UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES



EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE CAMPO EN ESTUDIANTES DE NIVEL UNIVERSITARIO

Tesis para obtener el título de Licenciado en Matemáticas y Física

LEIDY JOHANA ESCOBAR DURANGO

YULIANA GONZÁLEZ PULGARÍN

CLAUDIA PATRICIA GUTIÉRREZ AVENDAÑO

Dirigida por:

Óscar Meneses Cardona

Medellín - Colombia

2009

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Presidente del jurado

_____

Jurado

_____

Jurado

Medellín

Fecha

_____

DEDICATORIA

A nuestras familias por su apoyo incondicional y a todas aquellas personas que creyeron en nosotras.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente al profesor Óscar Meneses Cardona por su compromiso y dedicación en la realización de este trabajo.

Al profesor Juan Carlos Castrillón y a los estudiantes del espacio de conceptualización de Física de los Campos del semestre 2008-02 que hicieron posible este proceso investigativo.

Al comité de carrera del programa de Licenciatura en Matemáticas y Física por brindarnos el espacio para la realización de la práctica profesional.

Al profesor Alonso Sepúlveda quien nos asesoró en la parte teórica y nos revisó el trabajo.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE TABLAS ..... **ix**

LISTA DE GRÁFICOS ..... **iii**

RESUMEN ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

INTRODUCCIÓN ..... **ii**

CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN **1**

1.1. Antecedentes 1

1.2. Formulación del problema 7

1.3. Justificación 9

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO **11**

2.1. Referente epistemológico 11

2.1.1. La racionalidad en las ciencias desde la perspectiva de Toulmin. 11

2.1.2. Modelo evolucionista de Toulmin 13

2.2. Referente Didáctico. 16

2.2.1. Análisis multidimensional de la evolución conceptual. 16

2.2.1.1. La evolución de los conceptos en la mente de los estudiantes. 16

2.2.1.2. La filosofía de las ciencias en la evolución conceptual 17

2.2.1.3. La evolución conceptual desde las ciencias cognitivas 18

2.2.1.4. La evolución conceptual desde la didáctica de las ciencias 19

2.2.2. La evolución conceptual desde la perspectiva de Tamayo. 20

2.2.2.1. Elementos profundos y superficiales en la estructura de los estudiantes. 22

2.2.2.2. Aspecto lingüístico en la evolución conceptual 23

2.2.3. Implicaciones didácticas de un enfoque histórico epistemológico en la enseñanza de las ciencias. 25

2.3. Referente disciplinar 29

2.3.1. Modelo de Newton: Acción a distancia 29

2.3.2. Modelo de Faraday 31

2.3.2.1. Acción de partículas contiguas 31

2.3.2.2. Velocidad finita de propagación 32

2.3.2.3. Líneas de Fuerza 33

2.3.3. Modelo de Maxwell 35

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 37

3.1. Fundamentos metodológicos de la investigación 37

3.1.1. Métodos de investigación cualitativa 37

3.1.2. Estudio de caso 39

3.2. Estructura metodológica de la investigación 41

3.2.1. Objetivos 41

3.2.1.1. General 41

3.2.1.2. Específicos 42

3.2.1.3. Metodológicos 42

3.2.2. Diseño de la investigación 42

3.2.2.1. Fase 1: Selección y definición del problema de investigación. 43

3.2.2.2. Fase 2: Marco teórico, metodología e intervención 44

3.2.2.3. Fase 3: Análisis de resultados y conclusiones 44

3.2.3. Características de la intervención 45

3.2.3.1. Informantes 45

3.2.3.2. Institución Educativa 46

3.2.3.3. Tema estudiado 47

3.3. Categorías de análisis 47
3.3.1. Distanciamiento y crítica. 48
3.3.2. Coherencia y estructura del discurso 49
3.3.3. Representación lingüística: 49
Representación textual superficial: 50
3.4. Estructura para el análisis de información. 50
3.5. Recolección de información 51
3.5.1. Métodos utilizados durante la primera fase: observaciones y diario pedagógico 52
3.5.2. Métodos utilizados durante la segunda fase 52
3.5.2.1. Caracterización de la población 52
3.5.2.2. Actividad diagnóstica 53
3.5.2.3. Actividades de intervención 53
3.5.2.4. Actividad de evaluación 54
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS 55
4.1. Análisis: Estudiante 1 55
4.1.1. Actividad diagnóstica 55
4.1.2. Actividades de intervención 56
4.1.3. Actividad evaluativa 59
4.2. Análisis: Estudiante 2 60
4.2.1. Actividad diagnóstica 60
4.2.2. Actividades de intervención 61
4.2.3. Actividad evaluativa 63
4.3. Análisis: Estudiante 3 64
4.3.1. Actividad diagnóstica 64
4.3.2. Actividades de intervención 65

4.3.3. Actividad evaluativa 67
4.4. Análisis: Estudiante 4 68
4.4.1. Actividad diagnóstica 68
4.4.2. Actividades de intervención 68
4.4.3. Actividad evaluativa 71
CAPÍTULO 5: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN 73
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES 75
REFERENCIAS 77
ANEXOS 81
ANEXO 1: Contenido del espacio de conceptualización Física de los Campos. 81
ANEXO 2: Carta de aceptación 82
ANEXO 3: Caracterización de la población 84
ANEXO 5: Actividad sobre el campo eléctrico 89
ANEXO 6: Actividad sobre el campo magnético 91
ANEXO 7: Actividad experimental: Oersted Y Faraday 93
ANEXO 8: Actividad de evaluación 99

LISTA DE TABLAS

Tabla 3. 1: Modelos explicativos de la Física 50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2. 1: Fuerza de atracción entre m1 y m2..... 30

Gráfico 2. 2: Líneas de fuerza de partículas de carga negativa (–Q) y positiva (+Q). 34

Gráfico 2. 3: Líneas de fuerza de dos partículas cargadas. 35

Gráfico 3. 1: Esquema general de la investigación 43

Gráfico 3. 2: Estructura para el análisis de la información 51

Gráfico 4. 1: Esquema general de los modelos explicativos del estudiante 1 60

Gráfico 4. 2: Esquema general de los modelos explicativos del estudiante 2 64

Gráfico 4. 3 : Esquema general de los modelos explicativos del estudiante 3 67

Gráfico 4. 4: Esquema general de los modelos explicativos del estudiante 4 72

RESUMEN

Esta investigación, se realiza con maestros en formación de quinto semestre de del programa de Licenciatura en Matemáticas y Física, mediante una metodología de estudio de caso. Se ha identificado, utilizando métodos de indagación (observaciones, diarios de campo, entrevistas y discusiones grupales), que los estudiantes presentan confusión entre fuerza y campo, que no identifican las fuentes de campo ni utilizan este concepto en la explicación de los fenómenos físicos en los que interviene.

Debido a la importancia del concepto de campo en el aprendizaje de la física como estructurante de los fenómenos eléctricos, magnéticos y gravitacionales, se analizan las modificaciones que pueden presentarse en la evolución de los modelos explicativos de los estudiantes, en torno a la construcción de dicho concepto. Este estudio se apoya en investigaciones realizadas por autores como: Óscar Tamayo, en cuanto a la evolución conceptual en los estudiantes; Stephen Toulmin relacionado con la perspectiva evolucionista de las ciencias y en los modelos físicos de Isaac Newton, Michael Faraday y James Clerk Maxwell en cuanto al contenido disciplinar, los cuales están fundamentados en las nociones de acción a distancia, líneas de fuerza y acción del éter sobre puntos vecinos, respectivamente.

Teniendo en cuenta las categorías construidas y a partir de la aplicación del método de indagación, se analizó que todos los informantes presentan características explicativas propias del modelo de Newton. Posteriormente se implementaron actividades que permiten al estudiante identificar las ventajas y desventajas de sus modelos explicativos favoreciendo la migración a otros modelos. Desde la perspectiva de Tamayo (2001), se evaluó, el proceso de evolución de los modelos explicativos de los estudiantes, a partir de la argumentación dada por ellos en el análisis de fenómenos en los cuales interviene el concepto de campo.

Palabras clave: Modelos explicativos, campo, evolución conceptual.

ABSTRACT

This research, is performed with teachers in training of Fifth semester of the programme of Mathematics and Physics Teaching, through a case study methodology. It has been identified, using methods of Inquiry (observations, field journals, interviews and group discussions), that the students have confusions between force and field, and that they don't identify sources of field or use this concept in the explanation of the physical phenomena in which intervenes.

Due to the importance of the concept of field in the physics as formative learning of the phenomena electric, magnetic and gravitational, it analizes the modifications that may occur in the evolution of explanatory models of the students in the construction of that concept. This study is based on researches made by authors such as: Oscar Tamayo, on the conceptual development of students; Stephen Toulmin related to the evolutionist perspective of Sciences and physicists models of Isaac Newton, Michael Faraday and James Clerk Maxwell in the discipline content, which are based in the notions of action distance, force and action lines of the ether on close points, respectively.

Taking into account the constructed categories and from the application of the method of investigation, there was analyzed that all the informants present explanatory characteristics of the model of Newton. Subsequently they implemented activities that allow students to identify the advantages and disadvantages of its explanatory models favouring migration to other models. From the perspective of Tamayo (2001), it was evaluated the process of evolution of explanatory models of students, from the argument given by them in analysis of phenomena which involves the concept of field.

Key words: explanatory models, field, evolution conceptual.

INTRODUCCIÓN

Estudiar la evolución del concepto de campo, a partir de las modificaciones que presentan los elementos de los modelos explicativos en los estudiantes, permite describir las representaciones mentales que construyen con relación a este concepto y a los elementos que movilizan dentro de sus modelos explicativos. En el estudio del concepto de campo, se utilizaron los aportes históricos y epistemológicos de autores como Faraday y Maxwell; estos, permiten establecer categorías que fueron importantes en la evolución del concepto de campo en la física.

Así pues, desde la perspectiva de Tamayo (2001), se analiza la evolución conceptual que presentan los estudiantes en la comprensión del concepto de campo, basada en el análisis del discurso escrito y verbal del estudiante, mediante el cual se identifican los elementos movilizados en las estructuras profundas y superficiales, siendo estos comparados con los modelos de Newton, Faraday y Maxwell.

En la primera parte de esta monografía, se presenta una revisión de los principales aportes de investigaciones en didáctica de las ciencias, acerca de la enseñanza y el aprendizaje del concepto de campo, a partir de ello, se identifican dificultades en la comprensión del concepto de campo y se comparan con las encontradas en el proceso de observación, realizado en el espacio de conceptualización de Física de los Campos en el semestre 2008-02, y así se hace explícitas las problemáticas de orden conceptual y epistemológico que tienen los maestros en formación.

Se presenta, el planteamiento general de la investigación y se justifica el diseño de la misma; además, se hace referencia a la visión de las ciencias expuesta por Toulmin que conforma el referente epistemológico, la perspectiva de Tamayo que orienta el referente didáctico y a los modelos de acción a distancia de Newton y del concepto de Campo asumidos por Faraday y Maxwell que conforman el referente disciplinar de la presente investigación.

En la segunda parte, se presenta la metodología, allí se hacen explícitos los objetivos y las fases de la investigación que orientan la elaboración de la misma. Posteriormente se presenta el análisis de un primer método de indagación, el cual permite identificar y analizar los modelos iníciales que poseen los estudiantes sobre el concepto de campo; además, se exponen los elementos centrales de los modelos de Newton, Faraday y Maxwell sobre dicho concepto, permitiendo esto ubicar a los estudiantes dentro de uno de estos modelos de campo de la física.

Luego, se presentan los métodos de intervención, estos permiten al estudiante argumentar diversas situaciones con relación al concepto de campo gravitacional, eléctrico y magnético; de esta forma se analiza cada una de las argumentaciones dadas por los estudiantes, en cada uno de los métodos, estableciéndose la información de los elementos que se han movilizado e incorporado progresivamente a otros modelos explicativos. Posteriormente se presentan los resultados de un método de evaluación que caracteriza e identifica los elementos finales del modelo explicativo de cada uno de los estudiantes sobre el concepto de campo.

Para finalizar, se realizan las conclusiones, de acuerdo a la pregunta problemática que ha orientado todo el proceso de investigación y el cual, se ha centrado en las modificaciones que tienen los estudiantes en la construcción del concepto de campo en la física.

CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

Los estudiantes utilizan sus modelos explicativos para la comprensión de los fenómenos, y son estos modelos los que guían su forma de analizar y resolver situaciones; en algunos casos los estudiantes presentan explicaciones desde el conocimiento cotidiano, sobre los fenómenos eléctricos, magnéticos y gravitacionales; dichas explicaciones no coinciden con las concepciones científicamente aceptadas. El concepto de campo presenta dificultades, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje ((Llancaqueo J. , 2006); (Greca & Moreira, 1998), (Furio & Guisasola, 1999), entre otros), el nivel de abstracción que exige el concepto, entre otros aspectos, dificultan al estudiante su comprensión y la incorporación de éste a sus modelos explicativos; esta problemática permite construir estrategias de enseñanza, orientadas a facilitar la comprensión del concepto y su relación con otros, como por ejemplo, fuerza, carga, interacción.

En la búsqueda de información, se encontraron numerosos artículos e investigaciones relacionados con la enseñanza y el aprendizaje del concepto de campo, en revistas como: Enseñanza de las ciencias, Revista Colombiana de Física, American Association of Physics Teachers, Brasileira de Ensino de Física, entre otras, de las cuales se mencionarán algunas investigaciones que analizan dificultades y estrategias en cuanto al aprendizaje de conceptos como campo, carga, fuentes de campo, etc. Dichas publicaciones son a menudo citadas por diversos autores.

- (Guisasola & Furió, 1998) en la investigación : *Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad*, plantean la necesidad de analizar las ideas que tienen los estudiantes, sobre cuál es la naturaleza del campo magnético, discuten algunas de las implicaciones que tienen dichas ideas a la hora de elegir los objetivos de enseñanza en magnetostática, teniendo en cuenta las representaciones mentales que los estudiantes tienen de los fenómenos o eventos físicos, es posible describir a partir de "categorías explicativas", en las cuales se ubicarán las diferentes concepciones.

  Los autores consideran que estudiantes universitarios y de último curso de bachillerato presentan confusión a la hora de identificar las fuentes de campo magnético, tienen dificultades para explicar las interacciones magnéticas y no tienen en cuenta la naturaleza relativista de dicho concepto. Cómo metodología emplean diversas pruebas, en las que los estudiantes se enfrentan a situaciones relacionadas con fenómenos magnéticos.

  Entre las explicaciones con las cuales los estudiantes se refieren a al magnetismo, se encuentran: un razonamiento artificial donde la "visualización" de las líneas de fuerza obliga a que exista un campo magnético; explicaciones enmarcadas en los fenómenos eléctricos a partir de los cuales una carga eléctrica es fuente del campo magnético, sin importar si esta está en reposo o acelerada, por tanto se presenta una confusión entre los campos magnético y eléctrico.

- (Furió & Guisasola, 1999) presentan en su artículo: *Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento*, un breve análisis de las dificultades que los estudiantes tienen en la electrostática. Estos análisis hechos en este artículo nacen a partir de las numerosas investigaciones realizadas en la década de los noventa en torno a la enseñanza de la física. Se encontró que los estudiantes presentan dificultades en:

1. La interpretación de fenómenos electrostáticos básicos, como interacciones entre carga puntuales, fenómenos triboeléctricos o de inducción eléctrica.
2. El aprendizaje del concepto de campo eléctrico, potencial eléctrico y en la causalidad del movimiento de cargas.

Como conclusión se tiene que los estudiantes no comprenden adecuadamente conceptos claves de física y que esto se ve reflejado en temas más complejos.

- (Greca & Moreira, 1998) en: *Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo*; muestran los resultados de una investigación, con el objetivo de determinar a qué nivel de representación mental, operan los estudiantes de física general de nivel universitario, cuando resuelven problemas y cuestiones teóricas referidas al concepto de campo electromagnético*,* considerando de gran importancia el conocimiento de las concepciones alternativas que constituyen para ellos una imagen del mundo, y cómo se articulan estas con los nuevos conocimientos, posibilitando el aprendizaje.

