

Institución Universitaria Pascual  
Bravo.

<sup>1</sup>Instituto de Física, Facultad de  
Ciencias, Universidad de  
Antioquia.

<sup>2</sup>Facultad de Educación,  
Universidad de Antioquia-CEFA.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias  
Básicas, Universidad de Medellín

# LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DEL ELECTROMAGNETISMO: UNA BREVE REVISIÓN DE LAS INVESTIGACIONES EN ESTE CAMPO

## TEACHING AND LEARNING ELECTROMAGNETISM: A REVIEW OF RESEARCH IN THIS FIELD

Beatriz Elena Osorio V.1, Jaime Alberto Osorio V.2, Luz Stella Mejía A.3,  
Gloria Eugenia Campillo F.4, Rodrigo Covaleda2

### RESUMEN

El presente artículo tiene como propósito fundamental, realizar una revisión bibliográfica de las investigaciones hechas en este campo de la Educación en Ciencias, específicamente en Didáctica de la Física, sobre la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos fundamentales del electromagnetismo durante la última década. Es un estudio documental en el que se empleó una ficha de recolección de datos. Los resultados muestran que a pesar de ser un tema bastante estudiado, las dificultades de los estudiantes a la hora de comprender los conceptos relacionados con el electromagnetismo, siguen siendo las mismas. Sin embargo, conocer el estado del arte proporciona elementos valiosos en relación con los procesos de la enseñanza y deja caminos abiertos para abordar futuras investigaciones. Esta revisión bibliográfica se constituyó en el punto de partida del proyecto de investigación: "Análisis de la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo en estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo".

### PALABRAS CLAVES:

Electromagnetismo, Enseñanza, Aprendizaje, Concepciones Alternativas, Representaciones y Modelos mentales

### ABSTRACT

This work aims to develop review of research in the field of Education in Science, specifically in didactics of physics, about teaching and learning of electromagnetism, in the last decade. The results show that despite being a much studied topic, the difficulties of students, in understanding the concepts related to electromagnetism, remain the same. However, knowing current state of research provides valuable elements in relation to the processes of teaching and leaves new paths open for future. This revision is the starting point of the research project: "Analysis of teaching and learning in students of electromagnetism in students of Institución Universitaria Pascual Bravo".

### KEYWORDS:

Electromagnetism, Teaching, Learning, Alternative Conceptions, Representations and Mental Models.

## 1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta una primera revisión bibliográfica de algunas investigaciones que en el ámbito internacional se han realizado sobre la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo. Para este fin, se realizó una búsqueda en diferentes fuentes impresas y digitales: Enseñanza de las Ciencias, International Journal of Science Education, American Journal of Physics, Physics Education Research, Bulletin de l'Union des Physiciens, Investigaçoesem En sino de Ciências, entre otras. La información se obtuvo también a través de la búsqueda en bases de datos, como: ERIC, DIALNET, WILSON, REDALYC, además de buscadores web como: Google y Google académico. La información se seleccionó y se organizó en tópicos centrales o categorías, ya que en este estudio, la identificación y estructuración de las categorías de análisis iniciales son de gran importancia, pues ellas se articularán como el hilo conductor del proceso de investigación del proyecto: *"Análisis de la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo en estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo"*.

De acuerdo con la revisión bibliográfica, se establecieron tres categorías: concepciones alternativas y representaciones mentales, dificultades de aprendizaje y estrategias de enseñanza del electromagnetismo; ellas

contribuyeron a la organización y presentación de la información de esta revisión bibliográfica que, a pesar de no ser exhaustiva, ni recoger todas las investigaciones en este campo, se constituyen en un referente importante para ser tenido en cuenta por los docentes en estas áreas del conocimiento. Se muestran, a manera de implicaciones didácticas, algunas consideraciones para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje del electromagnetismo.

Es importante indicar que las investigaciones que se revisaron, principalmente se ocuparon por indagar por estas categorías en estudiantes de secundaria y de universidad, así como también, en investigaciones cuyos participantes fueron profesores de estos niveles. De igual manera, es necesario precisar que los resultados de la revisión se realizaron atendiendo especialmente a elementos relacionados con los objetivos, metodología y conclusiones más relevantes en relación con las categorías iniciales. Este artículo intenta presentar los aspectos más sobresalientes de las investigaciones y sus aportes en relación con el tema de interés, que es la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos fundamentales del electromagnetismo.

La información se obtuvo de acuerdo con ciertas características comunes, que se categorizaron como se explica a continuación.

