

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y NUEVOS PROBLEMAS

La nueva orientación constructivista del aprendizaje de las ciencias ha dado lugar en los últimos años al desarrollo de diferentes líneas de investigación e innovación didáctica tales como, la introducción de conceptos (Hashweh 1986, Carrascosa 1987, Azcona 1997), la resolución de problemas (Martínez Torregrosa 1987, Reyes 1991, Furió, Bullejos y De Manuel 1994-a, Guisasola, Almudí y Ceberio 1997)) y la evaluación (Alonso 1994). Esto ha puesto de manifiesto la necesidad de integrar las diferentes facetas en propuestas curriculares globales que tengan en cuenta esta nueva orientación y, dentro de ella, el modelo de enseñanza aprendizaje como investigación orientada (Furió y Gil 1978, Gil y Martínez Torregrosa 1987, Gil 1993, Furió 1994).

En este marco este trabajo se ha ocupado de la problemática educativa que se presenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje del Campo Magnético Estacionario en el primer ciclo de Universidad. La elección del tema ha sido debida a que es uno de los campos de la Física donde la investigación didáctica (la escasa existente, y aún más a nivel universitario) ha encontrado especiales dificultades de aprendizaje. Por tanto, no sólo se ha pretendido integrar las diversas aportaciones de la investigación didáctica en una propuesta curricular coherente con ellas, sino probar sus virtualidades en el aprendizaje de conceptos de especial interés como son todos los relacionados con el Campo Magnético Estacionario. El desarrollo de este trabajo se ha estructurado en torno a tres cuestiones:

A) Un análisis crítico de la enseñanza habitual del Campo Magnético Estacionario en el primer ciclo universitario, en relación al marco teórico establecido. Este análisis, en particular, comprende tanto la presentación didáctica del tema por los libros de texto y el profesorado, como las dificultades de aprendizaje por parte de los estudiantes.

B) El establecimiento de las características epistemológicas y didácticas de un programa de Campo Magnético Estacionario coherente con los resultados de la investigación didáctica y, en particular, dentro de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación orientada.

C) Un análisis de las virtualidades del nuevo programa de Campo Magnético Estacionario, que incluye una propuesta de organización y secuenciación de contenidos y su correspondiente programa de actividades. Así mismo, en la puesta en práctica del programa se pondrá a prueba su capacidad para mejorar el aprendizaje de contenidos (conceptuales, metodológicos y actitudinales) del Campo Magnético Estacionario.

A continuación pasamos a resumir las aportaciones principales de este trabajo en relación con cada uno de estos tres puntos.

8.1. Conclusiones obtenidas en la contrastación de la primera hipótesis: resumen de las deficiencias más importantes encontradas en la enseñanza habitual del Campo Magnético Estacionario

Una vez fundamentado teóricamente el marco desde el que se va a realizar el análisis crítico de la enseñanza habitual del Campo Magnético Estacionario, este trabajo concreta en su primera hipótesis cuáles son las deficiencias epistemológicas y didácticas de que adolece la enseñanza habitual de este área de la Física. El control experimental de las derivaciones de la primera hipótesis ha conducido a resultados que en todos los casos son convergentes y apoyan la hipótesis de partida. Podemos, por tanto, resumir las siguientes conclusiones generales (capítulos 4 y 5):

1) La presentación del tema de Campo Magnético Estacionario en los libros de texto y en las programaciones del profesorado presentan visiones deformadas de la Ciencia y del trabajo científico, que se concretan en visiones acumulativa lineal y excesivamente analítica del desarrollo científico. Esto implica no tener en cuenta las diferentes visiones ontológicas de los diferentes modelos teóricos, una presentación aporreada del tema, una introducción arbitraria de los conceptos y una insuficiente relación entre los conocimientos que resalte la unificación de las teorías (apartado 5.1)

2) La forma de introducir todos los conceptos y leyes relacionados con el Campo Magnético Estacionario en los libros de texto y las estrategias de enseñanza utilizadas por el profesorado en la clase habitual presentan graves insuficiencias didácticas que se concretan en los siguientes aspectos (apartado 5.2):

2.1) No tener en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes. (0 % en libros de texto lo tienen en cuenta))

2.2) Falta de un tratamiento científico que trabaje aspectos como el abordar cualitativamente los problemas, la emisión de hipótesis, el tratamiento de los resultados, etc., que permita superar las dificultades procedimentales de los estudiantes. (0 profesores tratan ese conjunto de aspectos)

2.3) No presentar aplicaciones técnicas o implicaciones sociales de los conceptos estudiados, no prestando atención a aspectos motivacionales que favorezcan una actitud positiva hacia el Magnetismo.