Estos autores basaron el análisis de los datos obtenidos en la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird, que establece que los estudiantes crean representaciones proposicionales (definidas como representaciones mentales que pueden ser expresadas verbalmente), modelos mentales (análogos estructurales de una situación del mundo real o imaginario); *y* las imágenes mentales (“perspectivas” particulares de un modelo mental).

Resaltan la importancia de considerar que la capacidad de los estudiantes para entender una teoría física está determinada por la forma como construyen sus modelos, donde la teoría contenga sus fundamentos básicos, relaciones, aplicaciones, construyendo visiones no simplistas de la física. Concluyen que en la enseñanza es necesario un acompañamiento a los

estudiantes en la construcción del marco conceptual de la teoría, generando representaciones, de manera análoga a la realizada por los científicos.

- (Llancaqueo, Caballero, & Moreira, 2003a) Presentan en: *El concepto de campo en el aprendizaje de física y en la investigación en educación en ciencias*, una revisión bibliográfica de resultados de investigaciones en educación en ciencias, sobre el aprendizaje y enseñanza del concepto de campo en física. Esta es parte integrante de un proyecto de investigación con interés en el aprendizaje del concepto de campo como un concepto fundamental de la física.

  Se comentan los resultados y conclusiones de las investigaciones revisadas y observa la necesidad de explorar un referencial teórico cognitivo que permita abordar los vínculos entre la estructura formal del conocimiento del concepto de campo construido por la física y la estructura conceptual que poseen los estudiantes.

- (LLancaqueo, Caballero, & Moreira, 2003b) Dan a conocer en: *El aprendizaje del concepto de campo en física: una investigación exploratoria a la luz de la teoría de Vergnaud*, los resultados de una investigación realizada por los autores con estudiantes de bachillerato y primer año de universidad, basándose en el marco de la teoría de campos conceptuales, de Vergnaud, con el objetivo de comprender la forma cómo se articulan las concepciones de los estudiantes y su estructura cognitiva con los conocimientos científicos en torno al concepto de campo.

  Considerando la importancia del aprendizaje del concepto de campo, los autores llegan a la conclusión de que a pesar de su enseñanza, los estudiantes no conceptualizan de manera valida según la ciencia, debido a los bajos niveles de explicitación de invariantes y sus representaciones, donde

existe predominio de los aspectos procedimentales, de las operaciones sobre el uso de predicados de mayor riqueza conceptual; lo que se hace evidente cuando los estudiantes resuelven ejercicios y problemas.

- (Ángel & Clavijo, 2006) En: L*o que el estudiante entiende de potencial eléctrico*, establecen lo que los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, entienden por potencial eléctrico, enfatizando en la importancia de conocer las ideas previas de los estudiantes para mejorar el proceso de enseñanza. La investigación se basó en la realización de una prueba diagnóstica, para identificar dichas concepciones, concluyendo, que los estudiantes confunden energía potencial y potencial eléctrico; este último concepto no lo relacionan con el movimiento de cargas, ni con la energía eléctrica, además, identificaron que el movimiento de cargas lo pueden relacionar mejor con el campo eléctrico que con una diferencia de potencial (en el vacío o en el aire).

  En esta investigación, se resalta la importancia de que el docente reflexione sobre la manera de buscar en el estudiante un aprendizaje más participativo, ampliando de esta forma la probabilidad de asimilar mejor su manera de observar, analizar y relacionar los fenómenos cotidianos con la teoría formal. Una posibilidad de acercar al estudiante a la comprensión del tema es presentar las analogías del potencial eléctrico y superficies equipotenciales con los conceptos gravitacionales.

A continuación se presentan algunas investigaciones que identifican las dificultades en la enseñanza del concepto de campo:

- (Furió & Guisasola, 2001) Presentan en: L*a enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada*, una propuesta o estrategia de enseñanza cuyo enfoque, investigación

dirigida, permite la construcción del concepto de campo haciendo participe al estudiante de dicho proceso y a su vez permitiendo que este sea más significativo para el educando. Plantean la importancia de considerar la epistemología de la teoría eléctrica para potenciar el aprendizaje y a partir de ello construir una secuencia de enseñanza de los temas a tratar en un curso de electrostática.

Implementan actividades basadas principalmente en la realización de preguntas que incitan a la discusión por parte de los estudiantes y que exigen una buena orientación por parte del maestro, mediando una reflexión crítica de los nuevos conceptos. Al finalizar presentan una comparación entre los resultados obtenidos de un grupo experimental y un grupo de control de la cual se interpretan unos resultados positivos para la propuesta de los autores.

- (Periago & Bohigas, 2000) Identifican en: *Modelo conceptual del Campo Eléctrico creado por una carga puntual de los alumnos de segundo curso de Ingeniería*, los esquemas y modelos conceptuales que utilizan los estudiantes de Ingeniería al resolver situaciones de interacción, debido a la dificultad que existe cuando se presenta el análisis del concepto de campo eléctrico.

  Como conclusión establecen, que a pesar de la instrucción los estudiantes confunden los conceptos de campo eléctrico y fuerza de interacción electrostática, debido a que, la mayoría de ellos asocian la existencia de campo eléctrico en un punto, a la presencia de carga eléctrica en dicho punto y además consideran que el signo de dicho campo depende del signo de la carga situada en el punto.

- (Rodriguez, Lara-Barragán, & Cerpa, 2001) Consideran en: *La enseñanza del electromagnetismo: Una experiencia dentro del modelo de competencias Integradas de la universidad de Guadalajara*, la importancia de relacionar los contenidos de la física con lo cotidiano, proponen la enseñanza del

electromagnetismo como una situación integrada, donde el estudiante reconozca sus fundamentos y aplicaciones, pero en vista de que los fenómenos físicos electromagnéticos no son tan cotidianos para el estudiante, como lo son los fenómenos mecánicos, se propone la utilización de recursos didácticos integrados.

Los autores concluyen, a partir de la implementación de la propuesta, que los estudiantes poseen un mejor dominio conceptual de la electricidad y magnetismo utilizando un modelo de competencias integradas.

1. Analizando las investigaciones realizadas en cuanto a la enseñanza y el aprendizaje del concepto de campo, se encuentra, que los estudiantes presentan dificultades en comprender situaciones en las que intervienen las fuentes de campo (magnético y eléctrico), fenómenos electrostáticos, movimiento de cargas, entre otros. De igual forma la enseñanza de este concepto se hace compleja debido a su formalización, abstracción y relación con otros conceptos.

1.2. Formulación del problema

En el proceso de observación realizado, se determinaron las dificultades que presentan los estudiantes al analizar situaciones que implican la utilización del concepto de campo, dichos aspectos fueron registrados en diarios de campo, que permitieron llevar un proceso de las apreciaciones que tiene los estudiantes al enfrentarse a situaciones que involucran el campo gravitacional, eléctrico y magnético; lo cual, permitió compararlas con la información presentada en los antecedentes anteriores, y se establecer, así, las dificultades en la comprensión de los fenómenos eléctricos, magnéticos y gravitacionales.

Ahora bien, se hace necesario la construcción de estrategias que permitan, la movilización de elementos en los modelos explicativos que utilizan los estudiantes, al momento de comprender los fenómenos anteriormente mencionados. En consecuencia, se formula el siguiente planteamiento como problema de investigación y punto de partida del presente trabajo:

¿Cuáles son las modificaciones que pueden presentarse en la evolución[1] de los modelos explicativos de los estudiantes en torno a la construcción del concepto de campo?

[1] Se refiere a la evolución conceptual, retomando los planteamientos del autor Óscar Tamayo (2001)

1.3. Justificación

Diversas Investigaciones (Guisasola 1998, Llancaqueo 2006, Furió 1991) han encontrado, que los estudiantes de primeros niveles universitarios presentan dificultades en la comprensión de las interacciones eléctricas, magnéticas y gravitacionales y que confunden conceptos como fuerza, campo, potencial eléctrico, fuentes de campo, entre otros. Entre las causas de dichas dificultades se encuentra, principalmente, el alto grado de abstracción de los conceptos físicos empleados y la poca utilización del modelo de campo en los modelos explicativos de los estudiantes.

Estudios sobre didáctica en enseñanza de las ciencias (Almundí,2003; Furió, 2001; Greca y Moreira, 1998, entre otros) muestran la importancia de potenciar el proceso de enseñanza aprendizaje, implementando estrategias que le ayuden al estudiante a superar dichas dificultades, en las que este tome un papel activo en la construcción de su conocimiento, y se logre un mayor acercamiento a la comprensión de los procesos y conceptos que utilizan las diversas ciencias, para dar explicación a determinados hechos. Desde esta perspectiva se busca que el estudiante comprenda, reflexione y analice las situaciones y conceptos de manera consciente y sistemática, permitiendo que "los estudiantes logren compartir significados que les permitan interpretar el mundo desde un punto de vista científico" (Llancaqueo J. , 2006, pág. 01).

Considerando el concepto de campo un eje articulador de los procesos eléctricos, magnéticos y gravitacionales a lo largo de la historia de la física, es importante considerarlo un concepto alternativo que el estudiante emplee para comprender dichos fenómenos; por tal razón la evolución del concepto de campo en la mente de los estudiantes, les brinda la posibilidad de comprender las teorías científicas y utilizarlas para la explicación de los fenómenos electromagnéticos. Esta investigación, busca conocer algunas de las modificaciones que presentan los estudiantes investigados, durante el proceso

de evolución de los modelos explicativos con relación al concepto de campo, logrando con ello que dichos estudiantes utilicen estos modelos para abordar situaciones físicas en las que intervienen fenómenos electromagnéticos y gravitacionales.

El desarrollo de esta investigación está orientado por la recontextualización del concepto de campo, que ha permitido la caracterización de los modelos de campo presentes en la evolución de la historia de la física, cada uno de estos modelos presentan elementos propios; esa caracterización es la que permite investigar aquellos elementos que se movilizan en la mente del estudiante, durante el proceso de aprendizaje. Los elementos modificados serán indagados a partir del análisis del discurso escrito y verbal de los estudiantes investigados, teniendo en cuenta aspectos como: la coherencia, la representación lingüística, el distanciamiento y la crítica.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Referente epistemológico

Estudios sobre la historia y la epistemología de las ciencias han llevado a la construcción de vertientes de pensamiento, cuyos postulados han sido defendidos y/o atacados por las comunidades científicas; formulaciones absolutistas y relativistas de las ciencias, desarrolladas por autores y escuelas de pensamiento, establecen visiones, que por largos años han explicado las transformaciones de las ciencias. El positivismo, cuyo modelo absolutista ha sido criticado, ha incitado el surgimiento de nuevos pensamientos, en los que se destacan autores como Kuhn, Lakatos, Feyerabend y Toulmin; quienes han planteado una visión de las ciencias como una construcción social.

Teniendo en cuenta esta visión social de las ciencias y de acuerdo con la perspectiva evolucionista utilizada en este estudio, se enunciarán, a continuación, los principales aportes de Toulmin a la comprensión del desarrollo de las ciencias, desde su perspectiva evolucionista.

2.1.1. La racionalidad en las ciencias desde la perspectiva de Toulmin.

Algunas visiones de las ciencias utilizan indistintamente los conceptos de racionalidad y sistematicidad lógica, esto ha llevado a la creación de un sistema universal, en el cual se inscriben las ciencias, siguiendo principios lógicos; las anteriores visiones presuponen “un concepto estático de racionalidad, entendida como atributo de un sistema lógico cerrado” (García, 1983, pág. 56). A diferencia de Toulmin, quien defiende “una racionalidad dinámica, que sea atributo de la

actividad intelectual humana, y especialmente de su tarea básica que consiste en criticar y modificar tales sistemas conceptuales" (García, 1983, pág. 56).

El absolutismo de Frege; para quienes la racionalidad exige un gran sistema lógico universal e inmutable, y el relativismo histórico de las ciencias expuesto por Collinwood, el cual concibe la racionalidad dentro de un cierto sistema lógico, evidentemente elaborado con los conceptos de su contexto histórico-cultural y el cual no interesa relacionar con otros sistemas, fueron criticados por Toulmin; su principal crítica se centra en la sistematicidad lógica en la que se han centrado las otras visiones de la naturaleza de las ciencias, como muestra de racionalidad, al respecto (Toulmin, 1977), dice:

> La preocupación exclusiva por la sistematicidad lógica ha resultado destructiva para la comprensión histórica y la critica racional. Los hombres demuestran su racionalidad, no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los defectos de sus procedimientos anteriores y superándolos.

La descripción evolutiva de las ciencias lleva a pensar en un concepto más amplio del término racionalidad**,** esta no se reduce a la coherencia lógica de un sistema general. García plantea la racionalidad "como atributo de esa empresa profundamente humana, colegial e histórica que es el desarrollo de una disciplina científica" (García, 1983, pág. 57). Actividad en la que se elige conscientemente en aquellos momentos críticos en la historia, cada concepto o teoría se introduce en una ciencia por razones y fines diferentes, enmarcados por una necesidad precisada por el contexto, y estos pueden ser reemplazados y modificados, de acuerdo a las necesidades científicas.

Lo anterior, "significa reconocer que una ciencia comprende una población histórica de conceptos y teorías lógicamente independientes, cada uno de los cuales tiene su historia, su estructura y sus implicaciones" (Toulmin, 1977, pág. 139). Estas consideraciones llevan a comprender las ciencias como constructos

sociales, con sus conceptos y problemas, lo que denomina Toulmin *genealogía de problemas*, la cual permite a cada ciencia, mantener su continuidad a lo largo de la historia.

En efecto, las disciplinas científicas son *entidades históricas* en evolución, dicha evolución se dará en términos de las ambiciones explicativas corrientes que corresponden a cada comunidad científica. Así pues las transformaciones de cada ciencia esta permeado no solo por sus propios conceptos sino también por los hombres que dan significado a estos, los cuales contrastan sus ideales explicativos en relación a sus ambiciones explicativas.

2.1.2. Modelo evolucionista de Toulmin

La perspectiva evolucionista de Toulmin, análoga a la teoría de la evolución de las especies propuesta por Darwin; se formula, con el fin de construir una explicación evolutiva que dé cuenta de las transformaciones progresivas de las poblaciones conceptuales. La visión evolucionista de Toulmin está centrada en dos conceptos utilizados en la visión de Darwin: los variantes y la selectividad. Los variantes intelectuales o innovación, se refiere a los factores que permiten el surgimiento de variaciones en las poblaciones, y los factores selectivos, son aquellos factores que permiten modificar dichas poblaciones, favoreciendo algunas variantes.

Las presiones o exigencias pueden explicar la continuidad o cambios en las poblaciones (conceptuales u orgánicas), y es en la competencia donde es posible observar las ventajas o las desventajas de un conjunto de variantes o innovaciones, entrando en juego la selección (crítica o natural) que permitirá el éxito o fracaso de algunas variantes.

El modelo Darwinista tomado por Toulmin, es un ejemplo de una forma más general de explicación histórica y por tanto este esquema puede ser aplicable a entidades y poblaciones históricas de otro tipo. En consecuencia, las relaciones establecidas por Darwin en cuanto a poblaciones de especies, es extendida al estudio del cambio conceptual. Dichas relaciones se basan principalmente en i) Los patrones históricos de largo alcance del cambio conceptual; ii) las actividades cotidianas de los usuarios de conceptos, y iii) las condiciones permanentes de las que las decisiones inmediatas de los usuarios de conceptos dependen para sus efectos a largo plazo (Toulmin, 1977, pág. 139).

Las relaciones establecidas, producto de la acción combinada de los variantes y los procesos de selección crítica, traen consigo la aparición de nuevas especies o nuevos cambios conceptuales; si bien, las disciplinas intelectuales se modifican o son mutables, presentan continuidad a lo largo de la historia, "Una explicación evolutiva del desarrollo intelectual, por consiguiente, tiene que explicar dos caracteres por separado: por un lado, la coherencia y continuidad por la que identificamos las disciplinas como distintas y, por el otro lado, los profundos cambios a largo plazo por los que se transforma o son superadas" (Toulmin, 1977, pág. 149).

Para explicar la continuidad de las disciplinas intelectuales, Toulmin en su obra *La comprensión humana: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*, trae a colación el ejemplo de la física cuántica; en dicho ejemplo, pone de manifiesto los cambios que ha sufrido la física cuántica entre 1890 y 1950; en los que la terminología, los modelos teóricos y las ecuaciones fundamentales de la física cuántica, cambiaron significativamente; de esta forma plantea Toulmin "el mismo Rutherford en 1930 ya no podía concebir los átomos del mismo modo que los discípulos de sus discípulos daban por sentado" (p. 158).

