceso se constituye relevante en el marco del CDC del profesor de física por cuanto las actividades de representación propias de su labor o las asignadas o construidas por sus estudiantes pueden enriquecerse. En este punto Arons (1990) sugiere considerar la bondad de representar las felchas con colores diferentes en relación con las cantidades físicas.

Actividades de enseñanza en libros de texto

El análisis del contenido de algunos libros de texto en física para la media vocacional (Zalamea y otros, 2001; Morales e Infante, 2005; Zitzewitz, Neff, Davids, 1995; Hewitt, 1999; Villegas & Ramírez, 1998; Giancoli, 1998), en lo que respecta a la electricidad y más específicamente al campo eléctrico, evidencia una tendencia mayoritaria a sugerir la realización de ejercicios de lápiz y papel como actividad principal. Estos ejercicios se plantean para entrenar en el análisis de aplicaciones de la ecuación de intensidad de campo eléctrico ($E=F/q$) y la ley de Coulomb, principalmente, para luego revisar la ecuación del potencial eléctrico. Muy pocos de estos libros sugieren actividades desde enfoques alternativos al seguimiento lineal de las actividades, por el contrario se asocia el concepto de campo con la representación vía líneas de campo, sin mediar procesos de indagación o situaciones experimentales que inviten a elaborar argumentaciones o representaciones de este tipo. Lo que hace la mayoría de estos textos es presentar las líneas de fuerza como representaciones ya elaboradas del campo, resultado de lo cual el estudiante deberá asumirlas como verdaderas y, por ende, aprenderlas para cada tipo de distribución de cargas en concordancia con el signo de la carga eléctrica. Son, por lo tanto, actividades cerradas en las que los estudiantes deben asumir al campo eléctrico como las líneas de fuerza, o que invitan a considerarlo desde representaciones bidimensionales tan solo a lo largo de las líneas de fuerza que se dibujan. La idea de actividad cerrada también tiene que ver con situaciones asociadas a la solución de ejercicios de lápiz y papel con única respuesta y único procedimiento. Aspecto que se puede revisar también en el tratamiento que algunos libros de texto dan a los ejercicios de ejemplo.

A modo de síntesis del marco teórico presentado, se distinguen los siguientes aspectos:

1. La necesidad de considerar una progresión de actividades en relación con una perspectiva que trascienda el transmisionismo y considere los aportes de los estudiantes, pero que pueda tener un carácter integrador.

2. La consolidación de actividades que consideran los contenidos conceptuales en relación con las actitudes y las habilidades sociales.
3. El involucrar las actividades de orden procedimental asociadas a la discusión de las rutinas o protocolos tradicionales como guías pre establecidas.
4. La idea de considerar las actividades de los estudiantes como fuente principal de una perspectiva innovadora.
5. La relación entre las actividades y las perspectivas epistemológicas asociadas al campo eléctrico, en particular aquellas que diferencien la acción a distancia con las acciones contiguas.
6. La idea de experimentar para repetir, replicar y comprobar, propia de un enfoque más bien de orden transmisionista, se corresponde con una mirada acumulativa-lineal del tratamiento de los contenidos.
7. La consideración de enfoques reflexivos de orden integrador que involucren los intereses de estudiantes y profesor, puede mediar las actividades en la clase de física.

Una Hipótesis de Progresión sobre el CDC en torno a las actividades de enseñanza

El concepto de hipótesis de progresión tiene como fundamento un criterio de organización, secuenciación y jerarquización de los contenidos escolares. En este sentido, García (1998) propone a la hipótesis de progresión en relación con «dimensiones y categorías meta disciplinares relativas a la transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo» (p. 154). La organización tiene en cuenta criterios psicológicos, sociológicos y epistemológicos, de manera que «el conocimiento escolar se entiende como un conocimiento organizado y jerarquizado, procesual y relativo, como un sistema de ideas que se reorganiza continuamente en la interacción con otros sistemas de ideas» (García 1998, p. 151).

Este enfoque de uso de niveles para «una organización dinámica del conocimiento escolar, mediante propuestas de transición de unos niveles u otros» (García, J. 1998, p. 151) se utiliza en el presente documento, considerando de manera similar una propuesta estructural de CDC del profesor de física en formación inicial.

En este sentido, se presenta aquí una organización de la hipótesis de progresión sobre el conocimiento de las actividades de enseñanza del campo eléctrico.