2.4) Evaluar exclusivamente contenidos conceptuales, reduciendo la evaluación a medir una memorización poco significativa de los mismos y olvidando aspectos procedimentales y actitudinales importantes en el aprendizaje.

3) Los estudiantes presentan dificultades y concepciones alternativas sobre diferentes aspectos del Campo Magnético Estacionario que se reflejan en sus contestaciones a cuestionarios y entrevistas sobre diversos fenómenos relacionados con el campo anterior (apartado 5.3). en concreto hemos contrastado que:

3.1) Los estudiantes presentan concepciones alternativas sobre la naturaleza de las fuentes del Campo Magnético Estacionario, confundiendo las del campo eléctrico y las del magnético (apartado 5.3.1). (más del 60 %, de media, las confunden).

3.2.) La gran mayoría de los estudiantes reconoce que el imán es fuente del campo magnético pero no saben justificarlo de forma coherente con el marco teórico de la Física (no relacionan el imán con el movimiento de cargas, a nivel microscópico, en su interior, llegando al menos al modelo de Ampère). El hecho anterior influye de una forma determinante en que los estudiantes no vincularán entre sí los campos magnéticos creados por corrientes y los creados por los imanes, por lo que no llegarán a asumir la unicidad de las fuentes del Campo Magnético Estacionario (apartado 5.3.1). (menos del 25 %, de media, de éxito)

3.3) La mayoría de los estudiantes, al no conocer significativamente las fuentes del campo magnético, tienen grandes dificultades para reconocer sobre qué actúa dicho campo (apartado 5.3.1). (apenas el 30 %, de media, lo conocen)

3.4) Los estudiantes tienen grandes dificultades en el manejo significativo del concepto de campo magnético, existiendo confusión entre este concepto y el de fuerza magnética, a la que además le atribuyen un carácter coulombiano (apartado 5.3.1).

3.5) La mayoría de los estudiantes no sólo confunde las fuentes del campo eléctrico y magnético sino que además, y como consecuencia de ello, confunden sus efectos, atribuyendo, por ejemplo, efectos eléctricos a campos magnéticos (apartado 5.3.1).

3.6) Los estudiantes tienen muchos problemas para asumir que el campo magnético, a diferencia de otros campos de la Naturaleza, depende no sólo de la materia (carga, masa) sino que además depende del observador a través de la velocidad de la carga que crea dicho campo (apartado 5.3.1). (sólo el 25 %, de media, lo asume)

3.7) Los estudiantes encuentran grandes dificultades a la hora de establecer la relación cuantitativa entre el comportamiento del campo magnético a lo largo de una trayectoria cerrada y la cantidad de corriente que atraviesa la región limitada por la citada trayectoria, en definitiva utilizan de forma acrítica y algorítmica la ley de Ampère (apartado 5.3.1). (sólo el 30 %, de media, no presenta dificultades)

3.8) Algunas de las principales dificultades de los estudiantes tienen cierta semejanza con los problemas epistemológicos habidos en la historia del Magnetismo. Sin embargo, los estudiantes también presentan ideas explicativas que no fueron asumidas por la comunidad científica y dificultades procedimentales derivadas de la utilización de una metodología de sentido común (apartado 5.3.1).

Todos los resultados anteriores han apoyado coherentemente la primera hipótesis de este trabajo y nos permite afirmar que, efectivamente, la enseñanza habitual del Campo Magnético Estacionario en el primer ciclo de Universidad adolece de graves

insuficiencias epistemológicas y didácticas que son la causa principal del poco aprendizaje significativo logrado por los estudiantes.

8.2. Conclusiones sobre las principales características que debe poseer un programa de Campo Magnético Estacionario, coherente con el aprendizaje como investigación orientada

Podemos resumir las aportaciones de este trabajo en relación a las características epistemológicas y didácticas que debe poseer un programa de Campo Magnético Estacionario coherente con las aportaciones actuales de la investigación didáctica en la enseñanza de las Ciencias en los siguientes puntos:

4) Se ha mostrado que a la hora de organizar los contenidos, es necesario tener en cuenta las diferentes formulaciones y saltos cualitativos que se dieron en el desarrollo de la teoría del Magnetismo, de forma que se evite una visión acumulativa lineal en la presentación y desarrollo en clase de esta construcción teórica (apartado 3.1.5). En concreto, se ha puesto de manifiesto que existen aspectos ontológicos y epistemológicos en el desarrollo del Magnetismo como ciencia que implican dificultades de aprendizaje de los estudiantes (apartados 3.1.3 y 3.1.4).