Esto implica, que la continuidad de una disciplina no está precisamente relacionada con aquellos términos que lograron mantenerse sino, más bien, en relación con los problemas, con los que cada generación tuvo que enfrentar.

Toulmin no se refiere solamente a un problema sino a una *genealogía* continua de problemas; "la unidad de una disciplina intelectual refleja la continuidad impuesta a los problemas que aborda" (Chamizo, 2007, pág. 140).

Los problemas en las ciencias, surgen cuando las ideas sobre el mundo están en conflicto con la naturaleza o de la comparación entre ideas y experiencias, a la luz de los ideales explicativos o las ambiciones explicativas. Esta ambición colectiva del gremio de profesionales apunta a la construcción de una "explicación completa" o la existencia de modelos de inteligibilidad completa. Las diferencias establecidas entre la capacidad común de explicar los fenómenos naturales y los ideales explicativos, pone de manifiesto los inconvenientes de los conceptos corrientes de una disciplina científica.

Toulmin sintetiza todo lo anterior con la siguiente relación:

$$Problemas\ científicos = Ideales\ explicaticos - capacidades\ corrientes$$

En consecuencia, "la transformación histórica por la cual evoluciona el contenido de una disciplina científica, sólo es inteligible en términos de las ambiciones explicativas corrientes del correspondiente gremio profesional" (Toulmin, 1977, pág. 163).

Ahora bien, estos ideales intelectuales de las disciplinas científicas están relacionados con los procedimientos explicativos, conceptos y problemas teóricos, en miras del refinamiento y clarificación de dichos ideales. Esta actividad de refinamiento, muestra la importancia de un análisis del uso racional de los conceptos en las disciplinas científicas.

Los conceptos científicos son transmitidos, legados y aprendidos de una generación a otra, mediante un proceso de *enculturación*; la nueva generación de científicos reciben el repertorio de técnicas, procedimientos, habilidades intelectuales y métodos de representación que son utilizados en la explicación de

fenómenos propios de cada disciplina. Según Toulmin, desde esta perspectiva es necesario considerar tres aspectos en el uso de los conceptos:

I) El lenguaje.

II) Las técnicas de representación.

III) Los procedimientos de aplicación de las ciencias.

El lenguaje se refiere a los conceptos propios de cada ciencia, los conceptos útiles para cada teoría, conceptos específicos de acuerdo a los ideales explicativos de cada comunidad científica. El autor se refiere a las técnicas de representación, como la posibilidad de modelar los fenómenos por cada una de las empresas intelectuales; "Toulmin opta por los modelos como el lazo entre el mundo y las leyes de la ciencia en una postura que algunos podrían identificar como instrumentalista" (Chamizo, 2007, pág. 140). El último aspecto, se refiere a los procedimientos y técnicas propias de cada ciencia, estos "forman los aspectos comunales -y aprendibles- y por ende, los que definen el conjunto representativo de conceptos que constituyen la transmisión colectiva de la ciencia […] solo llegamos a comprender el significado de esas palabras y ecuaciones cuando aprendemos a aplicarlas" (Toulmin, 1977, pág. 171).

2.2. Referente Didáctico.

2.2.1. Análisis multidimensional de la evolución conceptual.

2.2.1.1. La evolución de los conceptos en la mente de los estudiantes.

La construcción de los conceptos en la mente de los estudiantes es un aspecto relevante, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de las ciencias; la necesidad imperante de la conceptualización y de la construcción de un discurso científico en las aulas de clase ha llevado a los maestros a pensar en diversas herramientas que brinden al estudiante el desarrollo de habilidades

cognitivas y discursivas, que le permitan interactuar en el mundo científico; debido a esta necesidad, se hace importante la forma y los procesos mediante los cuales los estudiantes construyen o transforman sus conceptos.

Autores como Toulmin, Lakatos, Kunh, el grupo de Cornell, entre otros, han aportado desde sus investigaciones al conocimiento acerca de la evolución conceptual o en general al cambio conceptual, desde perspectivas como la filosofía de las ciencias, la didáctica de las ciencias y las ciencias cognitivas. Ahora bien, teniendo en cuenta todos los aportes e investigaciones realizadas se ha de considerar en lo que respecta a la evolución conceptual las indagaciones y puntos de vista de Tamayo, quien ha realizado investigaciones e indagaciones acerca de la evolución conceptual, proponiendo un análisis multidimensional de dicho tema.

Desde la perspectiva de este autor, se enuncia los principales aportes de la filosofía de las ciencias, la didáctica de las ciencias y las ciencias cognitivas en lo que concierne a la evolución conceptual, por último se muestra la importancia del lenguaje en el análisis de la evolución conceptual en los estudiantes.

2.2.1.2. La filosofía de las ciencias en la evolución conceptual

Algunos autores,((Gagliardi & Giordan, 1986); (Nussbaum, 1989)) ponen de manifiesto la similitud entre las concepciones de los estudiantes y las diferentes ideas científicas que se han formulado en determinadas épocas, estos afirman, que las dificultades que se han presentado a lo largo de la historia de las ciencias, también están presentes en la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes. Tamayo, enuncia en su revisión histórica el punto de vista de autores como Kuhn, quien concibe la evolución conceptual como revoluciones que causan cambios globales, donde el conocimiento se construye a partir de capacidades innatas del hombre; esto lleva a pensar en una evolución conceptual

determinada por la estructura lógico-formal que posee el hombre y por tanto es algo predeterminado secuencialmente.

Para Toulmin, la evolución conceptual es un proceso gradual que no depende únicamente de procesos lógicos, "ésta vendrá dada por la toma de conciencia gradual de las desventajas de las teorías propias y las ventajas de las teorías rivales" (Tamayo, 2001, pág. 17). Dentro de la perspectiva toulminiana se considera que los estudiantes mantienen elementos de las concepciones antiguas, a la vez que incorporan gradualmente elementos de las nuevas (Toulmin, 1977) (Nussbaum, 1989).

Es relevante considerar, que el cambio conceptual para Kuhn es un proceso radical o global, en tanto para Toulmin es un proceso que se da gradualmente, análisis compartido por Lakatos (1989), quien concibe la evolución de una teoría como un proceso gradual y mediado por hipótesis auxiliares que le dan la sostenibilidad o permiten su evolución. Desde la perspectiva lakatosiana, los programas de investigación conformados por una serie de teorías con sus propias metodologías, pueden coexistir a pesar de que ambos entren en contraposición.

Para Thagard, respecto a la evolución conceptual, considera que existen dos tipos de cambio conceptual, uno de ellos se refiere a cambios superficiales en el que intervienen la integración, eliminación y reorganización de conceptos; el otro se refiere a cambios más radicales en los que se llevan a cabo una redefinición de las naturalezas jerárquicas (Tamayo, 2001).

2.2.1.3. La evolución conceptual desde las ciencias cognitivas

Dentro de las ciencias cognitivas se presentan dos enfoques, uno mecanicista-asociacionista y otro organicista-estructuralista, se diferencian en lo que se refiere al aprendizaje, para el asociacionista el aprendizaje depende de los

conocimientos previos de aquel que esté interpretando una situación natural, a diferencia del estructuralista, que si bien, tiene en cuenta los conocimientos que posee con anterioridad los sujetos, afirman que estos conocimientos constituyen teorías (Pozo citado por (Tamayo, 2001).

Desde estos enfoques, se han desarrollado teorías en cuanto a la formación de los conceptos destacándose los aportes de Piaget, Vygotski y Ausubel. Para Piaget, la formación de conceptos no se da por la simple abstracción y percepción de los conceptos, sino que el conocimiento se da "a través de la interacción real y práctica del sujeto y el objeto, el sujeto entiende la naturaleza del objeto cuando actúa sobre este y lo transforma" (Tamayo, 2001, pág. 20).

Ausubel define los conceptos como "objetos, eventos, situaciones o propiedades que posee atributos de criterios comunes y que se designan mediante algún símbolo o signos" (Ausubel, 1983, pág. 61). Los conceptos son aprendidos a través de dos procesos: formación y asimilación. En la formación de conceptos, los atributos de criterio (características) del concepto se adquieren a través de la experiencia directa y en la asimilación los conceptos se incorporan a las estructuras cognitivas de forma jerárquica, partiendo de lo general a lo particular. Desde la teoría de Ausubel los conocimientos previos de los sujetos son determinantes a la hora de incorporar nuevos conceptos.

2.2.1.4. La evolución conceptual desde la didáctica de las ciencias

Desde la didáctica de las ciencias se destacan los trabajos pioneros de (Posner, 1982), y (Driver, 1988), sin embargo, los dos últimos autores se refieren principalmente a la indagación acerca de las concepciones alternativas de los estudiantes.

Cambio conceptual

Su punto de partida radica en la necesidad de comprender cómo las personas cambian sus concepciones por otras que son incompatibles con las primeras, es decir "la cuestión básicas es cómo cambian las ideas de los estudiantes al sufrir el impacto de las nuevas ideas y de las nuevas evidencias" (Posner, 1982, pág. 07).

En la teoría del cambio conceptual se presentan dos variantes denominadas *asimilación y acomodación*; la primera, es evidenciada en el momento en que los estudiantes comprenden nuevos fenómenos con los conceptos que ya han construido; la segunda, es manifiesta cuando el individuo se enfrenta a situaciones que le son imposibles de explicar con sus conceptos o que son contradictorias con las ideas que ya existen en su mente.

Este proceso de cambio conceptual se presenta a partir de unas condiciones y de unas características de lo que implica la ecología conceptual." (Posner, 1982, pág. 09). Para que se dé un cambio conceptual, afirman los autores, debe existir insatisfacción con las concepciones existentes, la nueva concepción debe ser inteligible, aparecer como verosímil inicialmente, y debe ser fructífera.

Cabe aclarar que esta teoría ha sido renovada (Strike & Posner, 1992) llegando a considerar que en la ecología conceptual, las concepciones de los estudiantes interactúan no solo con las científicas sino también, con supuestos epistemológicos, sociales, personales e institucionales.

2.2.2. La evolución conceptual desde la perspectiva de Tamayo.

Son diversos los estudios que se han realizado sobre la evolución conceptual, pero estos han sido centrados en aspectos cognitivos dejando de

lado otros aspectos, por esta razón y apoyado en autores como Chi et al (1994) y Printich(1993), Tamayo propone un estudio holístico de la evolución conceptual que tenga en cuenta todos los logros a nivel cognitivo pero también dimensiones socio-históricas y afectivas.

La perspectiva multidimensional integra aspectos conceptuales, cognitivos, metacognitivos y lingüísticos en la comprensión de la evolución de los conceptos en los estudiantes.

En cuanto al aspecto cognitivo, el autor destaca la importancia de conocer los elementos cognitivos que propician u obstaculizan la evolución conceptual, de esta forma reconocer estructuras superficiales y profundas en las estructuras cognitivas de los estudiantes. Desde la perspectiva metacognitiva, se destaca la importancia de que los estudiantes conozcan y regulen sus propios procesos de aprendizaje, se tiene en cuenta la motivación con el fin de integrar los diferentes intereses del educando en el aprendizaje de las ciencias, y por último (siendo un aspecto muy relevante para la presente propuesta) aparece el aspecto lingüístico, resaltando la necesidad de la construcción del discurso científico, el cual, puede ser analizado a través de su contenido y coherencia, obteniendo así, información acerca del proceso evolutivo de un determinado concepto.

De acuerdo con el autor esta perspectiva multidimensional tiene como supuestos (obtenidos de los aportes de la filosofía de las ciencias, de las ciencias cognitivas, de la didáctica de las ciencias entre otros), que los estudiantes generan conocimientos a partir de sus conocimientos anteriores; los estudiantes poseen modelos explicativos los cuales pueden activar para dar explicaciones a determinado fenómeno, estos modelos están determinados por la estructura cognitiva del estudiante y por el contexto: “Lograr identificar los elementos estables y las construcciones superficiales al interior de conjuntos de modelos que expliquen los hechos, nos puede ayudar a pensar en posibles procesos de

evolución conceptual que logren explicaciones más coherentes y significativas en diferentes contextos"(Tamayo, 2001, pág. 37).

De igual forma, los procesos cognitivos que ellos realizan son posibles conocerlos a través de las acciones profundas de los estudiantes; que pueden ser apreciadas en contribuciones verbales y no verbales, esto implica, que el análisis del discurso escrito permite investigar acerca de la evolución conceptual, teniendo en cuenta las condiciones culturales y los usos que se le dé al lenguaje; también es necesario que los educandos sean conscientes de las razones por las cuales sucede un cambio (Tamayo, 2001).

Por tanto, esta propuesta, se centra en los aportes que ha realizado Tamayo en cuanto a la evolución conceptual desde las dimensiones cognitivas y lingüísticas; estas dos dimensiones son estudiadas y analizadas siguiendo pautas similares a dicho autor, las otras dimensiones son consideradas, mas no estudiadas y analizadas. Desde esta perspectiva se menciona los siguientes aspectos que sustentan la propuesta de dicho autor y son ejes fundamentales en el desarrollo de esta investigación.

2.2.2.1. Elementos profundos y superficiales en la estructura de los estudiantes.

El modelo cognoscitivo de las ciencias, tiene como punto de partida el reconocimiento de diversos modelos explicativos de los estudiantes, que utilizan para explicar determinada situación. En la construcción de dichos modelos intervienen elementos como la estructura individual de cada sujeto y el contexto en el que está inmerso. "La evolución conceptual estaría determinada por las nuevas construcciones cognitivas elaboradas a partir del contexto de la situación y de los elementos cognitivos estables del sujeto" (Tamayo, 2001, pág. 36).

Esta perspectiva fundamentada en autores como Niedderer & Schceker (1992), argumenta la existencia de estructuras profundas y superficiales en la mente de los estudiantes, desde esta mirada el aprendizaje es considerado como el cambio de los elementos estables de dichas estructuras. De esta forma, los estudiantes que emplean estructuras profundas tienen ideas más espontáneas, respuestas argumentadas, en las que se establecen relaciones, predicciones y discrepancias del conocimiento; quienes emplean un enfoque superficial orientan sus explicaciones a la reproducción y a la particularización de los procesos, y tienden a la memorización (Chin y Brown; citado por (Tamayo, 2001)).

En este sentido, Tamayo afirma que la identificación de los elementos estables y los superficiales inmersos en un conjunto de modelos pueden ayudar a pensar en posibles procesos de evolución conceptual. Esto hace significativo la importancia de las explicaciones que los estudiantes expresan al enfrentar determinada situación.

2.2.2.2. Aspecto lingüístico en la evolución conceptual

Diversos estudios acerca del lenguaje en las ciencias han puesto de manifiesto la importancia dentro de los procesos de aprendizaje que se viven en las clases de ciencias, dentro de sus múltiples funciones en dicho proceso, se destacan: sus funciones centrales en cuanto a vía comunicativa privilegiada en el campo educativo y como mediador y regulador del desarrollo del pensamiento de los individuos (Tamayo, 2001).

El lenguaje desde una visión amplia, va más allá de ser un medio para la descripción del mundo real; encierra la posibilidad de expresar las ideas, de predecir y establecer relaciones, incluso de abstraer; permite dar sentido y significado a diversas situaciones, dependiendo de las particularidades de los

contextos, y transmitir experiencia de generación a generación. Desde este sentido el lenguaje es más que hablar, situación en la cual lo que se dice depende tanto de las palabras como del contexto en el cual se usen y de la forma como se expresan. Es un acto verbal del pensamiento y su significado debe considerarse no sólo como unidad del pensamiento y del discurso, sino también como unidad de la generalización y de la comunicación.

En las aulas de clase, la construcción de los conceptos científicos, constituye uno de los aspectos centrales en el aprendizaje de las ciencias, y con ello la necesidad de que los estudiantes construyan su discurso, mediante el cual utilicen el lenguaje de las ciencias para explicar los fenómenos de la naturaleza; de igual manera, promover procesos dinámicos en el que los estudiantes, discutan, reflexionen, justifiquen y critiquen los modelos teóricos que han sido aceptados por la comunidad científica.