## 2. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS Y PRESENTACIONES MENTALES SOBRE EL ELECTROMAGNETISMO

En esta categoría se agruparon algunas de las más reconocidas investigaciones que hacen referencia a las concepciones alternativas y representaciones mentales de los estudiantes. Al respecto de esta, es posible decir que es una de las corrientes más estudiadas en didáctica de la física, debido al alto porcentaje de respuestas

similares dadas por los estudiantes cuando se les pregunta por los conceptos de campo electromagnético. Cabe mencionar que la corriente de concepciones alternativas viene de décadas atrás, cuando inicialmente los investigadores encontraron que los estudiantes explicaban las situaciones físicas utilizando su sentido común. A dichas respuestas, inicialmente se les llamaron preconceptos, ideas erróneas e ideas previas. En la actualidad se les conoce como concepciones alternativas, de acuerdo con Wandersee, Mintzes, Novak (1994). Ésta denominación es la que se usará en el presente trabajo.

Al respecto es importante precisar, de acuerdo a lo expresado por Jorba y San Martí, N (1994), que *"las concepciones alternativas (a veces llamadas también 'ideas previas', 'preconceptos', 'ideas de los estudiantes', entre otros), son aquellos razonamientos utilizados por el alumnado para explicar fenómenos cotidianos que difieren de las formulaciones que se dan desde la ciencia actual"* (1994,98). Los autores expresan además que: *"existe numerosa bibliografía sobre estudios realizados en este campo que ponen de manifiesto cómo los estudiantes de diferentes edades, países y niveles de formación científica explican los fenómenos, de la misma manera"* (94). En este sentido se puede afirmar, que el estudio de las respuestas que los estudiantes dan a las preguntas, sobre conceptos o fenómenos científicos, es una de las líneas más importante en el campo de la didáctica de la física.

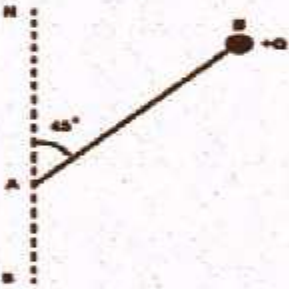

Las investigaciones llevadas a cabo sobre ideas alternativas respecto a los conceptos del electromagnetismo, se encontraron en numerosos estudios interesados por conocer las explicaciones que dan los estudiantes a situaciones de la electrocinética y circuitos eléctricos. Por ejemplo, el trabajo Furio y Guisasola (1999), quienes afirman que después del proceso de enseñanza los estudiantes persisten en sus ideas, indagan sobre las dificultades que tienen éstos en relación con los fenómenos eléctricos, interacción entre cargas, campo eléctrico y sobre la causalidad del

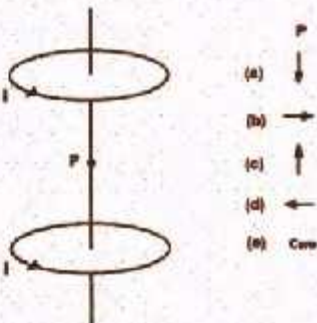
movimiento de cargas. Los autores describen las concepciones de los estudiantes en relación con conceptos previos. También plantean, que a pesar de la instrucción, se siguen presentando las mismas dificultades a la hora de explicar desde la física, la causa del cambio de movimiento de las cargas, además no pueden relacionar este concepto con las magnitudes: Intensidad de corriente, diferencia de potencial y resistencia.

En esta categoría, también se encuentran los artículos como el de Greca y Moreira (2003) y Moreira y Greca (2010), quienes en sus investigaciones argumentan, que en algunos momentos del aprendizaje, los conocimientos previos pueden obstaculizar o facilitar la percepción de nuevos significados. Ellos sostienen, que la persona que aprende no es una tabla rasa, sino que ya tiene en su estructura cognitiva unas ideas previas que interactúan con la nueva información y al producto de esa interacción, le llaman aprendizaje significativo. De ahí la importancia de indagar por dichas concepciones, situación que se evidencia en sus investigaciones relacionadas con los conceptos del electromagnetismo.

En la investigación realizada por Guisasola, Almudi y Ceberio (2003), se presenta una síntesis de las diferentes investigaciones sobre concepciones alternativas relacionadas con el campo magnético estacionario. Ellos afirman que es importante indagar sobre este concepto, puesto que el campo magnético y sus fuentes, son cuestiones fundamentales para poder construir una teoría científica de los fenómenos electromagnéticos. A continuación se reúne en la tabla 1, las concepciones alternativas en relación con la temática planteada por algunos autores.

Tabla 1. Resultado de investigaciones sobre concepciones alternativas relacionadas con el electromagnetismo.