5) Se ha mostrado cómo los diferentes problemas habidos en la historia del Magnetismo como Ciencia favorecieron su desarrollo, lo que supone rechazar una visión apromblemática del desarrollo científico y cómo la solución a estos problemas requiere la necesaria introducción de los nuevos conceptos (apartados 3.1.2 y 3.1.4).

6) Se ha puesto de manifiesto que una de las características del trabajo científico es su tendencia a elaborar teorías unitarias que engloben coherentemente cuerpos teóricos de conocimientos diferentes. En concreto, se ha visto que esta tendencia unificadora jugó un papel relevante (sobre todo en el siglo XIX) en el desarrollo de la teoría Electromagnética. Así, hemos resaltado los programas de investigación con objetivos unificadores en el campo del Magnetismo, como los de Oersted y Faraday que demuestran que los fenómenos eléctricos y magnéticos no sólo son análogos sino que además están interrelacionados,; como los de Ampère que unifica las fuentes del magnetismo, o como los de J.C. Maxwell que unifica en única teoría el

Electromagnetismo y la Óptica física. Esto supone rechazar visiones excesivamente analíticas que no resaltan la necesaria relación entre diversos campos de la Física (apartados 3.1.2 y 3.1.4).

7) Se ha puesto de manifiesto la necesidad de presentar situaciones problemáticas cuyo tratamiento requerirá realizar aproximaciones cualitativas a estas situaciones que ayuden a precisar los problemas y donde se justifica la introducción de los nuevos conceptos. La búsqueda de soluciones en forma hipotética facilita que los estudiantes expliciten funcionalmente sus ideas sin necesidad de enfatizar el conflicto cognitivo (apartados 3.2.3 y 3.2.6).

8) Se ha probado que es posible integrar el aprendizaje de contenidos conceptuales y de la metodología científica mediante el uso de estrategias de resolución que fomenten procedimientos característicos del trabajo científico como emisión de hipótesis, tratamiento de resultados, trabajo en grupo,...(apartados 3.2.3 y 3.2.4).

9) Se ha mostrado que la forma de evaluar debe ser coherente con el modelo de enseñanza/aprendizaje utilizado, concretando la evaluación del aprendizaje en criterios claros que tengan en cuenta tanto los contenidos conceptuales, como los procedimentales y actitudinales (apartados 3.2.5 y 3.2.6).

En resumen, los puntos anteriores nos muestran que es posible fundamentar y desarrollar las características principales de un programa de Campo Magnético Estacionario que se sitúa dentro del modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada.

8.3. Conclusiones obtenidas en la contrastación de la segunda hipótesis: resumen de los resultados obtenidos al diseñar y poner en práctica un programa innovador de Campo Magnético Estacionario

De acuerdo con las conclusiones del apartado anterior, se ha visto la posibilidad de transformar el cuadro de situación que han esbozado los resultados de la primera hipótesis. En esta parte del trabajo se ha puesto a prueba la plausibilidad de un programa innovador de Campo Magnético Estacionario y su capacidad para producir un

aprendizaje más significativo y mejor. Podemos resumir las aportaciones más importantes del trabajo en relación con estos propósitos en los siguientes puntos:

10) Se han establecido cuáles son las características que debe reunir un programa innovador de Campo Magnético Estacionario coherente con el modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación orientada (apartado 6.1) y se ha realizado el correspondiente programa de actividades (apartado 7.1), con el que se pretende poner a los estudiantes en situación de construir sus conocimientos.

11) Los profesores, apoyados en un trabajo colectivo, son capaces de asumir en su labor docente el programa innovador, valorando positivamente las estrategias de enseñanza empleadas y la utilización de las relaciones C/T/S para favorecer una actitud positiva hacia el Campo Magnético Estacionario (apartado 7.2).