En el aprendizaje de las ciencias no es suficiente con el conocimiento individual del significado de los conceptos (Tamayo, 2001)se requiere que los estudiantes aprendan a utilizar esos significados y los apliquen a determinados contextos, que den buen uso a su palabra, a los conceptos, según el entorno donde son aplicados; que reconozcan un concepto como una construcción social mediado por el lenguaje de una comunidad.

En este sentido, el análisis tanto estructural como funcional del lenguaje, puede darle al maestro información acerca de la construcción y evolución de los conceptos en la mente de los estudiantes, además de poder utilizar el lenguaje para influir en los procesos cognitivos de estos.

Ese análisis del lenguaje, puede centrarse en el estudio de reglas lógicas y aspectos gramaticales, pero también puede ser estudiado en términos de la producción de significados. El discurso de los estudiantes y los profesores está en intima relación con sus conocimientos y creencias sobre el mundo, desarrollados en un ámbito o contexto específico, en otras palabras: “la

interpretación que elaboramos acerca de un hecho, es más un proceso cognitivo de uso de lenguaje cuyo resultado es una representación conceptual del discurso en la mente del sujeto" (Tamayo, 2001, pág. 44).

2.2.3. Implicaciones didácticas de un enfoque histórico epistemológico en la enseñanza de las ciencias.

En las últimas décadas, la historia y epistemología de las ciencias y en particular de la física, ha venido experimentando un auge bastante considerable debido al papel facilitador y motivador que estas representan; esto se debe a que se ha establecido que "su uso motiva e interesa a los estudiantes, humaniza los contenidos, proporciona una mejor comprensión de los conceptos científicos mostrando su desarrollo y perfeccionamiento" (Matthews, 1994, pág. 256). De ahí, se plantea la necesidad de una enseñanza "contextualizada" de las ciencias, que según destaque los aportes de la historia y la epistemología de estas, en el mejoramiento de la enseñanza.

Matthews, plantea la preocupación por la desmotivación existente hacia el aprendizaje de las ciencias, y el acercamiento a ellas para una formación profesional, para lo que sugiere que un enfoque histórico no tiene la solución para esta crisis pero si permite humanizar las ciencias y acercarlas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos, que referenciada en el aula conlleva a procesos de reflexión y crítica, contribuyendo a una comprensión de los conceptos físicos a estudiar.

Dicho proceso, lleva al aula de clase una visión de ciencia contextualizada, que obedezca a unos intereses propios de los maestros en formación, intereses sociales, filosóficos, éticos, tecnológicos, pues si se quiere cambiar los procesos de enseñanza, se debe empezar por intervenir la formación de los maestros,

pues es en el aula donde estos trasmiten su visión de las ciencias de manera explícita o implícita.

Además, debido al desconocimiento por parte de los maestros del proceso histórico que han vivido las ciencias, existen dificultades en la concepción de las mismas, entendiendo esto como problemas epistemológicos, que dificultan el proceso de enseñanza, centrándose en problemas relacionados con el conocimiento científico, en este caso, a la forma como se estructuró el conocimiento sobre el concepto de campo, no sólo tener la noción que fue Maxwell, quien desarrolló una teoría para su estudio, sino conocer de manera directa a partir de lecturas de textos originales, las dificultades y aportes de Faraday a dicho conocimiento.

Conocer las dificultades que presentaron estos científicos al estudiar conceptos como el de campo, permite establecer una analogía con los problemas epistemológicos de los docentes en formación, ya que el contenido científico estudiado a través de la historia se acerca más al universo cognoscitivo, no solamente del estudiante sino del propio hombre que, antes de conocer científicamente, construye históricamente lo que conoce; así los conocimientos construidos por los estudiantes determinan una transformación de su sistema cognitivo que le permite incorporar nuevos conocimientos (Gagliardi & Giordan, 1986 , pág. 256) a partir de los análisis históricos y epistemológicos.

Es importante mostrarle al estudiante cómo la estructura de sus pensamientos, en alguna época de la historia fue considerado de forma semejante, es decir, que existe una aproximación de su forma de ver el mundo a la forma que el científico la estructuró en determinado momento, dándole así importancia a la evolución de las ideas, y se permita tener acceso al desarrollo de las ideas científicas, optando por ver el conocimiento de forma asequible y plausible así, “conocer la etapas de desarrollo de una idea o de un concepto desmitifica las ciencias en cuanto asunto prohibido a los no iniciados y acerca el

discurso científico al discurso que el alumno comprende ” (Pessoa & Castro, 1992, pág. 293).

La historia de las ciencias permite definir, cuáles fueron los conceptos estructurantes, presentes en los momentos de profunda transformación de una ciencia. El análisis de los principales obstáculos epistemológicos y de su superación permite conocer cuáles han sido los conceptos estructurantes que entran en juego (Gagliardi & Giordan, 1986).

Al mismo tiempo la historia de las ciencias puede ser ella misma un tema de enseñanza, no solo como una parte de la historia, sino también como una parte importante de una discusión sobre el conocimiento, para mostrar que los conocimientos científicos actuales “no son verdades eternas” sino construcciones realizadas en un contexto social definido; y estas situaciones pueden dar herramientas conceptuales para que los estudiantes comprendan la situación actual, sus cambios e ideologías que dominan actualmente; “esta discusión muestra que los contenidos científicos no son resultados de una simple acumulación de observaciones ni de la utilización de nuevos aparatos complicados, sino de la utilización de nuevos métodos de análisis, de nuevas teorías” (Gagliardi & Giordan, 1986 , pág. 254).

En este sentido, se puede decir que esta perspectiva permite a los estudiantes tener una nueva imagen de las ciencias y de los científicos, más próxima a la realidad, lo cual implicará de acuerdo con (Solves & Traver, 2001):

a) Considerar las ciencias como una construcción sistemática de conocimientos elaborada a lo largo de la historia y no como un conjunto de descubrimientos más o menos fortuitos de realidades preexistentes.

b) Reconocer los problemas significativos que hay en la base de la construcción de los conceptos más importantes y de las principales teorías científicas y que en diferentes momentos históricos han abierto las líneas de investigación más productivas.

c) Atribuir a los experimentos científicos un valor apropiado como una etapa más en el proceso de resolución de un problema, relativizar los resultados dentro de sus límites de validez y no asignarles de manera irreflexiva el papel de experiencias cruciales.

d) Otorgar al formalismo matemático el valor instrumental útil y necesario para profundizar en la descripción, operativización y desarrollo de las hipótesis elaboradas previamente de forma cualitativa.

e) Reconocer la existencia de crisis importantes en la evolución histórica de los conocimientos científicos, tanto en el ámbito general de los principales paradigmas como en el interior mismo de éstos y relativizar el carácter acumulativo de los conocimientos científicos.

f) Reconocer el carácter colectivo del trabajo de los científicos, donde es constante el intercambio de ideas, dada su provisionalidad, y el contraste de opiniones firmemente fundamentadas en trabajos de orígenes diversos cuyos resultados convergen y se muestran coherentes.

g) Reconocer algunas implicaciones sociales de las principales aportaciones del pensamiento científico al desarrollo general de la humanidad y la fuerza de éste para transformar nuestra percepción del mundo y, en definitiva, tener una visión más humanizada de las ciencias.

Por otro lado, considerar la historia, como la construcción del hombre a partir de sus interpretaciones, permite que los profesores de ciencias se vinculen a procesos de "recontextualización de saberes", que exija de ellos la elaboración de criterios de selección de un campo problemático, la toma de posición acerca de los fenómenos que intenta organizar y que tenga en cuenta los aportes que al respecto han hecho otros autores; proceso en el cual el papel de la historia y epistemología de las ciencias es determinante (Ayala 2000).

Por lo anterior se considera que un análisis histórico y epistemológico, aporta a la construcción de rutas alternativas para la solución de algunos problemas latentes en la enseñanza, sobre todo si se tiene en cuenta que el carácter histórico de significar la física está ligado a contextos y problemas particulares (Aguilar, 2006).

2.3. Referente disciplinar

Estudiar el concepto de campo dentro de la física permite identificar el origen y evolución que este ha tenido a lo largo de la historia, destacando elementos importantes que han sido objeto de discusión en determinadas épocas y que han permitido realizar un avance significativo dentro del ámbito científico. En la construcción del concepto de campo han desempeñado un papel importante la teoría de Newton, Faraday y Maxwell, las cuales poseen elementos propios que las diferencian. Por ejemplo, el modelo de Newton, plantea un espacio vacío, un tiempo de propagación infinito, fuerzas centrales y acción a distancia, mientras que el modelo de Faraday plantea una igualdad entre la materia y la fuerza, un tiempo de propagación finito, las líneas de fuerza y una acción de partículas contiguas; a este modelo se asemeja el de Maxwell, en el cual, la acción es del éter sobre puntos vecinos, existe un estado de tensiones, el espacio está ocupado por el éter y el tiempo es finito. A continuación se presentan con mayor detalle estas teorías, con el fin de profundizar más en los modelos científicos de estos autores.

2.3.1. Modelo de Newton: Acción a distancia

La concepción de Newton vigente en la época de Faraday, y que fue defendida por científicos como Coulomb, asegura que: "*el mundo está*

constituido por corpúsculos sólidos, extensos y por el espacio vacio; sin embargo, hay una tercera entidad, la fuerza. Cada corpúsculo posee la propiedad de actuar a distancia y ejercer fuerzas directa e instantáneamente sobre otros cuerpos del universo" (Berkson, 1981, p. 39).

La gravitación, tal como está formulada en los Principia[2], "es una teoría de *acción a distancia:* el Sol ejerce acción sobre un planeta sin que nada viaje del uno al otro: resulta así que un cuerpo ejerce acción sobre otro situado en un lugar distante sin que le sea preciso estar en ese punto" (Sepúlveda, 2003, p. 120). La fuerza que ejerce un cuerpo sobre otro es siempre igual y opuesta a la ejercida por el segundo sobre el primero. En este sentido, en la teoría de Gravitación Universal la fuerza atractiva entre dos partículas es una *fuerza central* que actúa siempre en la dirección que une los centros de las partículas (Berkson, 1981, p. 39), y los efectos gravitacionales se propagan con velocidad infinita, son instantáneos y la intensidad depende del inverso de la distancia que los separa. La idea de que todas las fuerzas son centrales (ver Gráfico 2.3.1) proviene de hipótesis de que el *espacio es homogéneo e isótropo* (todas las direcciones son equivalentes).

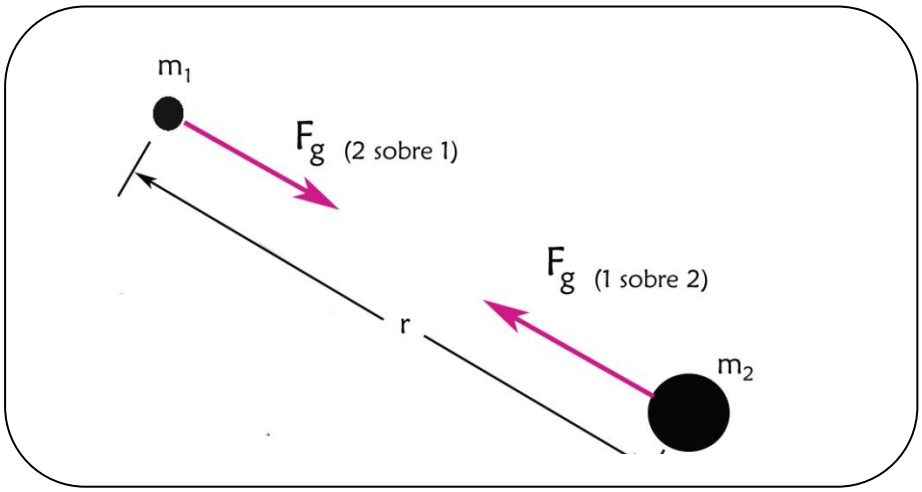


Gráfico 2. 1: Fuerza de atracción entre m1 y m2.

[2] Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, obra de Isaac Newton.

2.3.2. Modelo de Faraday

A través de sus diversos experimentos, presentados en Experimental Researches in Electricity, Faraday permite establecer claras diferencias conceptuales entre su teoría y la teoría newtoniana, de la cual se pueden resaltar tres aspectos importantes, estos son:

- Acción de partículas contiguas.
- Velocidad finita de propagación.
- Líneas de fuerza.

2.3.2.1. Acción de partículas contiguas

Desde la teoría de Faraday, la fuerza ocupa todo el espacio debido a que existe una *igualdad entre la fuerza y la materia* (Verschuur, 1993), es decir, el *mundo físico está constituido por una red de líneas de fuerza,* donde cada punto de fuerza actúa directamente sobre los *puntos vecinos* y la propagación de cualquier cambio de la intensidad de las fuerza requiere un *tiempo finito* (Faraday, 1991). Por tal razón, "todas las fuerzas básicamente son de la misma clase, no hay en el fondo fuerzas eléctricas, magnéticas ni gravitatorias, sino variaciones (probablemente geométricas) de un solo tipo de fuerza subyacente" (Berkson, 1981). La idea de la fuerza como sustancia universal se logra apreciar en diversos tratados[3], donde Faraday propone la conservación de la fuerza como un principio fundamental de la física y a partir del cual desarrolla nociones importantes para el estudio de la física de los campos.

En sus planteamientos, Faraday propone la conservación de la fuerza, fundamentado en:

[3] Experimental researches in chemistry and physics; the forces of matter.

- Las fuerzas ni se crean ni se destruyen.
- La intensidad y dirección de una fuerza pueden variar en puntos determinados; sin embargo, la cantidad total de fuerza del universo no varía (Faraday, 1991, p. 310).

Como se observa, Faraday rechaza la idea de acción a distancia, debido a que considera que es la violación de la continuidad y en lugar de ello, propone la *acción de partículas contiguas, e*s decir, la fuerza se comunica de cuerpo a cuerpo y no puede ser una acción a distancia.

De acuerdo a lo anterior, Faraday plantea que "la idea de gravedad ignoraba por completo el principio de la conservación de las fuerzas y los términos de esta definición, si se tomaban en su sentido literal, <variando inversamente sobre el cuadrado de las distancias> eran completamente opuestas" (Faraday, 1991, p. 310), considerando así, que esa era precisamente su tarea, "analizar donde ocurren estas contradicciones y usarlas para ilustrar el principio de la conservación". Faraday analizó diversos fenómenos e hizo hincapié en un aspecto que se había ignorado por completo: *el tiempo*.

2.3.2.2. Velocidad finita de propagación

Faraday (1991) plantea la importancia del tiempo en los fenómenos físicos, argumentando que:

> "El tiempo tiene cada vez más importancia como un elemento en el ejercicio de la fuerza. La Tierra se mueve en su órbita en el tiempo, la corteza de la Tierra se mueve en el tiempo, la luz se mueve en el tiempo, un electroimán requiere tiempo para cargarse por una corriente eléctrica, por lo tanto, si el poder, actuando a distancias sensibles o insensibles, siempre actúa en el

> tiempo, no debe ser metafísico; si esto actúa en el tiempo y en el espacio, debe actuar por las líneas físicas de fuerza" (Faraday, 1991, p. 311).

Con la idea del tiempo introduce la noción más importante de su teoría, la idea de *líneas de fuerza*.

2.3.2.3. Líneas de Fuerza

La idea de líneas de fuerza surge por la necesidad de explicar el poder magnético en los fenómenos de electricidad y magnetismo; en palabras de Faraday:

> "De mis primeros experimentos sobre la relación de la electricidad y el magnetismo, he tenido que pensar y hablar de líneas de fuerza magnética como representaciones del poder magnético, no sólo en puntos de calidad y dirección, sino también en cantidad" (Faraday, 1885, p. 344).

En uno de sus experimentos Faraday permite ver su concepción de líneas de fuerza, expresando:

> "El término línea de fuerza es pensado para expresar simplemente la dirección de la fuerza en algún lugar dado y no alguna idea o noción física de la manera en la cual puede ser ejercida allí. […] es una línea a lo largo de la cual no hay tendencia a la formación de una corriente eléctrica. […] las líneas de fuerza no tienen principio ni fin, es decir, son líneas continuas y cerradas" (Faraday, 1885, p. 418).