INVESTIGADORES	CUESTIONARIO Pregunta...	CONCEPCIONES SOBRE...	CONCLUSIONES
<p>Guisasola, Almudi, y Zubimendi (2003)</p>	<p>La línea de trazos de la figura representa la dirección del campo magnético terrestre. En el punto A hay una brújula y en el punto B se encuentra una partícula cargada con una carga Q positiva.</p> <p>a) Dibuja sobre A una flecha que represente la orientación de la aguja de la brújula.</p> <p>b) Explica las razones de tu respuesta</p> 	<p>Fuente del campo magnético</p>	<p>La mayoría de los estudiantes consideran que la fuente del campo magnético son las cargas eléctricas en reposo. Es decir, no identifican correctamente las fuentes del campo magnético, ni diferencian la interacción eléctrica y la magnética.</p>
<p>Almudi (2002)</p>	<p>Sostiene una espira fija en un circuito de corriente continua y enfrente de un imán, como se indica en la figura. ¿Qué sucederá?</p> 	<p>La relación de equivalencia entre una espira de corriente y un imán</p>	<p>Las concepciones se pueden agrupar en dos categorías:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los estudiantes confunden la fuerza con el campo, afirmando que el campo que crea la espira, tiene el mismo sentido del imán.</li> <li>2. Los estudiantes que piensan que no hay interacción porque el imán y la espira están en reposo, y que, solo si el imán se mueve, se puede inducir en la espira una intensidad de corriente.</li> </ol>

INVESTIGADORES	CUESTIONARIO Pregunta...	CONCEPCIONES SOBRE...	CONCLUSIONES
<p>Maloney, O'Kuma, Hieggelke y Van Heuvelen (2001)</p>	<p>Se tiene dos espiras de corriente idénticas, recorridas por una intensidad de corriente <math>i</math>. Las espiras están ubicadas como se muestra en el diagrama adjunto. ¿Qué flecha representa la dirección del campo magnético en el punto P, punto medio entre las dos espiras?</p> 	<p>Definición operativa de campo magnético</p>	<p>Los estudiantes realizan analogías entre el campo magnético y eléctrico, en el sentido de considerar análogos el fenómeno que se presenta en esta cuestión, con el que se pide calcular el campo eléctrico, creado por dos cargas del mismo signo en el punto medio de las recta que las une.</p>

Continuación Tabla 1. Resultado de investigaciones sobre concepciones alternativas relacionadas con el electromagnetismo.

Es importante señalar que a partir de las referencias mostradas en la tabla 1, se tomaron algunas preguntas para el cuestionario que se aplicó a los estudiantes de Tecnología e Ingeniería de la Institución Universitaria Pascual Bravo, con el fin de analizar de modo comparativo, cuáles son las concepciones alternativas que presentan estos estudiantes, respecto a los reportados por estos investigadores en sus trabajos.

En relación con la categoría de las representaciones mentales, se encontraron varios estudios al respecto. Greca y Moreira (2003), realizaron una investigación sobre "representaciones mentales, imágenes,

proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético" en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. Los autores veían con preocupación la incidencia de las representaciones mentales de los estudiantes y físicos, al momento de resolver problemas y cuestiones teóricas sobre el concepto de campo electromagnético. La teoría base que utilizaron fue la de Johnson-Laird, quien propone la existencia de por lo menos tres clases de representaciones: modelos mentales, proposiciones e imágenes. Los modelos son producto de la articulación de distintos conceptos que permiten entender significativamente el fenómeno, explicar, predecir y por lo tanto, resolver los problemas eficientemente.

Finalmente, concluyen que cuando los estudiantes no construyen modelos, los conceptos científicos no son aprendidos significativamente. Además consideran que no existen diferencias en la forma de utilización de modelos, entre los estudiantes de física que lograron construirlos y los físicos. Frente al material instruccional, -libros, listas de ejercicios centradas en utilización de fórmulas, dejan claro que su utilización no facilita la construcción de modelos. Entonces, en algunos casos debe haber un desaprendizaje, en el sentido de no usar el conocimiento previo (según lo propone Ausubel), pues cuando algunos conocimientos previos funcionan como obstáculos representacionales mentales, impiden que se capten determinados conceptos o situaciones físicas, en este caso, relacionadas con el electromagnetismo.

Respecto a lo anterior, Otero (1999), en su investigación "La psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias", da algunas recomendaciones frente a la necesidad de analizar algunas teorías cognitivas relacionadas con el enfoque computacional y las representaciones mentales. Para enseñar ciencias detiene que conocer cómo se pasa de un nivel de conocimiento a otro, cuáles representaciones son indispensables en un dominio determinado, cuánto depende del sujeto y cuánto puede hacerse desde afuera. El autor piensa, mirando en perspectiva, que es mucho lo que se ha avanzado hacia teorías sólidas, que pueden dar cuenta del largo camino que media entre las explicaciones del sentido común y los significados científicos.