Los niveles de formulación (Reyes y Martínez, 2011) que se utilizan son:

- A. Acrítico (no reflexivo, donde el cdc se asimila con el transmisionismo).
- B. Reflexivo lógico (donde el cdc se construye por imitación de propuestas de terceros).
- C. Innovador (donde el cdc se construye en oposición al transmisionismo, pero centrado en el interés de los estudiantes, los componentes tienen esta orientación focalizada).
- D. Reflexivo integral (donde el cdc se construye en la integración de los componentes).

Esta hipótesis de progresión que se construye aquí, no se concibe en estricto como la única forma de referenciar la evolución del cdc del profesor de física, sino más bien como una manera de comprender su complejidad a partir de los niveles de formulación establecidos (Reyes y Martínez, 2011). En este sentido Porlán y Rivero (1988) señalan que la hipótesis de progresión no es una camisa de fuerza en la que los sujetos no tienen más posibilidades que seguir caminos lineales en la construcción de su conocimiento, por el contrario, su carácter flexible la hace cambiante, es decir, reformulable; al fin y al cabo hipótesis como entramado de elementos y relaciones que constituyen el conocimiento, para este caso, el cdc.

El Nivel de formulación acrítico

En este nivel (figura 1) la perspectiva acrítica se vislumbra en la medida en que el interés del profesor se centra en que los estudiantes desarrollen conceptos en un sentido nominal, basado en la repetición y el seguimiento de instrucciones. Asimismo, validar como fuentes únicas los libros de texto y su experiencia de aprendizaje universitario, sin mediar transformación didáctica consistente con la enseñanza en el bachillerato, situación que también se revela al no explicitar una perspectiva epistemológica sobre el campo eléctrico que valide diferencias paradigmáticas entre la acción a distancia y el campo como formas explicativas de los fenómenos eléctricos.

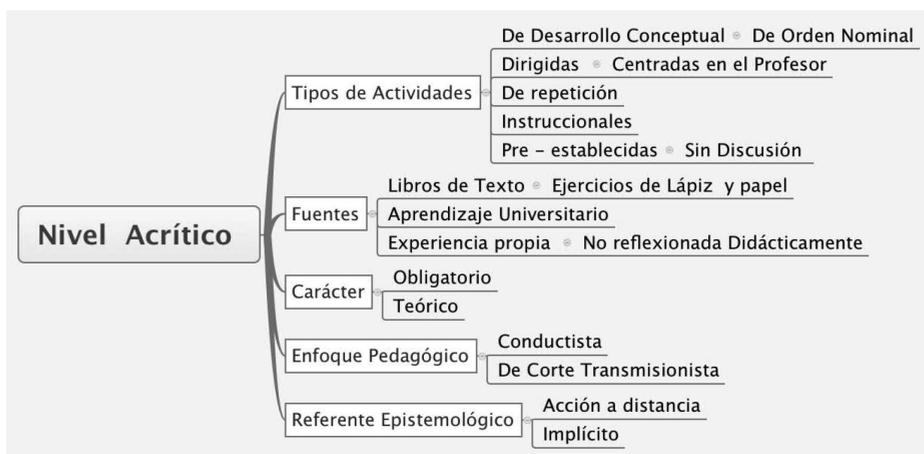


Figura 1. Nivel de formulación acrítico

Las actividades, por tanto, no se discuten con los estudiantes, por el contrario se asignan para resolver, asumiendo una pedagogía conductista que valida el transmisionismo como manera de aprender. Así, un docente que desarrolla su clase de forma tradicional, donde la única actividad que está presente es el brindar teoría a través del tablero, y el papel de los estudiantes consiste en consignar dicha información en su cuaderno, pertenece al nivel acrítico; básicamente en el aula de clases no hay actividades procedimentales, no hay actividades en equipo o que promuevan la creatividad. Las actividades de los libros de texto son obligatorias y fundamentalmente son el desarrollo de problemas que están allí propuestos. Las actividades están estructuradas y previamente organizadas, por lo que no hay espacio para tener en cuenta las ideas de los estudiantes.

El Nivel de formulación reflexivo lógico

La perspectiva reflexiva de orden lógico está asociada con la selección y ejecución de actividades atadas a la validación de desarrollos conceptuales a partir de la interpretación de las definiciones del mundo de la electricidad, ya sea de los libros de texto o de las guías de laboratorio. En este sentido hay un nivel de complejidad respecto al nivel acrítico por cuanto se permitiría como actividad que los estudiantes eventualmente discutan con el conocimiento físico, sin embargo esta apertura se vincula con un falso constructivismo interpretativo, pues en general lo que se hace es obedecer las instrucciones del profesor.