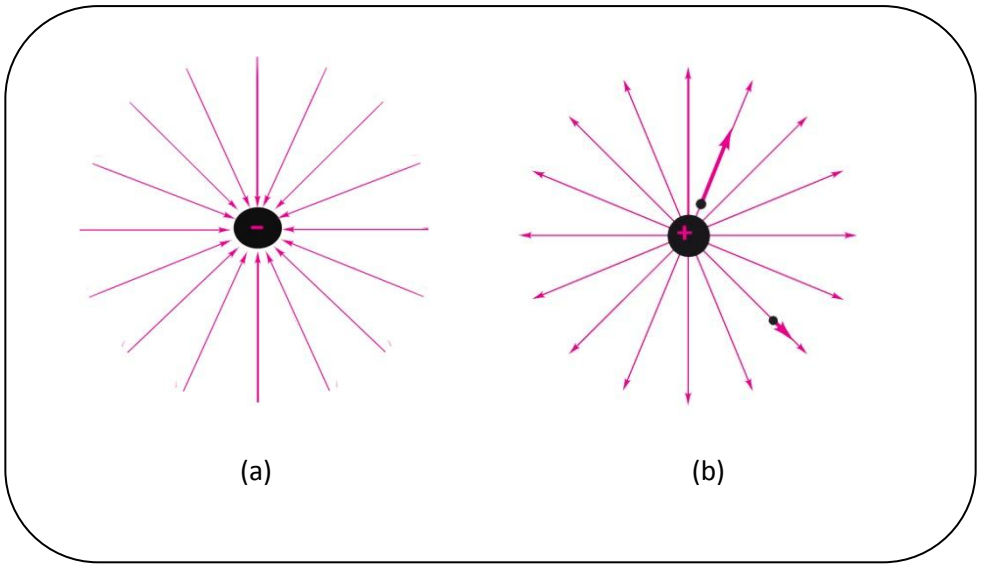


Gráfico 2. 2: Líneas de fuerza de partículas de carga negativa (–Q) y positiva (+Q).

Se evidencia notoriamente que Faraday no está hablando de la causa del fenómeno como tal, sino de las condiciones de fuerza en ese lugar; esto se ve más detalladamente en la aclaración que Faraday hace de dicha noción:

> "Deseo restringir el significado de línea de fuerza como el empleado sólo en la condición de fuerza en algún lugar, como intensidad y dirección, y no incluye alguna idea de la causa de la naturaleza física del fenómeno" (Faraday, 1885, p. 420).

De esto se puede concluir que las líneas de fuerza representan un estado de esfuerzos y deformaciones que se dan en el espacio (Carmona et al, 1995) y la *intensidad de la fuerza* en una región viene dada por *la densidad de las líneas de fuerza* que la atraviesan. Según esta idea, *un cuerpo no actúa directamente sobre otro, sino progresivamente a través del campo,* el cual es continuo.

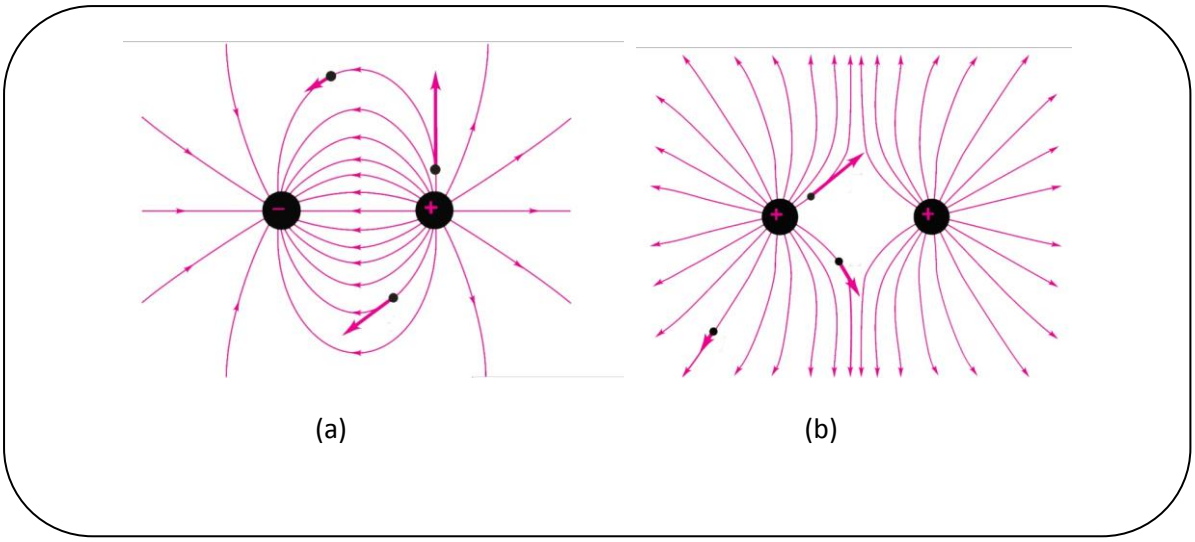


Gráfico 2. 3: Líneas de fuerza de dos partículas cargadas.

2.3.3. Modelo de Maxwell

En su "*Tratado de electricidad y magnetismo*", Maxwell se detiene repetidamente en las consideraciones cualitativas del concepto de *campo* estudiado por Faraday y en la explicación de los métodos que utilizó para concebir los fenómenos antes de pasar a la formalización. En este libro, Maxwell define el concepto de campo eléctrico así:

> *"*El campo eléctrico es la porción del espacio vecino de cuerpos eléctricos, considerado desde el punto de vista de fenómenos eléctricos. Puede estar ocupado por el aire o por otros cuerpos, o bien puede ser lo que llamamos vacio, es decir, un espacio donde están retiradas todas las sustancias las cuales podemos perturbar con los medios que tenemos a nuestra disposición. Si un cuerpo eléctrico es introducido en un punto del campo eléctrico, en general, él determinará un cambio en la distribución de la electrización en la superficie de otros cuerpos. Pero si el cuerpo es muy pequeño y la carga es igualmente pequeña, la

> electrización de otros cuerpos no será sensiblemente modificada y podemos considerar el cuerpo como definido" (Maxwell, 1873, pág. 44).

Para Maxwell el campo está constituido por el éter y las acciones de este no actúan sobre los cuerpos a distancia, sino en forma contigua. El éter era concebido por Maxwell como una sustancia elástica y con masa, por tal razón, la velocidad de propagación era finita.

Al igual que Faraday, Maxwell expuso su idea acerca del concepto de líneas de fuerza en su tratado, argumentando que eran relevantes debido a la importancia que tenían en los fenómenos eléctricos y magnéticos:

> "La línea trazada por un punto en movimiento siempre en la dirección de la fuerza resultante se llama línea de fuerza, la cual corta las superficies equipotenciales en ángulo recto. Las propiedades de las líneas se explican porque Faraday expresó muchas de las leyes de acción eléctrica en términos de su concepción de líneas de fuerza establecida en el campo eléctrico, las cuales expresan tanto la dirección como la magnitud de las fuerzas en cada punto" (Maxwell, 1873, pág. 47).

Maxwell, introduce de una forma matemática el concepto de líneas de fuerza y de campo, definiendo este último como una propiedad física extendida en una región del espacio y descrita por medio de una función de la posición y el tiempo. Para esto, utiliza cinco conceptos fundamentales: vectores, potencial, gradiente, divergencia y circulación.

El supuesto fundamental para describir interacciones entre partículas mediante el concepto de campo, es que cada partícula produce a su alrededor un campo correspondiente; a su vez, este campo actúa sobre una segunda partícula para producir la interacción necesaria. La segunda partícula también produce su propio campo, el cual actúa sobre la primera, dando como resultado una acción mutua (Llancaqueo J, 2006).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Fundamentos metodológicos de la investigación

En la presente investigación se analizó la evolución conceptual de cuatro estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, que asistieron al espacio de conceptualización Física de los Campos en el semestre 2008-02, con el objetivo de analizar las modificaciones que tienen los modelos explicativos de los estudiantes en el aprendizaje del concepto de campo.

Para alcanzar dicho objetivo, se analiza, mediante diferentes métodos (observaciones, entrevistas, discusiones, entre otros), la comprensión del concepto de campo en estudiantes y se enfatiza en el análisis de los procesos y argumentos, en cuanto a la construcción de conocimiento, para lo cual, se utilizó una investigación cualitativa que permitió la descripción detallada, la interpretación y comprensión de las relaciones entre los casos abordados.

3.1.1. Métodos de investigación cualitativa

La investigación se presenta como la oportunidad para transformar la realidad, producir un saber específico y resignificar las experiencias; es precisamente en este sentido como se entiende en este caso específico la investigación cualitativa. "Existe un interés por comprender a los sujetos dentro de sus contextos o mundos de vida y para ello se busca el sentido de la acción humana, muestra los cambios que se operan en los procesos de construcción de la realidad social e indaga por las representaciones e imaginarios que las personas tienen de sí mismas, de sus grupos, su entorno, su vida cotidiana y su hacer" (Bonilla & Rodríguez, 2000).

Una investigación cualitativa, en palabras de Stake (1999) tiene una orientación alejada de la explicación de causa y efecto, y se inclina a la interpretación y a la indagación cualitativa; por ello, la diferencia entre una investigación cualitativa y una investigación cuantitativa es el tipo de conocimiento y no el tipo de datos; así la cuantitativa busca explicar y controlar y la cualitativa comprender las relaciones entre los procesos, a partir de descripciones abiertas.

La investigación cualitativa, está dirigida más a un esfuerzo por comprender la realidad social, como fruto de una experiencia y de realidades múltiples (Stake, 1999), al respecto "los enfoques de corte cuantitativo están más por la explicación y la predicción de una realidad social vista desde una perspectiva externa considerada en sus aspectos más universales, mientras que los de orden cualitativo son un proceso histórico de construcción visto a partir de la lógica y el sentir de sus protagonistas" (Sandoval, 2002, pág. 11).

De esta manera, una investigación cualitativa permite la construcción y generalización de nuevas teorías, a partir de un conjunto de proposiciones, donde se trata de comprender las situaciones debidas a ciertas relaciones; contrario a una investigación cuantitativa, que tiene como fundamento teorías ya constituidas, sobre las cuales, existen unas hipótesis determinada, se elabora un proceso deductivo y se obtienen una serie de conclusiones, que permiten analizar la frecuencia, con la cual se da cierta situación, describirla y explicarla, estableciendo relaciones de causa y efecto.

Las investigaciones de tipo cualitativo han sido cuestionadas (Martínez, 2006), por autores ubicados en enfoques cuantitativos, considerando que estas presentan carencias en su forma de proceder, pues permiten que el investigador tome un lugar central e influya en los resultados y sean las conclusiones las que permitan la creación de las nuevas teorías, siguiendo un proceso inductivo y no deductivo como lo hace la investigación cuantitativa, que toma como referente unas hipótesis y las verifica; aspecto que se soluciona, cuando se toma una estrategia adecuada, clara y precisa de investigación, donde la recolección y análisis de los datos, sea la más organizada y asertiva posible.

En un proceso investigativo de corte cualitativo, Fraenkel y Wallen (1996) citados por Vera (2000), es necesario realizar un procedimiento para lograr los objetivos propuestos, entre ellos se encuentran: *identificar el problema de investigación,* el cual no está sujeto a variables determinadas, (cómo en el caso cuantitativo) y debe formularse al inicio de la investigación, para orientarla. Se deben *identificar los participantes,* que conforman una muestra seleccionada, que no es aleatoria, pues el investigador selecciona dicha muestra según los objetivos y su problema de investigación.

Posteriormente, se debe *construir los métodos de investigación,* que le permitan al investigador, ratificar sus hipótesis y que logren los objetivos para solucionar su problema así, *la colección de datos* se va realizando sistemática y progresivamente a medida que se va desarrollando la investigación. A partir de los datos, se *realiza su análisis,* que no es de carácter estadístico, sino, es de síntesis e integración de la información que se obtiene de diversos instrumentos y medios de observación; que conlleva a un análisis descriptivo y coherente que pretende lograr una interpretación detallada del problema de investigación finalmente se realizan las *conclusiones*, las cuales se infieren continuamente del proceso.

3.1.2. Estudio de caso

Realizar una investigación cualitativa con estudio de caso permite centrar la atención en la complejidad y abstracción de un caso en particular, se busca en palabras de Stake el detalle de la interacción con sus contextos, además que permite obtener información directa del encuestado y registrar su conducta (Martínez, 2006). Las investigaciones con estudio de caso, pueden ser descriptivas y exploratorias, en el primer caso, se identifican y describen los factores que tienen influencia sobre el objeto de estudio y en la segunda, se logra un acercamiento entre las teorías inscritas en el marco teórico y la realidad objeto de estudio (Martínez, 2006).

Un estudio de caso, se refiere al estudio de una situación en particular, compleja, específica y en funcionamiento. Stake diferencia entre un *estudio de caso*

intrínseco, *estudio de caso instrumental* y un *estudio colectivo*; donde en el primero importa el caso como tal, su particularidad y relaciones, se busca comprender mejor el caso, en cambio cuando se toma un caso particular para buscar generalizaciones y para profundizar un tema o afirmar una teoría es un estudio instrumental de casos, donde cada caso es un instrumento. El estudio colectivo de caso es aquel donde se toman varios procesos persiguiendo el mismo fin con una buena coordinación, el interés radica en la indagación de un fenómeno, se estudian varios casos.

En la presente investigación se toma cada estudiante como un caso particular, para analizar y lograr establecer relaciones, y seguir el proceso detallado para profundizar en la pertinencia de la misma, proceso que según Stake (1999), se considera un estudio de caso instrumental.

En este tipo de estudio, no se busca recoger datos y sintetizarlos, sino conocer a profundidad las relaciones, entender lo sucedido, las posibles causas, reflexiones al respecto; pero, en el método de estudio de caso los datos pueden ser obtenidos desde una variedad de fuentes, tanto cualitativas como cuantitativas; esto es, documentos, registros de archivos, entrevistas directas, observación directa, observación de los participantes e instalaciones u objetos físicos (Chetty, 1996). Citado por Martínez (2006).

Mediante un diálogo organizado sobre una situación real; el método, utiliza la experiencia para la transmisión del conocimiento; el estudio de caso, es una metodología amplia que utiliza técnicas tales como la observación, las entrevistas, los cuestionarios, el análisis de documentos, etc. (Eisenhardt, 1989), encontrándose datos tanto cualitativos como cuantitativos. Por lo tanto, éste estudio, no será definido por las técnicas utilizadas, sino por su orientación teórica y el énfasis en la comprensión de procesos dentro de sus contextos.

Un estudio de caso tiene en general los siguientes pasos (George et al. (2005), Yin (1994)):

1. Diseño del estudio.
2. Realización del estudio.

3. Análisis y conclusiones.

En el primer paso se establecen los objetivos del estudio, se realiza el diseño propiamente dicho, y se elabora la estructura de la investigación, que conlleva a la revisión de la literatura y la formulación de proposiciones. Es importante determinar si nuestra investigación tiene por objetivo la predicción, o la generación de teorías, o la interpretación de significados, o una guía para la acción, y considerar, que las preguntas de investigación en un estudio de caso, no están destinadas al informante sino al investigador, las cuales están destinadas a garantizar que se obtenga la evidencia que se requiere para contrastar las proposiciones teóricas del estudio, y que pueden y deben ser contestadas con la información obtenida de diversas fuentes, verificadas mediante el uso de la triangulación de la evidencia.

En el segundo paso se prepara la actividad de recolección de datos y se recoge la evidencia, en todas las fuentes del caso (principio de triangulación). Para luego realizar el análisis de la evidencia, donde la forma de vincular los datos con las proposiciones es variada y los criterios para interpretar los hallazgos de un estudio no son únicos, llevando a un análisis profundo y a las conclusiones generales e implicaciones de la investigación.

3.2. Estructura metodológica de la investigación

3.2.1. Objetivos

3.2.1.1. General

Analizar las modificaciones que presentan los modelos explicativos en los estudiantes en torno a la evolución del concepto de campo mediante una perspectiva histórico-epistemológica.

3.2.1.2. Específicos

- Realizar un análisis epistemológico desde textos originales de Newton, Faraday y Maxwell, identificando los modelos explicativos de la física en relación al concepto de campo.

- Analizar los resultados de la intervención y contrastar los modelos explicativos iníciales y finales de los estudiantes en torno a la evolución del concepto de campo.

- Construir las categorías explicativas, a partir del análisis epistemológico de los modelos de campo de la física, que permitan ubicar los elementos explicativos iníciales y finales de los estudiantes.