Respecto a las concepciones alternativas y representaciones mentales, Guisasaola, Almudi y Zubimendi (2003) en su trabajo sobre dificultades de aprendizaje de estudiantes universitarios con relación a la teoría de campo magnético, plantean la posibilidad de seleccionar nuevos objetivos de la enseñanza del tema. Ellos encuentran que los estudiantes utilizan dos visiones diferentes para dar cuenta de la naturaleza y fuentes del campo: la primera, que le atribuye el magnetismo de los imanes a las propiedades del material que los componen. Una segunda, en la que los estudiantes atribuyen a la carga eléctrica (esté en reposo o en movimiento), la existencia de campo magnético; lo que hace

pensar que recurren a una especie de analogía con el modelo eléctrico de campo y terminan con conceptos confusos, tanto de campo eléctrico, como de campo magnético. Dentro de ese contexto, consideran la fuerza magnética de naturaleza central y a su vez confunden campo magnético con fuerza magnética, e incluso explican la naturaleza de los imanes por el hecho de estar cargados en sus polos por cargas de signo opuesto.

Greca y Moreira (1998), afirman que los modelos mentales iniciales de los estudiantes, evolucionan con la instrucción y que las personas comparten dichos modelos hasta discriminarlos y adoptarlos de acuerdo con el contexto en el que sean utilizados. En otras palabras, si es posible que tanto las ideas alternativas como los modelos iniciales de los estudiantes, evolucionen y puedan ser utilizados según el contexto. Tanto para el grupo de investigación de Guisasaola como para el de Moreira, es importante indagar por las ideas alternativas de los estudiantes y por sus representaciones mentales. Estas concepciones y representaciones influyen en la manera como cada individuo explica las situaciones o fenómenos físicos. De ahí la importancia de que el maestro indague por ellos antes de iniciar el proceso de instrucción.

De acuerdo con lo anterior, se considera pertinente presentar en esta breve recopilación bibliográfica, las concepciones alternativas de los estudiantes en contextos diferentes. Esto posibilita no sólo que los maestros las conozcan, sino que actúen en consecuencia con ellas. El conocimiento de tales concepciones, le permite pensar su posible secuencia de enseñanza, es decir, le abre posibilidades para plantear preguntas, proponer situaciones problema y actividades experimentales, a través de las cuales se confronten las concepciones alternativas del estudiante con la teoría científica. De esta manera, el estudiante podría poner en duda sus explicaciones para abrir paso a las concepciones científicas.

### 3. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DEL ELECTROMAGNETISMO.

Con respecto a las dificultades de aprendizaje del electromagnetismo, la revisión da cuenta específicamente de todas aquellas problemáticas que tienen los estudiantes para comprender los fenómenos relacionados con el electromagnetismo. Es necesario expresar que dichas dificultades encontradas son el resultado de las investigaciones relacionadas con las concepciones alternativas. La referencia a las dificultades de aprendizaje, lleva a considerar todas las investigaciones que se han encargado de explicitar qué entienden los estudiantes por los conceptos o fenómenos físicos y cómo eso que entienden, se constituye en un obstáculo que les impide aproximarse a las explicaciones científicas. A continuación, se presentan las diferentes contribuciones en relación con esta categoría:

Por ejemplo, Furio y Guisasola (1997), preocupados por el componente epistemológico en la enseñanza de los conceptos de campo y potencial eléctrico, realizaron una investigación sobre las "Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico". Los autores manifiestan, que la dificultad reside en el cambio ontológico, es decir, el cambio de una visión Colombiana a la visión del campo eléctrico desde el concepto de interacción. Pensar en dos partículas puntuales que interactúan a distancia y que el efecto es inmediato (violando la velocidad límite de transmisión de la información), en vez de pensar en el campo generado por cada una de las cargas que modifica el espacio - tiempo y que permite la interacción entre ellas.

Tal y como se mencionó anteriormente, Guisasola, Almudi y Ceberio (2003) indagan por las concepciones alternativas y por las dificultades más importantes que se producen en el aprendizaje de estos conceptos; ellos reúnen en su artículo: "Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección", las principales investigaciones realizadas en el

ámbito del campo magnético estacionario. Encontraron dificultades como: "los estudiantes no identifican correctamente las fuentes del campo magnético"; "no identifican la interacción eléctrica y magnética"; "No tienen claro las fuentes del campo"; "consideran el magnetismo como atracción y el magnetismo como polarización eléctrica"; "confunden la fuerza con el campo"; "utilizan la inducción magnética para explicar todos los fenómenos eléctricos y magnéticos"; "confunden un hilo recorrido por una intensidad de corriente con un hilo cargado electrostáticamente"; "consideran como análogos los fenómenos eléctricos y magnéticos". El interés de reportar estas dificultades, no es otro que servir de referente para que el profesorado interesado por el tema, se aproxime a las concepciones más problemáticas que tienen los estudiantes.