Ahora bien, en este nivel se incluyen las actividades de corte procedimental, principalmente asociadas al desarrollo de laboratorios, los cuales también son obligatorios y obedecen a una perspectiva didáctica que valida la teoría como fuente de la práctica, por ello procesos como la observación y la medición en atención a las instrucciones preestablecidas son requisito de este tipo de actividad. Por tanto, están preestablecidas con posibilidades mínimas de ser modificadas.

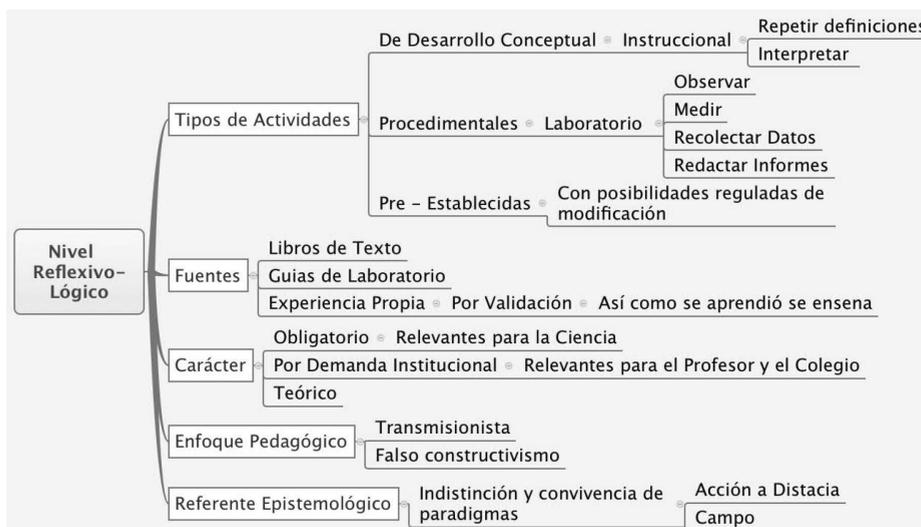


Figura 2. Nivel de formulación reflexivo lógico

En este sentido, sirven como fuentes en el desarrollo de actividades, tanto los libros de texto y las guías de laboratorio como la experiencia propia de aprendizaje del profesor, aspecto que se valida aplicando una lógica causal: tal como me lo enseñaron, así lo enseñé. Esta perspectiva tiene un carácter fundamentalmente teórico, en donde las actividades se hacen importantes para la física pero no necesariamente para los estudiantes, y atiende demandas institucionales que resultan relevantes para el profesor.

Por último, en este nivel (figura 2) se asocia a esta perspectiva un enfoque epistemológico que no distingue diferencias conceptuales entre la acción a distancia y el campo, como formas de interpretar fenómenos eléctricos.

El Nivel de formulación innovador

En el nivel innovador, el docente escoge las actividades que va a desarrollar teniendo en cuenta los intereses de los estudiantes. Son «Actividades relacionadas con la actitud e interés frente al área». Cuando las actividades se desarrollan teniendo en cuenta estos aspectos, el docente debe dar paso a la formulación de hipótesis por parte de los estudiantes, y al desarrollo de actividades de reflexión en ellos que promuevan sus propios procesos de aprendizaje. Así, el desarrollo conceptual no necesariamente está atado a la repetición de definiciones del campo eléctrico o a resolver ecuaciones, sino al planteamiento de preguntas y a procesos mentales como la predicción, la formulación de procedimientos y la reflexión de resultados. Aún así, en este nivel no se insiste en la formulación última de explicaciones o el consenso de las mismas en el grupo, más bien al desarrollo individual de las capacidades cognitivas vía los procesos mencionados. Por ello, las actividades procedimentales y actitudinales procuran el trabajo en equipo y la proposición de ideas, principalmente atendiendo a los contextos y negándose a ser preestablecidas u obligatorias.