3.2.1.3. Metodológicos

- Identificar los modelos explicativos iníciales de los estudiantes, que son utilizados en situaciones en las que interviene el concepto de campo: Gravitacional, eléctrico y magnético.

- Potenciar las reflexiones epistemológicas a partir de actividades experimentales.

- Implementar en el espacio de conceptualización de Física de los Campos, los métodos y actividades que conduzcan a la reflexión del concepto de campo.

3.2.2. Diseño de la investigación

La investigación se realizó en tres fases: selección y definición del problema de investigación, efectuado durante el semestre 2008-1; construcción del marco teórico, metodología e intervención, desarrollada durante el semestre 2008-2 y análisis de

resultados y conclusiones llevado a cabo en el semestre 2009-1. A continuación se describe cada una de las fases de investigación aquí planteadas. (Ver gráfico 3.1).

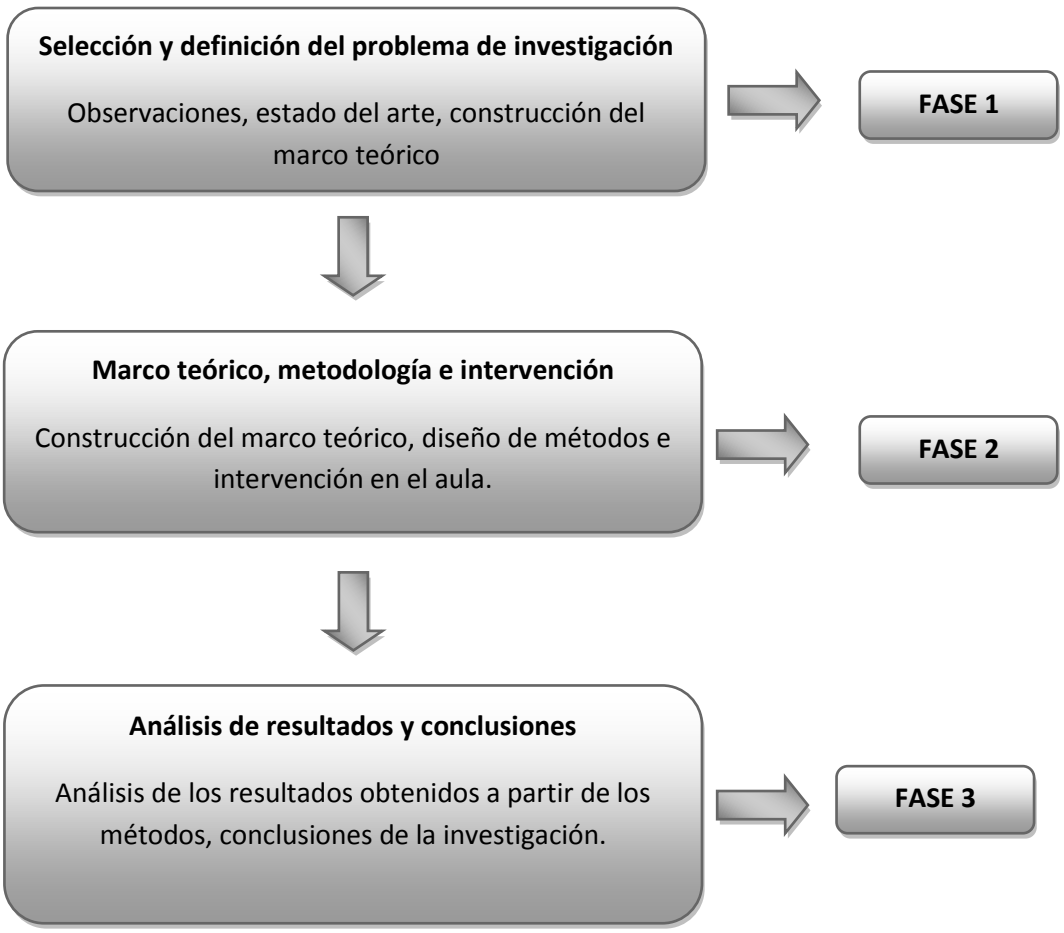


Gráfico 3. 1: Esquema general de la investigación

3.2.2.1. Fase 1: Selección y definición del problema de investigación

Por medio de las observaciones, entrevistas y discusiones realizadas con estudiantes de Física de los Campos del semestre 2008-1 se obtuvo información acerca de las dificultades que los estudiantes presentaban en el espacio de conceptualización, esta información fue consignada en diarios de campo y posteriormente analizada, el proceso permitió identificar las dificultades que los estudiantes tenían con relación a los temas tratados sobre gravitación, electricidad y magnetismo, las dificultades identificadas fueron contrastadas con la información hallada mediante un estado del

arte, efectuado en investigaciones publicadas en revistas sobre enseñanza de la física, este paralelo, permite observar que las dificultades de los estudiantes de Física de los Campos, también estaban presentes en otros estudiantes de física y de ingenierías, principalmente las dificultades en torno a la comprensión del concepto de campo: fuentes y demás relaciones con conceptos como fuerza y voltaje. Estas identificaciones dieron lugar a la formulación del problema de investigación.

3.2.2.2. Fase 2: Marco teórico, metodología e intervención

Luego de plantearse el problema que orientó el trabajo de investigación, se continuó con la lectura de textos originales de Newton: Faraday: y Maxwell; en los cuales se identificaron los elementos centrales del concepto de campo en cada autor y se construyeron las categorias , que permitieron ubicar a los estudiantes en un modelo explicativo inicial del concepto de campo.

En ésta fase de investigación (semestre 2008-02), se comenzó la intervención: se dictaron las clases y se implementaron los métodos de investigación, profundizando en cada uno de los aspectos que con anterioridad, en la observación se habían presenciado, enfatizando en conceptos como: carga, fuerza, intensidad, líneas de fuerza y campo.

3.2.2.3. Fase 3: Análisis de resultados y conclusiones

Esta fase de la investigación inicia con la recolección de datos, allí se estudian los textos construidos por los estudiantes y las respuestas dadas a cada una de las actividades realizadas, posteriormente, estos resultados se consignan en diarios pedagógicos. Luego se analiza la información obtenida, teniendo en cuenta la argumentación de los estudiantes, en cuanto a la coherencia de su discurso tanto escrito como verbal, las representaciones lingüísticas y la capacidad del estudiante de alejarse del texto y criticarlo.

El análisis hecho en cada uno de los métodos se compara durante todo el proceso investigativo con las categorías construidas con relación al concepto de campo, es decir, con los elementos de los modelos de Newton, Faraday y Maxwell, esto permite identificar cuáles son los elementos que se han movilizado en los modelos explicativos iníciales de los estudiantes, estos modelos han sido previamente identificados y analizados mediante el método diagnostico.

3.2.3. Características de la intervención

3.2.3.1. Informantes

La investigación se realizó en un grupo de 18 estudiantes pertenecientes a la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia, que en ese momento se encontraban cursando Física de los Campos, semestre 2008-2.

Al momento de iniciar la intervención, se les informó a los estudiantes los diferentes aspectos de la investigación, la importancia de esta dentro de la Facultad y específicamente para la Licenciatura en Matemáticas y Física, además la necesidad de elegir a cuatro (4) de ellos para iniciar el proceso investigativo con estudio de caso.

En el proceso de selección de los informantes se empleó como primer criterio: la dificultad para la comprensión de conceptos en física en espacios anteriores, como segundo criterio: los estudiantes con mayor habilidad para la comprensión de estos, y un último criterio relacionado con el agrado hacia el aprendizaje de la física. Estos criterios se escogieron por conveniencia de la investigación, con el fin de establecer relaciones que pueden presentarse en la evolución de los modelos de un estudiante que ha presentado dificultad con los conceptos físicos comparado los argumentos con los de otro estudiante, que ha presentado facilidad en la comprensión de estos.

La identificación de estos criterios se realizó mediante el método de caracterización de la población, en el cual se le preguntaba al estudiante por cada uno de estos, de igual forma mediante conversaciones con los estudiantes del grupo en

general, a partir de esto se escogen cuatro estudiantes con las siguientes características:

El estudiante 1 (E1) tiene 22 años de edad, reside en Medellín (Colombia), está en quinto nivel, presenta facilidad en la comprensión de los conceptos físicos y agrado hacia el aprendizaje de la física.

El estudiante 2 (E2) tiene 46 años de edad, reside en Girardota (Colombia), está en sexto nivel, presenta facilidad en la comprensión de los conceptos físicos y presenta un mayor agrado en el aprendizaje de las matemáticas con relación a la línea de física.

El estudiante 3 (E3) tiene 24 años de edad, reside en Medellín (Colombia), está en quinto nivel, presenta dificultad para el aprendizaje de la física y tiene agrado hacia el aprendizaje de esta ciencia.

El estudiante 4 (E4) tiene 29 años de edad, reside en Medellín (Colombia), esta en quinto nivel, presenta dificultad para el aprendizaje de la física y un interés explícito por el aprendizaje de las matemáticas.

3.2.3.2. Institución Educativa

La realización de la práctica pedagógica se llevó a cabo en la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Esta Universidad es patrimonio científico, cultural e histórico a nivel nacional, es una Institución estatal que desarrolla el servicio público de la Educación Superior con criterios de excelencia académica, ética y responsabilidad social, ofrece programas de pregrado y posgrado, propicia el cambio y el avance de la sociedad, y participa en la integración de ésta con los movimientos mundiales de orden cultural, científico y económico. Ubicada en Medellín (Colombia), implementa una educación formal.

En este momento, la universidad cuenta con 4 escuelas, 4 institutos, 4 corporaciones y 14 facultades, entre las que se encuentra, la Facultad de Educación. La Facultad de Educación inicia sus labores académicas en 1954; los primeros

programas que se ofrecieron fueros los de Biología y Química, Matemáticas y Física y Ciencias Sociales y Filosofía.

En la actualidad, la Facultad de Educación es la unidad académico-administrativa de la Universidad de Antioquia que desarrolla programas de formación profesional de educadores en pregrado y posgrado (especialización, maestría y doctorado), así como labores de investigación y de extensión. Cuenta a la fecha con cinco Departamentos: Pedagogía, Educación Avanzada, Educación Infantil, Enseñanza de las Ciencias y Artes y Extensión y Medios Didácticos, y un centro: Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas -CIEP-.

3.2.3.3. Tema estudiado

El concepto de campo está presente en todas las temáticas del espacio de conceptualización de Física de los Campos, desde la primera unidad aparece el campo gravitacional permeando todas las interacciones entre masas, de igual forma el campo eléctrico es tratado en profundidad y se establecen relaciones entre el campo eléctrico de cargas puntuales y distribuciones de carga mediante ley de Coulomb y la ley de Gauss; posteriormente se establece la relación del campo con el potencial eléctrico y finalmente se trabaja el campo magnético, sus fuentes, la relación establecida por la ley de Biot-Savart y la variación del campo magnético en el tiempo y el campo eléctrico. Se puede apreciar que el concepto de campo es transversal en los temas tratados en este espacio: Física de los Campos. (Ver Anexo 1).

3.3. Categorías de análisis

Teniendo en cuenta los planteamientos sobre la evolución conceptual desde la perspectiva de Tamayo (2001), se presentan las siguientes categorías que permiten analizar las modificaciones tanto superficiales como profundas, que se muestran en los modelos explicativos de los estudiantes en el proceso de evolución del concepto de

campo. Todas estas categorías permiten analizar el discurso escrito y verbal de los informantes, en este sentido el discurso es en este trabajo el principal medio de información, en tanto que "el análisis del discurso al interior de dominios específicos del conocimiento permite evaluar la evolución conceptual" (Tamayo, 2001).

El discurso escrito permite que el estudiante recree sus representaciones mentales y de igual forma modifique sus propias representaciones, no sólo brinda información sino también, promueve el aprendizaje. Tamayo apoyado en autores como Pozo y Martí (2000) se refiere al discurso "como un sistema externo de representaciones que es, un modelo de la realidad a la que hace referencia según ciertas restricciones y, como modelo representativo, crea nuevas realidades y nuevas relaciones" (Tamayo, 2001). De igual forma el discurso del estudiante da a conocer la relación que él establece entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje de una comunidad científica, que tanto implementa uno u otro o que tanto se aleja de alguno de ellos.

Teniendo en cuenta lo anterior se analiza la argumentación dada por los estudiantes en términos de la coherencia, el distanciamiento, la capacidad de crítica y las representaciones lingüísticas. A partir de esto se analizan los elementos movilizados de los modelos explicativos y se comparan con los modelos construidos a lo largo de la historia, los cuales han permitido construir unas categorías que orientan el estudio de la evolución del concepto de campo, dichas categorías permiten observar qué elementos se han incorporado en las estructuras y con cuál modelo científico presentan mayor cercanía. A continuación se ampliarán cada una de las categorías implementadas en el análisis del discurso.

3.3.1. Distanciamiento y crítica.

El distanciamiento y la crítica es entendido en este trabajo como la capacidad que tiene el estudiante de criticar las ventajas y las desventajas de cada uno de los modelos empleados para dar explicación a los fenómenos eléctricos magnéticos y gravitacionales, tanto sus modelos explicativos, como el de sus compañeros, esta

critica debe darse a partir de juicios argumentados y cómo mediante esa valoración crítica, puede alejarse del modelo que empleaba inicialmente. En esta categoría cobra relevancia los debates, las discusiones, la elaboración de preguntas problematizadoras, que puedan realizarse dentro del aula en la cual se le pida al estudiante defender o atacar determinadas situaciones; de igual forma los argumentos que los estudiantes usan para sustentar las respuestas de las actividades realizadas durante la segunda fase de la investigación.

3.3.2. Coherencia y estructura del discurso

La coherencia se analiza a partir de la secuencia y el orden de las oraciones y su significado en un contexto determinado (global o local); de esta manera la coherencia local está dada por las relaciones que se establecen entre las oraciones, por ejemplo, relaciones de implicación entre una y otra oración, la coherencia global encierra todo el discurso, a nivel macro es la forma como se articula todo el discurso, "la coherencia global del texto orienta el establecimiento de relaciones entre las diferentes proposiciones y oraciones utilizadas en un discurso" (Tamayo, 2001, pág. 78).

La estructura del discurso se centra básicamente, en analizar si se emplea un discurso descriptivo o un discurso explicativo, el primero de estos se basa en establecer proposiciones a partir de lo que se enuncia en la situación que se desea comprender, en tanto que la explicativa enuncia relaciones de causas entre las proposiciones.

3.3.3. Representación lingüística:

Esta representación, es la que presenta el estudiante en el momento de interpretar o construir un texto, está relacionada con el análisis del discurso escrito, permite observar, que tanto se aleja del texto el estudiante para dar sus explicaciones, si sus argumentos están memorizados a partir de la explicación del texto o si por el contrario puede reelaborar las explicaciones, esta categoría de análisis permite en gran medida obtener información acerca de los elementos que pertenecen a las estructuras

superficiales o a las estructuras profundas. Dentro de esa categoría se presentan unos niveles que permiten analizar a fondo la representación textual, estas son:

Representación textual superficial: Elaboración que hace el estudiante a partir de los esquemas presentados en el texto analizado.

Representación de la base del texto: Se especifican diferentes relaciones semánticas entre las diferentes partes del texto analizado. Se emplean frases que conservan el mismo significado del texto.

Representaciones del modelo situacional: Reelaboraciones alejadas del texto, el estudiante interpreta la situación y es capaz de representarlo a partir de otras situaciones.

3.4. Estructura para el análisis de información.

En el análisis de la información se tiene en cuenta los elementos encontrados en las teorías de Newton (acción a distancia), Faraday (líneas de fuerza) y Maxwell (acción del éter sobre puntos vecinos), los cuales se presentan a continuación (Ver tabla 3.1).