En esta misma línea se encuentra el artículo de Llancaqueo, Caballero y Moreira (2003), quienes presentan un buen referente de revisión bibliográfica sobre el aprendizaje del concepto de campo como parte de un proyecto de investigación. Se destaca como un aporte de los autores, el énfasis al concepto de campo, su origen y esencia matemática y el progresivo desarrollo conceptual desde Laplace y Poisson, hasta Maxwell, quien le dio una estructura matemática a los resultados experimentales y conceptos de Faraday. Los autores incluyen el fenómeno electromagnético relativista y que su mejor descripción es el concepto de campo. En su minuciosa revisión de diez investigaciones concluyen, en relación con las dificultades de aprendizaje; que el concepto de campo no es usado, por la mayoría de estudiantes tanto de secundaria, como de universidad. Reportan que las dificultades en el aprendizaje de los conceptos relacionados con el electromagnetismo, se encuentran en las concepciones alternativas, además, que pueden ser debidas a paralelismos entre problemas de aprendizaje y problemas relacionados con la historia y la epistemología del electromagnetismo. Conclusión que va muy de la mano del estudio realizado por Furio y Guisasola (1997), quienes presentan un trabajo en el que analizan 30 libros, texto del nivel de bachillerato, así como también las respuestas a un cuestionario y a una entrevista realizada a 6 profesores de bachillerato y 6 profesores de Física General del

nivel universitario. En sus conclusiones, dan cuenta de que los libros están más interesados en la lógica interna de la disciplina, que en presentar una visión del proceso de construcción del conocimiento sobre el electromagnetismo, desde una perspectiva sociocultural, con sus dificultades y logros. Ellos definen que la visión que se presenta en los libros es una visión de ciencia acumulativa, sin crítica y sin historia. En relación con los profesores, consideran que existe una diferencia entre los profesores del nivel universitario y los profesores del bachillerato, pues los primeros poseen un mayor dominio de la disciplina, sin embargo, consideran que ambos participantes presentan dificultades pues tienen una visión acumulativa de los conocimientos.

Guisasola, Almudi y Zubimendi (2003), consideran en su investigación, que los estudiantes, tanto de bachillerato como de universidad, presentan serias dificultades no sólo en la comprensión de los conceptos básicos del campo magnético estacionario, sino también, dificultades de tipo procedimental. Adicionalmente, muchos de ellos atribuyen efectos eléctricos a campos magnéticos, lo que deja ver, que no tienen claro la diferencia entre el campo magnético estacionario y el campo electrostático. Reportan que los estudiantes presentan dificultades a la hora de establecer relaciones cuantitativas, entre el comportamiento del campo magnético a lo largo de la línea cerrada y la cantidad de corriente. Además, encuentran que no manejan las expresiones matemáticas correspondientes a la fuerza y al campo magnético. Tampoco establecen relaciones de equivalencia entre un imán y una espira de corriente. Estos problemas en la conceptualización de campo magnético, dificultan la comprensión de los fenómenos físicos de la teoría electromagnética.

Catalán, Caballero y Moreira (2010), en su trabajo, encuentran que los estudiantes no logran, en general, la conceptualización esperada, aún después de haber realizado los correspondientes cursos de las carreras. Realizan tres estudios de caso con 3 estudiantes que fueron enfrentados a diferentes situaciones problema, ejercicios de lápiz y papel, utilización del modelo de fuerza a distancia, diferenciación de fuentes del campo magnético, naturaleza del campo, interacciones

entre campos y sus implicaciones cinemáticas y energéticas, entre otras. Al respecto, encontraron tres niveles de conceptualización en los estudiantes: nivel alto, medio y bajo. Ellos en su trabajo logran presentar las dificultades en relación con la identificación de interacciones a distancia y el reconocimiento de la fuerza de Lorentz. Presentan también confusiones entre cargas eléctricas y polos magnéticos o entre el flujo y el campo magnético, así como en su variación. Sin embargo, también logran evidenciar que con el tratamiento de situaciones didácticas, se logra que algunas ideas se transformen y den respuestas más próximas a las científicas.

Por su parte, Velasco (1998), encuentra que la mayoría de los estudiantes, que hicieron parte de su estudio, tienen una marcada tendencia a otorgar realidad material a entidades abstractas. Tal es el caso de las dificultades que se manifiestan cuando conciben la carga como un fluido, el campo como una sustancia y las líneas de campo como trayectorias espaciales. También considera, que cuando el maestro conoce estas dificultades, puede intervenir en el aula de clase, propiciando actividades que ayuden a que los estudiantes contrarresten dichas dificultades.