Figura 3. Nivel de formulación innovador

En este nivel (figura 3) las fuentes de actividades son los intereses de explicación de los estudiantes, la necesidad de satisfacer sus preguntas, ya sea sobre el funcionamiento de artefactos o sobre fenómenos eléctricos (rayo, electrización por

fricción, por inducción, etc.). Adicionalmente, existe una fuente de construcción de las actividades: la experiencia propia del profesor reflexionada a la manera de contrastación con las perspectivas de enseñanza que no le dan ningún rol al estudiante, es decir, que atienden a una lógica de negación del conductismo y del direccionamiento de las acciones del estudiante. Aspecto que se relaciona consistentemente con una perspectiva pedagógica de descubrimiento de corte espontaneista, que da valor a la experimentación en la explicación de fenómenos, y que también discute la coexistencia paradigmática (acción a distancia vs. campo) que fundamenta las interpretaciones.

El Nivel de formulación integrador

Aunque es importante que el docente tenga en cuenta los intereses de los estudiantes, en este nivel debe integrarlos con la perspectiva pedagógica constructivista, por ello las actividades no están establecidas por los libros. Asimismo, las actividades procedimentales ahora surgen de la necesidad de explicar tanto preguntas de los estudiantes como del profesor, las cuales pueden ser construidas de manera consensual en atención a los contextos.

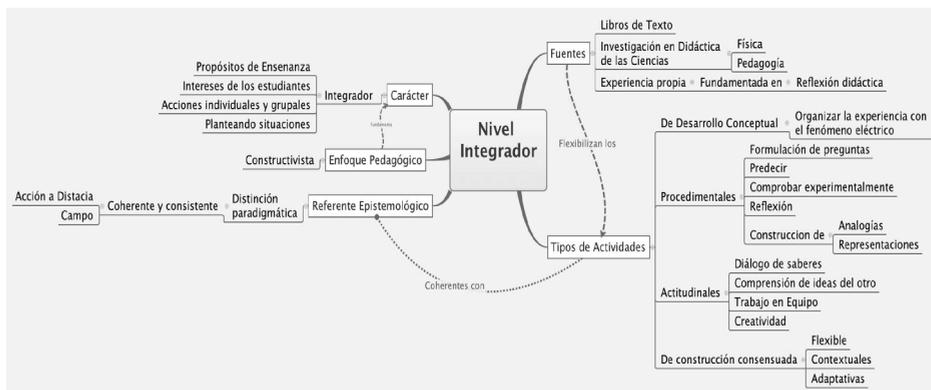


Figura 4. Nivel de formulación integrador

En este nivel (figura 4) el desarrollo conceptual responde a la necesidad de organizar la experiencia de aprendizaje en la que se atienden las preguntas, los procesos mentales y las actitudes como el diálogo de saberes y la comprensión de las ideas del otro. Para ello, el enfoque constructivista alimenta consistentemente la integración de intereses y la posibilidad de tener flexibilidad en el desarrollo de

actividades. Asimismo, se hace consistente la necesidad de una distinción coherente de los enfoques paradigmáticos entre acción a distancia y teoría de campo.

Conclusiones

Se coincide en este trabajo con los presupuestos de Sanmartí (2000) en el sentido de que no le es tampoco coherente a la didáctica la generación de leyes de la didáctica (Joshua y Dupin, 1993), y mucho menos la prescripción de perspectivas únicas en el desarrollo de actividades y tareas en la clase. En este sentido, el conocimiento didáctico del profesor de física –que tiene a la base una epistemología polifónica (Perafán, 2004) y se reconoce también polifónico en su caracterización– se debe relacionar con los presupuestos del CDC en el sentido en que posibilite la transformación del contenido físico en un contenido comprensible por parte de los estudiantes.

La construcción de la hipótesis de progresión se revela como referente para la investigación en didáctica de la física, así como para la formación de profesores de física. Así, la idea de progresión de lo simple a lo complejo no se propone como único camino a recorrer, sino como panorama posible para las categorías construidas. Sin embargo, debe reconocerse que a la base de esta perspectiva de progresión se encuentra una reflexión necesaria sobre la orientación pedagógica que se asume, en particular la necesidad de cuestionar los principios del conductismo en la búsqueda por un enfoque de orden constructivista.

Referencias

- Arons, A. (1990). *A Guide to introductory physics teaching*, pp. 68-69. New York.
- Bar, V.; Zinn, B. & Rubin, E. (1997). Children's ideas about action at a distance. In: *International Journal of Science Education*, 19(10), pp. 1137-1157. DOI: 10.1080/0950069970191003.
- Cañal, P. (2000). El análisis didáctico de la dinámica del aula: Tareas, actividades y estrategias de enseñanza. En: *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 209-237. Alcoy: Marfil.
- Cudmani, L. y Fontdevilla, P. (1989). Física básica: A organização de conteúdos no ensino-aprendizagem do electromagnetismo. Em: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 6, pp. 196-210.