Tabla 3. 1: Modelos explicativos de la Física

MODELO NEWTONIANO	MODELO DE FARADAY	MODELO DE MAXWELL
Acción a distancia (AD)	Acción de partículas contiguas (APC)	Acción del éter sobre puntos vecinos (AEV)
Tiempo infinito (instantáneo) (TI)	Tiempo finito (TF)	Tiempo finito (TF)
Fuerzas centrales (FCEN)	Fuerzas circulares (FCIR)	No supone la existencia de fuerzas. Existe un estado de tensiones (ET)
Vacio (V)	Partículas contiguas conectadas por líneas de fuerza (LF)	Éter (E)

Una vez analizadas las categorías que estudian el discurso, tanto escrito como verbal de los estudiantes, se compara con las categorías que se han construido en torno al concepto de campo de a cuerdo a los autores trabajados, con el fin de identificar qué elementos se han modificado, incorporado o permanecen igual en los modelos explicativos de los estudiantes investigados, esto permite hacer una primera aproximación del modelo que el estudiante utiliza con mayor propiedad en sus explicaciones; este proceso se realiza durante toda la implementación de los métodos, con el fin de observar y analizar los elementos que cambian a medida que se da el proceso. En el siguiente esquema se ilustra el proceso (Ver gráfica 3.4).

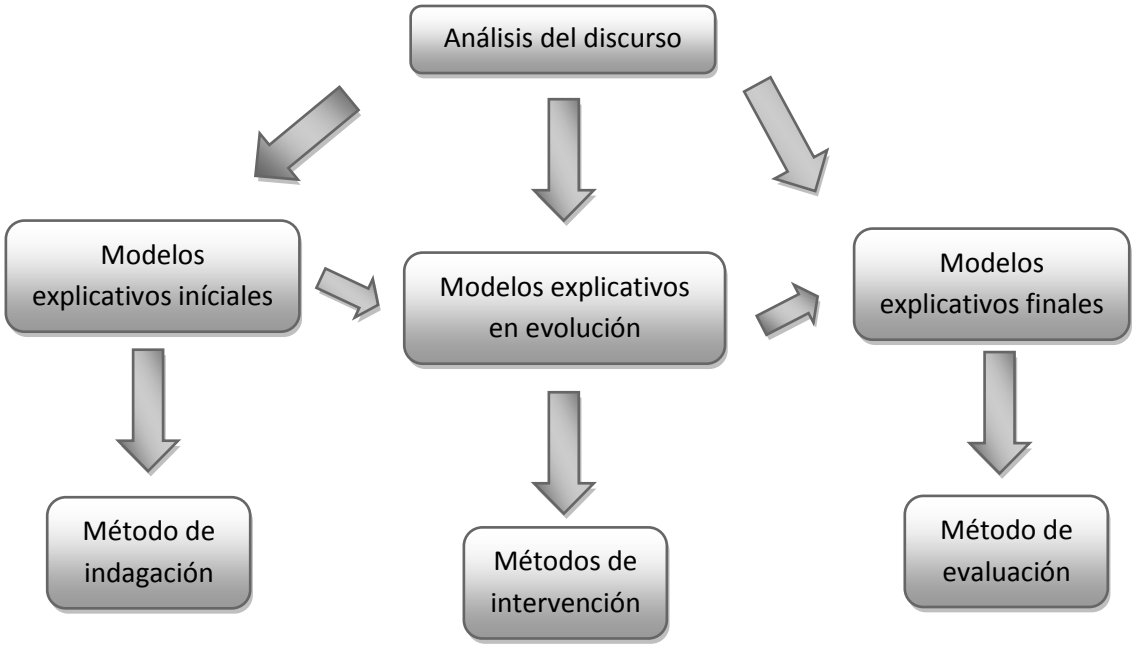


Gráfico 3. 2: Estructura para el análisis de la información

3.5. Recolección de información

La recolección de información inició en la primera fase de la investigación con las observaciones y los diarios pedagógicos, y continuo en la segunda fase, con la implementación de 6 métodos; a continuación se explica con más detalle los métodos utilizados.

3.5.1. Métodos utilizados durante la primera fase: observaciones y diario pedagógico

En el proceso de observación descrito en la primera fase de la investigación, se llevó el registro de cada una de las clases observadas, de las actividades realizadas y de los procesos que se llevaban dentro del aula, respecto al aprendizaje del concepto de campo; dichos registros se consignaron en los diarios pedagógicos, donde estos y las observaciones se consideraron en los métodos de la primera fase.

Las observaciones y anotaciones en los diarios pedagógicos, fueron los primeros métodos utilizados para la recolección de datos. Estos se emplearon durante la primera fase de la investigación y dieron conocer las dificultades de los estudiantes en el estudio de las interacciones eléctricas, magnéticas y gravitaciones.

3.5.2. Métodos utilizados durante la segunda fase

Para la recolección de información en la segunda fase, se emplearon 6 métodos: caracterización de la población, diagnóstico, intervención campo eléctrico, intervención campo magnético, actividad experimental y evaluación.

3.5.2.1. Caracterización de la población

El método de caracterización de la población, se realizó al inicio de la intervención realizada en el semestre 2008-02, como se había mencionado anteriormente; el cual se aplicó a los 16 estudiantes que se matricularon en Física de los Campos, incluyendo los cuatro informantes, con el objetivo de identificar la afinidad que poseen estos estudiantes frente al aprendizaje de la física.

Dicha caracterización, preguntaba a los estudiantes por información básica, como: edad, género, lugar de residencia, además de información relacionada con sus

estudios en la Universidad de Antioquia: fecha de ingresó al programa, el nivel académico que cursaba, las asignaturas aprobadas, su preferencia por alguna línea de profundización de programa y cómo aspecto fundamental se indagaba, por su interés hacia la física y los temas que conocían sobre gravitación, electricidad y magnetismo. (Ver Anexo 2).

3.5.2.2. Actividad diagnóstica

El método diagnóstico, permitió conocer los modelos explicativos iníciales que tenían los estudiantes acerca de los fenómenos gravitacionales, eléctricos y magnéticos. A partir del análisis de dichas respuestas, se identificaron los elementos de los modelos explicativos que poseían los estudiantes al iniciar el espacio de conceptualización, que permitió ubicarlos dentro de un modelo de campo de Newton.

Dicho método, consta de cinco puntos, en el primero, se plantea una situación de campo gravitacional, el segundo de campo eléctrico, el tercero, cuarto y quinto de campo magnético, indagando por aspectos como: fuentes de campo, intensidad, interacción, fuerza, etc. (Ver Anexo 4).

3.5.2.3. Actividades de intervención

Durante la intervención, se llevó a cabo la aplicación de 3 métodos: campo eléctrico, campo magnético y actividad experimental (Ver anexos 4, 5, y 6, respectivamente.). En los dos primeros, que contienen 7 preguntas cada uno, se trabajan preguntas abiertas con justificación del estudiante, mientras que en el tercero, se trabajan actividades experimentales con preguntas orientadoras.

3.5.2.4. Actividad de evaluación

Por último, se emplea el método de evaluación, que valora todo lo visto y analizado en el proceso (interacciones eléctricas, magnéticas y gravitacionales); este método consta de siete (7) preguntas abiertas con justificación por parte del estudiante.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos por medio de los métodos utilizados en la intervención. El análisis presentado es el de cada estudiante, con el fin de observar la evolución de los modelos explicativos que cada uno de ellos tuvo a medida que avanzaba el proceso; sin embargo, no serán mostradas todas las explicaciones que ellos dan a determinado problema, debido a lo difuso que esto puede llegar a ser.

Para identificar las ideas que tienen los informantes con relación a las interacciones eléctricas, magnéticas y gravitacionales en torno al concepto de campo, se analiza el método diagnóstico. El análisis de este método permite conocer los elementos que los informantes tienen y de esta manera ubicarlos en un modelo explicativo inicial.

Los métodos de intervención permiten indagar los elementos que han sido abandonados o incorporados dentro de cada modelo explicativo, lo que posibilita identificar el proceso evolutivo de los modelos explicativos que los informantes están teniendo.

Luego de la intervención, se realizó un método de evaluación que permitió analizar las ideas y elementos que los estudiantes movilizaron hacia otros modelos explicativos más completos.

4.1. Análisis: Estudiante 1

4.1.1. Actividad diagnóstica

Las explicaciones presentadas por el estudiante 1 en la actividad diagnóstica, permitieron ubicarlo inicialmente en el modelo de Newton (acción a distancia), debido

a que los elementos que utilizó en su argumentación se correspondían con este modelo.

"La Tierra atrae con mayor intensidad a los cuerpos que están a menor altura, porque si la gravedad aumentara con la altura, sería imposible salir del planeta con un cohete espacial o un satélite".

En la argumentación anterior se encuentra que el estudiante 1 tiene presente la ley de gravitación universal, es decir, considera que la intensidad depende del inverso del cuadrado de la distancia.

Por otro lado, el estudiante 1 no tiene conocimientos sobre el campo magnético, puesto que, en su argumentación, le atribuye al imán una propiedad intrínseca que le permite atraer objetos de manera instantánea:

"Un imán atrae a un clavo instantáneamente, porque el imán tiene una propiedad que poseen los elementos magnéticos, la de atraer elementos metálicos…"

En las ideas anteriores, se puede observar que el estudiante posee elementos de acción a distancia y tiempo infinito, elementos pertenecientes al modelo newtoniano.

En cuanto a la argumentación, el distanciamiento y crítica no es utilizado por el estudiante 1, sin embargo, en su discurso la coherencia está presente, lo cual lo ubica en la representación lingüística de la base del texto.

4.1.2. Actividades de intervención

Actividad de campo eléctrico

El estudiante 1, presenta una argumentación completa de cada una de las situaciones planteadas, que dan cuenta de una coherencia en sus argumentos y de un distanciamiento y crítica, que muestra un cambio, comparado con la actividad diagnóstica.

Presenta algunos elementos pertenecientes al modelo de Faraday sobre el concepto de campo, ya que realiza una representación adecuada de las líneas de fuerza en las situaciones planteadas, además en la pregunta cuatro analiza la interacción (atracción) de las partículas y hace una analogía con el fenómeno entre dos imanes y un trozo de madera; en la situación 6 tiene en cuenta que la densidad de líneas de fuerza da una idea de la intensidad del campo y en la situación 7 argumenta claramente que la carga es la fuente del campo eléctrico y la necesidad de una partícula de prueba para percibir el campo. Lo anterior permite analizar que el estudiante va conceptualizando la noción de campo, pues presenta argumentos coherentes en cuanto a la intensidad, interacción, atracción, fuentes, aspectos centrales en la noción de campo.

Presenta dificultades en cuanto al tiempo de propagación, centrándose en una explicación del modelo de Newton para la situación dos:

"íi, la partícula B sentirá la vibración inmediatamente de la partícula A"

Además, cuando se le pide al estudiante analizar la intensidad del campo de las partículas con el bloque de madera entre ellas, no relaciona la intensidad del campo con la distancia y la magnitud de las cargas.

Actividad de campo magnético

Esta actividad permite analizar una evolución en los elementos centrales sobre el modelo de campo, pasando de una concepción newtoniana a una concepción del modelo de Campo de Faraday, en muchos de sus aspectos.

En las diferentes situaciones planteadas, el estudiante muestra la necesidad de analizar las polaridades de los imanes para dar una mejor explicación de las situaciones, dibuja correctamente las líneas de fuerza, considerando el campo magnético generado por cada imán y la interacción entre ellos según las polaridades de los mismos; aunque en la situación tres, no argumenta si la interacción entre los imanes es o no instantánea:

"Ambos imanes se atraen o repelen dependido de sus polaridades; pero el caso de tener polaridades contrarias, si se sostiene el imán 1 entonces terminará por atraer el 2".

El estudiante utiliza los aspectos teóricos para dar explicaciones completas a las situaciones, evidenciándose una argumentación completa y coherente, presentándose una representación lingüística del modelo situacional, realizando análisis alejados del texto.

Actividad experimental:

El estudiante realizó el montaje similar al realizado por Oersted de forma fácil, e identificó los efectos percibidos por la brújula debido a la corriente, al encontrarse con la primera pregunta afirma:

"la brújula se mueve al pasar corriente por el alambre, y si cambio de sentido a la corriente también se mueve, el movimiento depende de la corriente…….pero no sé a qué se debe."

Luego de observar, el estudiante analiza las propiedades que tiene la brújula y la recuerda como instrumento para detectar los campos magnéticos, asocia esto y afirma:

"Pues si una brújula reconoce o indica un campo magnético es posible que lo que esté pasando es que haya un campo magnético en el espacio que comprende el alambre…Podría decirse que una corriente genera un campo magnético que se extiende en el espacio."

Su último argumento pone de manifiesto elementos que hacen parte de sus estructuras superficiales como el de acción de partículas contiguas y le es posible identificar la corriente eléctrica como fuente del campo magnético, esto permite ver en el estudiante 1 los nuevos elementos que ha incorporado.

En la realización de la actividad de Faraday se presenta una comprensión más rápida por el estudiante, es fácil para él identificar el efecto contrario:

"Qué bonito ver el efecto contrario, ahora es el imán quien al moverse produce corriente…genera un campo eléctrico, sin embargo no comprendo por qué debo de moverlo tan rápido para que sea intenso"…"si tengo el imán quieto este no causa nada, al parecer el campo debe estar variando."

El estudiante establece relación entre la intensidad y los campos tanto eléctrico como magnético, pero aun conserva ideas de un tiempo instantáneo, al considerar que este debe de darse inmediatamente sin importar el tiempo que transcurre.

4.1.3. Actividad evaluativa

El estudiante en cada una de las situaciones presenta una argumentación completa, dando claridad sobre cada uno de los aspectos que se le cuestionan.

Al analizar situaciones de campo gravitacional lo hace de forma correcta y completa, aunque continúa representando las líneas de fuerzas gravitacionales como fuerzas centrales.

Cuando se le presenta una situación donde debe analizar sólo campo gravitacional, eléctrico o magnético, la analiza y responde correctamente, pero en la situación 4, donde se pregunta si la brújula detecta la carga eléctrica responde:

"*Sí, la brújula me mueve en dirección perpendicular a la partícula*".

Lo anterior permite inferir que presenta dificultades en distinguir las fuentes de campo, aunque tiene claridad en:

"*El imán genera campo magnético y la carga campo eléctrico*"

Conserva elementos de líneas centrales del modelo de Newton, y entre sus estructuras superficiales analiza el campo como una manifestación mediante la interacción, la intensidad del campo, su dirección; que son elementos centrales en el modelo de Faraday., argumentando de forma general que:

"*La masa genera campo gravitacional, una carga eléctrica campo eléctrico y una carga en movimiento campo magnético; todas estas fuentes ejercen fuerzas en todas las direcciones y se representan mediante líneas de fuerza*"

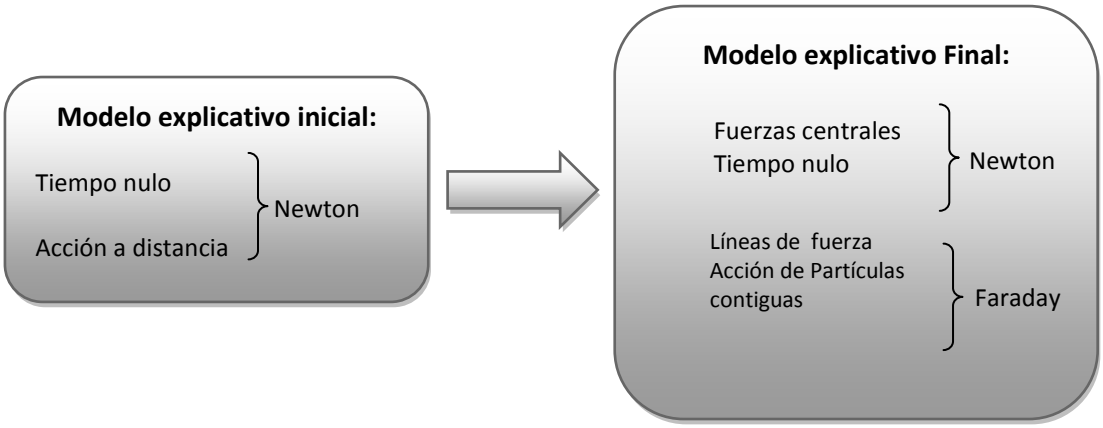


Gráfico 4. 1: Esquema general de los modelos explicativos del estudiante 1

4.2. Análisis: Estudiante 2

4.2.1. Actividad diagnóstica

El estudiante 2 posee elementos del modelo newtoniano, lo cual se puede observar en sus argumentaciones:

Para la pregunta uno, él responde:

"*La Tierra atrae con mayor intensidad a los cuerpos que están a menor altura, porque la gravedad es inversamente proporcional a la distancia*"

Mientras que, para la pregunta dos expone:

"Los planetas flotan porque están en el vacío, igual sucede para el clavo y el imán, se atraen y flotan".