#### 4. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA DEL ELECTROMAGNETISMO

En esta categoría, se presentan todos aquellos aportes pedagógicos y didácticos, derivados de las investigaciones revisadas en relación con la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos del electromagnetismo. Al respecto, se piensa que todo el análisis realizado por los investigadores en relación con las concepciones alternativas, representaciones mentales y las dificultades de aprendizaje, tienen su razón de ser en el despliegue de estrategias de enseñanza que mejoren dichos procesos. En la revisión se encontraron propuestas alejadas de la perspectiva de enseñanza tradicional, en las que no sólo se reporta su diseño sino que también los resultados producto de su implementación. Es importante, mencionar que las propuestas fueron diseñadas



para los últimos niveles de la secundaria y para los primeros años de universidad. Igualmente se quiere resaltar que algunas de ellas enfatizan, no sólo en el cómo enseñar, sino también en el qué enseñar, para qué y a quién enseñar. A continuación se da cuenta de algunas de ellas:

En el caso de Guisasola, Almudí, Zubimendi y Zuza (2005), presentan una secuencia de enseñanza constructivista en la perspectiva de la enseñanza y el aprendizaje como investigación dirigida. Específicamente se quiere llamar la atención en las estrategias que proponen para la enseñanza de esta temática. Ellos consideran que son necesarios los cambios en las intervenciones del docente, pues éste en vez de presentar el conocimiento a manera de información debe presentarlo más bien en un contexto de problematización, es decir, en donde proponga situaciones problemas para que los estudiantes se cuestionen, indaguen y se aproximen a los procedimientos del trabajo científico. Afirman que los profesores deben tener presente que los conceptos científicos se introducen con el propósito de resolver problemas de interés científico, que deben enfatizar en el diseño de actividades, que propicien acercamientos al trabajo científico y además contextualizar la teoría en relación con aplicaciones en Ciencia Tecnología y Sociedad. Finalmente, llaman la atención en la necesidad de que los profesores no sólo enseñen los contenidos conceptuales, sino también procedimentales y actitudinales.

Por su parte Massons, Camps, Cabre, Ríz y Díaz (1993), realizaron un trabajo con estudiantes de los primeros niveles universitarios de química, en el cual resaltan la importancia de la utilización de simulaciones en la enseñanza del concepto de campo eléctrico. Ellos aportan en su investigación resultados que dan cuenta de la eficacia del uso de la Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO) como complemento de las metodologías convencionales. La investigación da cuenta de la importancia de utilizar actividades de simulación, que complementen las exposiciones teóricas y del trabajo en el laboratorio, además de mostrar que efectivamente esta ayuda incrementa la motivación de los estudiantes. El programa que utilizan permite la visualización y medida del campo y potencial electrostático, generado por un conjunto de

cargas distribuidas arbitrariamente. Es el estudiante quien dispone las cargas en una cuadrícula y les asigna un valor numérico, el programa es el encargado de calcular el potencial y de los dos componentes del campo, de igual manera, ofrece la visualización del campo y del potencial electrostático, ya sea por medio de vectores o de líneas que el mismo estudiante selecciona. El software también posibilita que el estudiante observe la representación tridimensional de la distribución de potencial por medio de un gráfico, así como también es posible que calcule la integral del campo eléctrico, comprobando de esa manera el teorema de Gauss.

En esta misma línea de estrategias de enseñanza se encuentra el trabajo Finkelstein y otros (2005), quienes concluyen en la necesidad de hacer uso del laboratorio (real o virtual) para enseñar los conceptos como: flujo de corriente y el comportamiento de circuitos DC. Por su parte Podolefsky y Finkelstein (2007), consideran que el uso adecuado de las analogías en la enseñanza de la física, específicamente en relación con los temas del electromagnetismo, puede ayudar de manera eficaz en la enseñanza de estos conceptos abstractos.

Serrano y Catalán (2009), consideran que en el aula se presentan serias dificultades, en relación con el aprendizaje del movimiento de cargas eléctricas en campos magnéticos uniformes, especialmente cuando se les enseña a través de ejercicios tradicionales de lápiz y papel. Ellos consideran que esto es difícil de evitar, así realicen actividades experimentales en el laboratorio; por lo que apoyan la iniciativa de utilizar estrategias de enseñanza diferentes a las tradicionales. Al respecto, entonces, reportan los resultados de una investigación realizada con 10 estudiantes de Física II, de cuarto año de profesorado de matemáticas. En su trabajo, presenta los resultados de la implementación de un simulador de uso libre, como estrategia de enseñanza del tema, "movimiento de cargas en campos eléctricos uniformes", en el marco de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. Diseñaron una estrategia didáctica, que aplicaron en tres etapas: 1) Desarrollo teórico práctico tradicional; 2) Utilización del simulador libre; 3) Aplicación de una prueba para evaluar los conceptos después del uso del simulador. Al

analizar los resultados. Ellos encontraron que el uso de la estrategia virtual (simulador), favorece en algunos estudiantes sus formas de expresar relaciones e interpretar gráficas, sin embargo, también consideran necesario que los estudiantes inicialmente adquieran destrezas en el manejo de herramientas virtuales.