Domínguez, M. E. y Moreira, M. A. (1988). Significados atribuidos aos conceitos de campo elétrico e potencial elétrico por estudantes de física general. Em: *Revista de Ensino de Física*, 10, pp. 67-81.

Driver, R. y Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. In: *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-122.

Etkina, E. (2010). Physics Pedagogical Content Knowledge and preparation of high school physics teachers. In: *Physics Education Research* 6, 020110(26).

Etkina, E. y Van Heuvelen (2006). *Active Learning Guide*. San Francisco: Pearson Education.

Furió, C. y Guisasola, J. (1993). ¿Puede ayudar la historia de la ciencia a entender por qué los estudiantes no comprenden los conceptos de carga y potencial eléctricos? En: *Revista Española de Física*, 7(3), pp. 46-50.

Galili, I. (1993). Weight and gravity: teacher 'ambiguity and students' confusion about the concepts. In: *International Journal of Science Education*, 15(2), pp. 149-162.

Galili, I. (1995). 'Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism. In: *International Journal of Science Education*, 3, pp. 371-387.

García, J. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Diada.

Giancoli, D. (1998). *Física General Volumen II*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

Gil D.; Carrascosa, J. y Martínez F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimiento. En: *Revista Educación y Pedagogía*, (11)25. Medellín.

Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. & Martínez Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Gil, D.; Furió, C.; Valdés, P.; Salinas, J.; Martínez, J.; Guisasola, J.; González, E.; Dumas, A.; Goffard, M. & Pessoa, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? En: *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 311-320.

Hewitt, P. (1999). *Física Conceptual. Serie AWLI*. Addison Wesley Longman. México: Pearson.

Johsua, S. y Dupin, J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: PUF.

Martin, J. y Solbes, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de *campo* en Física. En: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), pp. 393-40.

Meneses, J. y Caballero, M. (1995). Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 36-45.

Morales, I. e Infante, E. (2005). *Física 2*. Bogotá: Editorial Norma.

Nardi, R. y Carvalho, A. M. (1990). A Gênese, a psicogênese e a aprendizagem do conceito de campo: subsídios para a construção do ensinodesseconceito. Em: *Caderno Caterinense de Ensino de Física*, 7, pp. 47-69.

Nardi, R. (1994). História da ciência x aprendizagem: algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicogenético sobre as idéias que evoluem para a noção de campo de força. Em: *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), pp. 101-106.

Perafán, G. (2004). *La epistemología del profesor sobre su propio conocimiento profesional*. Tesis Doctoral. Bogotá, Colombia: UPN.

Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.

Reyes, J. (2010). Tendencias en investigación en el Conocimiento Pedagógico de Contenido de profesores de física en formación inicial. En: *Revista de Enseñanza de la Física*, (23)1 y 2, pp. 7-20.

Reyes, L. y Martínez, C. (2011). Conocimiento Didáctico del Contenido en profesores de física en formación inicial. En: *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Número Extraordinario.

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En: F. Perales y L. Cañal. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Colección Ciencias de la Educación. España: Editorial Marfil.

Shulman, L. S. (1984). The missing paradigm in research on teaching. En: *Research and development Center for teacher education*. Austin.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. In: *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14.

Shulman, L. S. (1986). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: Una perspectiva contemporánea. En: M. C. Wittrock

(Comp.). *La Investigación en la Enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*. Barcelona: Paidós.

Sneider, C. I. y Ohadi, M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the Earth's shape and gravity. In: *Science Education*, 82(2), pp. 265-284.

Törnkvist, K.; Peterson, A. y Tranströmer, G. (1993). Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept. In: *American Journal of Physics*, 61(4), pp. 335-338.

Villegas, R. y Ramírez, R. (1998). *Galaxia Física 11*. Bogotá: Voluntad.

Watts, M. (1982) ¡Gravity don' t take for granted! In: *Physics Education*, 17, pp. 116-121.

Wittrock, M. (1997). *La investigación de la enseñanza, II. Métodos cualitativos y de observación*. Barcelona: Paidós.

Zalamea, E.; Rodríguez, J. y Paris, R. (2001). *Física 10*. Bogotá: Educar Editores.

Zitzewitz, P.; Neff, R. y Davids, M. (1995). *Física. Principios y Problemas 2*. Bogotá: Mc Graw Hill.