12) Los estudiantes son capaces de realizar actividades que se proponen en el programa y, adecuadamente orientados, se convierten en protagonistas de su propio aprendizaje. Esto se traduce en una mejor comprensión de los conceptos básicos relacionados con el Campo Magnético Estacionario, puesto de manifiesto en las respuestas de los estudiantes a los cuestionarios y grabaciones realizadas sobre diversos fenómenos magnéticos (apartado 7.3). (más del 70 %, de media, de éxito)

13) Los estudiantes expresan una actitud positiva hacia los contenidos trabajados, la forma de trabajarlos en clase y la forma de ser evaluado y calificado el aprendizaje logrado. Además, reconocen su capacidad para estimular el interés por el Magnetismo y su aprendizaje (apartado 7.4). (una media de 7.1 sobre 10)

En conclusión, todos estos resultados obtenidos nos permiten afirmar que se han logrado verificar las dos hipótesis que se emitieron al inicio de este trabajo, habiéndose realizado un avance satisfactorio en la plausibilidad de una propuesta curricular global, dentro del modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación orientada, y para el aprendizaje de conceptos de especial dificultad en Física como son todos los relacionados con el campo magnético.

8.4. Nuevos problemas

Siendo coherentes con un planteamiento de enseñanza/aprendizaje como investigación orientada, es preciso añadir a las conclusiones expuestas en este capítulo algunas cuestiones pendientes que quedan abiertas a partir de los avances obtenidos en este trabajo. Entre los logros más importantes de un buen trabajo de investigación se pueden considerar su capacidad para ayudar a acotar mejor problemas ya planteados y para orientar avances posteriores (Chalmers 1982). En este sentido vamos a enumerar a continuación algunas vías de investigación sobre la enseñanza del Magnetismo en el primer ciclo universitario.

A la hora de señalar posibles vías de investigación, abiertas a raíz de este trabajo, vamos a referirnos en primer lugar a la necesidad de completar todo este estudio con las interacciones magnéticas (fuerzas), que es un concepto íntimamente relacionado con el de campo; esto permitiría tener una visión global de los fenómenos magnéticos no dependientes del tiempo. (En este aspecto no descartamos abordar el campo y las interacciones magnéticas comenzando desde el principio con lo que Galili y Kaplan (1997) denominan una “Weak Relativistic Approximation”, es decir un abordaje relativista, desde el comienzo del estudio del tema, pero sólo para el caso de velocidades bajas, que implicaría que las relaciones de Lorentz entre los campos eléctricos y magnéticos se simplificasen a dos ecuaciones muy sencillas y, por lo tanto, asumibles, incluso, para estudiantes de un nivel introductorio en la Universidad).

En segundo lugar es incuestionable la necesidad de profundizar en el concepto de campo magnético en su aspecto más general, es decir, el caso en el que el campo magnético depende del tiempo lo que nos llevaría a analizar en profundidad las leyes de Faraday y Lenz. Una vez realizado este análisis estaríamos en disposición de completar el “cuadro” del electromagnetismo abordando las leyes de Maxwell.

Otra vía que se podría explorar es la del estudio de las Ondas Electromagnéticas, de enorme trascendencia, en la actualidad, tanto tecnológica como socialmente. Por otra parte, este estudio nos permitiría mostrar la extraordinaria potencia de todo este desarrollo conceptual, desembocando en la teoría unificada de los campos eléctricos y magnéticos en la Física Clásica.

Otro reto, quizá para niveles de enseñanza más avanzados, supondría hacer un tratamiento metodológico de enseñanza/aprendizaje, análogo al que hemos hecho en el campo magnético, para el ámbito de la Magnetización de la Materia, desde un punto de vista más cuantitativo; esto enlazaría con una de las áreas de la ciencia y la tecnología más punteras al día de hoy, como es todo lo relacionado con el estudio de materiales.

Además, y para todos los casos aludidos, se podría profundizar en el análisis comparativo de las categorías explicativas de los estudiantes en referencia a las representaciones mentales, que es una línea de investigación de gran auge en los últimos años.

Por último, y en otro orden de cosas, nos parece importante la necesidad de extender esta “forma de hacer” al mayor número posible de profesoras y profesores universitarios para que se involucren en aspectos relacionados con una parte muy importante de su trabajo como es la relacionada con su tarea de formar científicamente a sus estudiantes; esto implicaría la búsqueda científica de vías de superación de una situación que, en muchos aspectos, requiere profundas transformaciones.