Por su parte Kohmyer et. Al. (2009), se interesaron por analizar específicamente los planes de estudio y los contenidos de los cursos del electromagnetismo, en dos currículos de universidades diferentes: el primero de ellos es un curso pensado desde la enseñanza tradicional, el otro, es un currículo pensado desde materia e interacciones. Después de la instrucción a los estudiantes se les aplica la prueba BEMA (Brief Electricity and Magnetism Assessment), compuesta de 30 preguntas de múltiple respuesta sobre los conceptos básicos del electromagnetismo: electrostática, circuitos, campo eléctrico, fuerza eléctrica e inducción. Al analizar los resultados encontraron que el currículo pensado desde materia e interacciones fue más eficaz, porque proporcionó una comprensión de los conceptos y de los fenómenos electromagnéticos.

La investigación de Colombo (1990), de igual forma concluye que las dificultades de aprendizaje que se presentan en la enseñanza habitual, son debidas a la forma de estructurar los contenidos del electromagnetismo. Al respecto, plantea que es necesario revisar esta estructuración y propone que la enseñanza del electromagnetismo no debe obedecer a la secuencialidad de los libros textos, sino que propone partir de la teoría de Ausubel, quien utiliza como concepto estructurador la energía y como subsunior (concepto previo relevante que sirve de anclaje a los nuevos conceptos), el concepto de corriente eléctrica.

En tal sentido, es importante dar cuenta que en la enseñanza de las ciencias y la tecnología, el empleo de prácticas pedagógicas debe propiciar la creatividad de los estudiantes, a la vez que los motiven a profundizar sobre los conceptos. Para tal fin, se sugiere el uso de material didáctico, que permita la interacción del estudiante con los principios involucrados y las respectivas aplicaciones. Tal y como se describe en el trabajo

"desarrollo de un prototipo didáctico como alternativa pedagógica para la enseñanza del concepto de inducción electromagnética", de Duarte, Gutiérrez y Fernández (2007), quienes a partir de un proceso de diseño y fabricación de un prototipo compacto, de bajo costo y fácil de operar, ilustran el principio de funcionamiento de un generador eléctrico. Con este prototipo fue posible profundizar conceptos propios de los circuitos eléctricos, a través de la medición de parámetros como la corriente y la tensión generada.

Al respecto de este tipo de trabajos es posible concluir que, la tecnología multimedia con su interactividad ofrece al estudiante un ambiente de aprendizaje armónico, compuesto de conceptos teóricos, software de simulación y análisis, experimentos de laboratorios y aplicaciones prácticas. Este tipo de estrategias, vienen siendo utilizadas en diferentes cursos de formación, permitiendo al estudiante aprendizajes de acuerdo con sus intereses, sus necesidades y su propio ritmo.

## 5. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Finalmente es importante decir que, el conocimiento de las concepciones alternativas y representaciones mentales, las dificultades de aprendizaje de los estudiantes y el diseño y evaluación de estrategias de enseñanza para el electromagnetismo, puede servir de referente a los profesores y por supuesto, les brinda la posibilidad de desarrollar nuevos procesos de enseñanza, con innovaciones de carácter didáctico y metodológico. Lo que trae de la mano una serie de implicaciones didácticas, que son la razón de ser de esta breve revisión y que desplegamos a continuación:

Las concepciones alternativas sobre el electromagnetismo son una parte fundamental en "la lógica del que aprende", pues las diferentes investigaciones nos mostraron que estas ideas entran en conflicto con las explicaciones científicas. Al respecto, es necesario establecer la distinción tal y como la plantean Jorba y San Martí (1994) quienes citan a Vermersch (1979) y a Halwachs (1975) cuando dicen: "que existe una

diferencia entre la lógica de la disciplina, la lógica del experto y la lógica del que aprende [...] cuando distingue entre la física del físico, la física del enseñante y la física del estudiante" (1994, 84). Ellos señalan que el estudiante obedece a la lógica del sentido común a la hora de explicar las situaciones o fenómenos, en este caso relacionados con el electromagnetismo, que se le plantean. Explicaciones que poco o nada tienen que ver con la estructura interna de la disciplina, e igualmente muy poco o nada con las explicaciones de los profesores. En el momento en que estos realizan la transposición didáctica, no tienen ningún interés de reconocer las concepciones alternativas de los estudiantes.

Cuando el profesor piensa en el diseño de su proceso de enseñanza y aprendizaje, es decir, en sus intervenciones de aula, está más interesado en transmitir la lógica de la disciplina, antes que propiciar estrategias de enseñanza para que los estudiantes construyan las nuevas explicaciones próximas a las científicas. Muchos de los procesos de enseñanza contribuyen con la comprensión de los conceptos científicos, ya que las concepciones alternativas están fuertemente arraigadas y a pesar de la instrucción, permanecen inmodificables y se perpetúan en el tiempo.

En este sentido el dar cuenta del estado de las investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo implica pensar, no sólo en las concepciones alternativas de los estudiantes, modelos mentales y sus dificultades, sino también en la manera cómo los profesores piensan su enseñanza. Los resultados muestran que es importante no sólo saber lo que se enseña, sino que además los profesores deben realizar reflexiones pedagógicas y didácticas, que contribuyan a pensar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física y en el caso específico del tema que nos atañe de la enseñanza de los conceptos del electromagnetismo.

## 6. REFERENCIAS

Almudi, J.M. (2002). Introducción del concepto de campo magnético en primer ciclo de universidad: dificultades de aprendizaje y propuesta alternativa de orientación

constructivista. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco.

Antonio, J.M., Soares, H., Abdalla, Jr., Menezes, P.C., Franklin, da C.L., Silva, E.T.L. (2004). Utilización de tecnología de la información en la enseñanza de electromagnetismo. *Revista Facultad de Ingeniería*, 12(1), 59-64.

Catalán, L., Sahelices, C.C., Moreira, M.A. (2010). Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la inducción electromagnética. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 4(1).

Colombo, D.C.L., Fontdevila, P.A. (1990). Concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 215-222.

Duarte, J.E., Gutiérrez, G.J., Morales, F.H.F. (2007). Desarrollo de un prototipo didáctico como alternativa pedagógica para la enseñanza del concepto de inducción electromagnética. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 21, 77-83.

Furió, C. y Guisasola, J. (1997). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las ciencias*, 15(2), 259-271.

Furió, C. y Guisasola, J. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3), 441-452.

Greca, I.M., Moreira, M.A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 289-303.

Greca, I.M., Moreira, M.A. ((2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação, Bauru*, 9(2), 301-315.

Greca, I.M., Moreira, M.A. (2003). Obstáculos representacionales mentales en el aprendizaje de conceptos cuánticos. *Volumen*, página.

Guisasola, J., Almudi, J.M., Zubimendi, J.L. (2003). Dificultades de aprendizaje de los

estudiantes universitarios en la teoría de campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), 79-94.

Guisasola, J., Almudi, J.M., Zubimendi, J.L., Ceberio, M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza de las ciencias*, 21(2), 281-293.

Guisasola, J., Almudi, J.M., Zubimendi, J.L., Zuza, K. (2005). Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias*, 23 (3), 303-320.

Jorba, J. y San Martí, N. (1994). Enseñar, aprender y evaluar. Un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias y las matemáticas. Capítulo 3. Barcelona.

Llancaqueo, A., Caballero M.C., Moreira, M.A (2003). El concepto de campo en el aprendizaje de la física y en la investigación en educación en ciencias. *Revista Electrónica de enseñanza de las Ciencias*, 2 (3), 227-253.

Maloney, D.P., O'kuma, T.L., Hieggelke, C.J. y Vanheuvelen, A. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Phys. Educ. Res. American Journal of Physics Suppl.*, 69(7), 12-23.

Massons, J., Camps, J., Cabre, R., Ríz, X. y Diaz, F. (1993). Electroestática y EAO: una experiencia de simulación. *Enseñanza de las ciencias*, 11(2), 179-183.

Kohmyer, M., Caballero, M., Catrambone, R., Chabay, R., Mark P. L., Haugan, M., Marr, J., Sherwood, B. y Schatz, M. (2009). *Physical review special topics physics education research*, 5.

Finkelstein, W. K., Adams, C. J., Keller, P. B., Kohl, K., Perkins, N. S., Podolefsky, y Reid, S. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment.

*Physical review special topics physics education research*, 1(10), 103.

Otero, M.R. (1999). Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias. *Investigaciones en Enseñanza de Ciencias*, 4(2), 93-119.

Podolefsky, N.S. y Finkelstein, N. D. (2007a). Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: Empirical studies.

Serrano, G. y Catalan, L. (2009). Movimiento de cargas en campos eléctricos uniformes: estrategia mediada por el uso de las TIC. Universidad Nacional de Cuyo-Facultad de Ciencias. Extraído de <http://www.fcai.uncu.edu.ar/upload/27etc-serrano-fcai.pdf>.

Velazco, S. (1998). El campo electromagnético en la enseñanza y el aprendizaje de la física. Tesina predoctoral. Universidad Nacional de Tucumán.