En la primera argumentación, el estudiante 2 menciona la ley de gravitación universal y tiene en cuenta la distancia, sin embargo, en esta no se puede percibir cómo considera el espacio, pero, por medio de la justificación dos (2), se puede notar que él considera al espacio vacío.

Según sus argumentaciones, el estudiante 2 posee dos elementos importantes del modelo newtoniano: espacio vacío y acción a distancia, pero sus explicaciones no son muy profundas, es decir, tiene una representación lingüística de la base del texto.

4.2.2. Actividades de intervención

Actividad de campo eléctrico

El estudiante, presenta argumentaciones completas en cada una de las situaciones, dando explicación amplia, aunque no en todos los casos de forma correcta.

Continúa con los elementos de espacio vacío y fuerzas centrales del modelo de Newton, además en la situación seis, relaciona la magnitud de las cargas y la intensidad del campo, aunque de forma incorrecta.

En la situación 1, presenta una argumentación completa y fuera del texto, sobre la atracción entre las dos cargas:

"la atracción que hay entre las dos cargas hacen parte de un sistema, por lo tanto, se verán afectadas ambas partículas, por ello la perturbación de la partícula A afectará a la B"

Además, tiene en cuenta el tiempo de propagación; este tiempo lo asocia con la distancia, y en la situación dos y cinco representa adecuadamente las líneas de fuerza que hace referencia a elementos del modelo de Faraday.

Actividad de campo magnético

En cuanto a las dos primeras situaciones presentadas, el estudiante manifiesta confusión para explicar la interacción entre los imanes de baja intensidad y separados una distancia muy grande, ya que al explicar la situación plantea que no existe interacción entre ellos, pero al dibujar de forma correcta las líneas de fuerza, considera que si existe atracción, argumenta:

"Experimentalmente, no se observa alteración alguna sobre el imán 2, pues existe una relación inversa entre la fuerza de atracción entre los imanes y la distancia que los separa. En otras palabras no hay atracción ni repulsión. Pero para dibujar las líneas de fuerza supongo que si hay atracción"

En cada una las situaciones, realiza una representación correcta de las líneas de fuerza del campo magnético, y analiza de forma profunda cada una de ellas, argumentando correctamente y haciendo explicitas sus concepciones sobre campo, donde se plantean elementos del modelo de Faraday, ya que tiene en cuenta la distancia que separa los imanes, y sus polaridades.1, la dirección e intensidad del campo y realiza las Interpretación de las interacciones magnéticas.

Actividad experimental

Mediante los experimentos de Oersted y Faraday se pudo analizar que el estudiante identifica la corriente eléctrica como fuente de campo magnético cuando argumenta:

"Al principio no sabía porque al pasar corriente se movía la brújula, pero al comparar esta con el efecto producido por un imán concluyo que se comportan de forma similar, esta corriente sería una fuente… puede representarse por líneas de fuerza magnéticas en el espacio..."

De igual forma se observa que el estudiante utiliza las líneas de fuerza para representar lo que ocurre en las vecindades de la corriente eléctrica.

Es importante analizar que dicho estudiante establece una relación entre el tiempo de propagación del campo, mediante la actividad de Faraday, argumenta.

"Debo mover el imán más rápido para que haya un tiempo más corto a la hora de enviar el efecto a la bobina, el efecto del campo magnético, supongo…"

Puede verse en el estudiante elementos que hacen parte del modelo de Faraday, elementos como líneas de fuerza, tiempo finito. En sus explicaciones no enuncia mucho el concepto de campo, lo entiende más fácilmente a partir de las líneas de fuerza, además tiene presente que ocurre algo en el espacio que posibilita el fenómeno, esto permite analizar que el estudiante no está empleando raciocinios con relación a la noción de acciones a distancia.

4.2.3. Actividad evaluativa

En cada una de sus argumentaciones puede evidenciarse una argumentación detallada de las situaciones, presentado un distanciamiento del texto, aplicando la fundamentación teórica al análisis de las mismas.

Plantea de forma general que:

"*Las fuentes de campo generan diferentes entes o conceptos físicos como el campo gravitacional (generado por la masa), el campo eléctrico (generado por cargas eléctricas estáticas) y el magnético (generado por cargas eléctricas dinámicas). El primero de ellos se manifiesta mediante las interacciones entre diferentes masas, manifestadas a su vez por las fuerzas cuyas direcciones se representan mediante líneas de fuerza. Tanto el campo eléctrico como el magnético presentan un valor dimensional que es la intensidad*".

Dentro de las ideas superficiales, puede identificarse que el estudiante comprende que cada fuente genera un campo, el cual se manifiesta por la interacción con otros entes de la misma naturaleza, al respecto plantea en el punto tres:

"*La aguja de la brújula no girará, porque (–q) está en reposo y la aguja, sólo detecta campos magnéticos*"

En el punto 4: "*la aguja girará hacia la izquierda buscando el polo del imán, porque el extremo superior de la aguja corresponde al polo sur, pues la aguja es otro imán*".

En el punto 9: "*Se dan tanto campo magnético como eléctrico en la interaccione entre el imán y la carga (–q), pues este último genera su propio campo eléctrico y el imán su propio campo magnético*"

Cuando el estudiante se refiere a las interacciones gravitacionales lo hace con claridad y coherencia desde el modelo de Newton, utilizando fuerzas centrales, de igual forma emplea el modelo de Faraday para explicar las interacciones eléctricas y magnéticas.

Presenta claridad en los conceptos relacionadas con: fuentes de campo, líneas de fuerza, Intensidad, representación gráfica y dirección de líneas de fuerza, elementos centrales de modelo de Faraday.

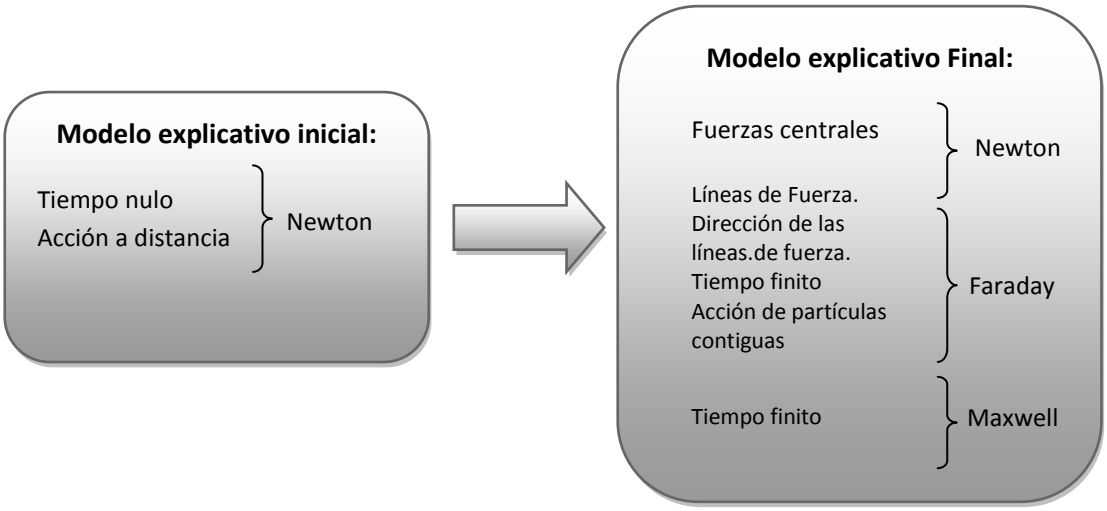


Gráfico 4. 2: Esquema general de los modelos explicativos del estudiante 2

4.3. Análisis: Estudiante 3

4.3.1. Actividad diagnóstica

El estudiante 3 tiene nociones sobre el concepto de campo, como se muestra en sus argumentaciones:

"Ambos se atraen porque están a una pequeña distancia y cada cuerpo tiene campo magnético"

Este estudiante posee varios elementos del modelo de newton:

"*La Tierra atrae con mayor intensidad a los cuerpos que están a menor altura, porque la distancia entre el centro de masa de la Tierra y el cuerpo de menor altura respecto a la superficie de la Tierra es menor".*

En esta explicación se puede observar que el estudiante 3 posee el elemento de fuerzas centrales y tiene presente la distancia entre dos cuerpos.

Por otro lado, en su argumentación hay coherencia, aunque las explicaciones no se alejan mucho del enunciado.

4.3.2. Actividades de intervención

Actividad de campo eléctrico

El estudiante en cada una de las situaciones presenta una argumentación ligada al texto, mostrando una representación textual superficial.

Ha movilizado el elemento del tiempo de propagación del modelo de Newton al modelo de Faraday, al respecto considera:

"*Si la partícula A comienza a vibrar por una radiación externa, interactúa con la partícula B de una forma no instantánea debida a la distancia que las separa*".

En esta situación presenta una representación correcta de las líneas de fuerza, y reconoce el campo generado por cada carga. Sin embargo manifiesta dificultades en el momento de analizar algunas situaciones, pues no diferencia en estas las fuentes de campo; considera que la intensidad del campo es igual en todos los puntos del espacio alrededor de las partículas y no relaciona la densidad de las líneas de fuerza con la intensidad del campo, al respecto plantea:

"*El campo generado por las dos cargas es igual a su alrededor, pero a una distancia considerable empieza a disminuir su intensidad hasta desaparecer*"

Actividad de campo magnético

El estudiante ha movilizado pocos elementos de sus modelos iníciales a otros modelos.

Conserva la noción de acción a distancia del modelo de Newton. Establece la relación entre distancia y fuerza, pero no argumenta.

Interpreta correctamente las interacciones entre los imanes pero al analizar las situaciones no analiza sus polaridades, considerando el campo que genera cada imán, pero no sus líneas de fuerza.

En la situación 2, donde los imanes 1 y 2 interactúan, el estudiante argumenta:

"*La interacción no es instantánea por la distancia*"

Presenta la idea tanto del tiempo infinito (Tiempo de propagación), como la representación sobre las líneas de fuerza que son elementos del modelo de Faraday.

El estudiante manifiesta análisis muy ligados al texto, y sus apreciaciones son precisas y no profundiza en sus argumentos.

Si bien, en algunos momentos utiliza adecuadamente las líneas de fuerza y otros conceptos como intensidad, presenta contradicción con el análisis de otras situaciones en las cuales no los utiliza de forma adecuada, por tanto no es posible decir si estos elementos ya hacen parte de su estructura cognitiva superficial.

Actividad experimental

El estudiante, presenta argumentaciones teóricas a partir de lo leído en el documento que se le entregó, conoce teóricamente el fenómeno experimental, al respecto dice:

"*Comprendo que la situación permite inducir una corriente eléctrica se llama ley de inducción, sin embargo….no sé cómo explicarlo, simplemente se mueve el imán y se observa la corriente*"

Inicialmente argumenta desde la teoría sin comprender a fondo lo que está ocurriendo en el fenómeno, explica memorísticamente sin profundizar en aspectos. En el momento de responder la pregunta 3 de la actividad experimental de Faraday, se presenta un desconocimiento con relación a la intensidad, su respuesta si bien no habla de la intensidad, permite observar elementos del modelo de newton:

"La corriente es posible si muevo el imán de lo contrario no, es un efecto inmediato por esta razón deja de pasar al momento en que no lo muevo"

Considera el tiempo instantáneo, permanecen en él elementos del modelo de newton.

4.3.3. Actividad evaluativa

En el análisis de la situación 2, donde se ubica un cuerpo entre la Tierra y la Luna, plantea:

"*Suponiendo que la masa dada es menor que la masa de Tierra y la Luna, y suponiendo que la masa está en el punto medio de la distancia que hay entre la Tierra y la Luna, se infiere que la fuerza que ejerce la Tierra sobre la masa es mayor que la fuerza que ejerce la Luna sobre la masa, por lo tanto puede quedar orbitando sobre la Tierra o caer sobre ella*".

Al momento de analizar situaciones que implican campos gravitacionales, presenta claridad en la explicación, sin embargo para ello, no utiliza la representación de las líneas de fuerza, representa estas interacciones a través de fuerzas centrales.

Tiene claridad en la identificación de las fuentes de campo, ya que en la situación 3, plantea:

"*La brújula no gira cuando se pone la carga eléctrica*"

Al momento de analizar las interacciones no establece la intensidad del campo generado por cada una de las masas, pero en otras situaciones con relación a las interacciones eléctricas y magnéticas presenta claridad en algunos elementos del modelo de Faraday como por ejemplo: líneas de fuerza, dirección del campo.

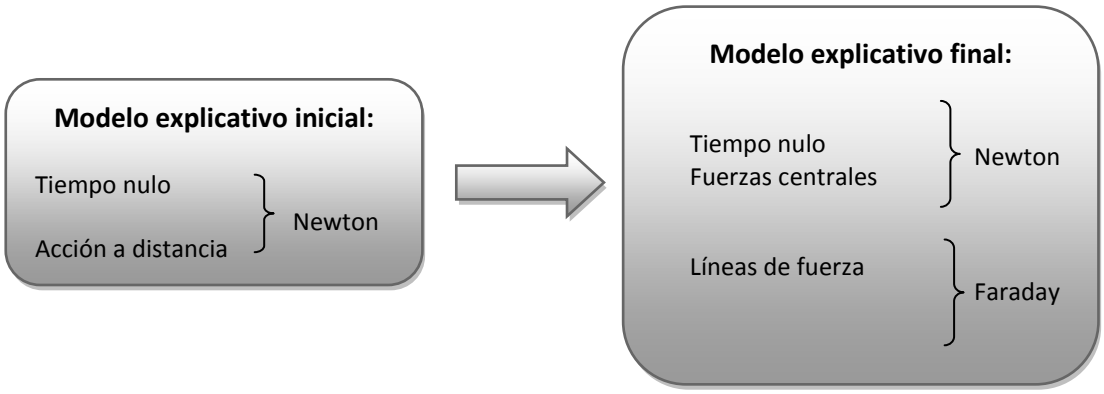


Gráfico 4. 3 : Esquema general de los modelos explicativos del estudiante 3

4.4. Análisis: Estudiante 4

4.4.1. Actividad diagnóstica

El estudiante 4 presenta sus ideas de una forma muy superficial como se muestra:

"La Tierra atrae con mayor intensidad a los cuerpos que están a menor altura, por la ley de gravitación universal"

En este argumento, no se logra apreciar con exactitud los elementos que él posee, sin embargo, en las otras justificaciones se pueden apreciar elementos del modelo newtoniano como lo son, la acción a distancia y el tiempo infinito. Además de esto, el estudiante considera que un imán atrae a un clavo porque el imán posee una propiedad:

"El imán atrae al clavo porque tiene una propiedad magnética de atraer a otros cuerpos ferrosos".

4.4.2. Actividades de intervención

Actividad de campo eléctrico

El estudiante profundiza en las explicaciones de cada una de las situaciones, buscando explicaciones que no están tan ligadas al texto y que buscan explicar de una forma completa sus ideas, aclarando que sus justificaciones son incorrectas.

Inicialmente, por las argumentaciones que presentaba el estudiante, no permitieron definir el modelo inicial; a partir de este método, se pudo analizar que presenta las ideas de: acción a distancia, tiempo instantáneo presentes en el modelo de Newton. Explica:

"*La partícula A con su vibración, afectará a la partícula B y la perturbación se observará inmediatamente".*

Aunque dibuja correctamente las líneas de fuerza, se contradice al realizar su interpretación, ya que, respecto a la intensidad del campo, argumenta:

"*El campo generado por las dos cargas es igual a su alrededor, pero a una distancia considerable empieza a disminuir su intensidad hasta desaparecer*".

Además, no relaciona la densidad de las líneas de fuerza con la intensidad del campo.

Actividad de campo magnético

Las argumentaciones buscan explicar de manera clara sus ideas, pero lo hace de manera incompleta, dejando de lado, aspectos que son importantes considerar.

El estudiante, tiene en cuenta aspectos como: las interacciones magnéticas, y considera las polaridades de los imanes para dar una explicación a las situaciones, argumenta en el punto 4:

"*Para que haya atracción es indispensable que las polaridades de los imanes sean opuestas, […] para que haya repulsiones necesario que las polaridades sean iguales*."

En cada uno de los métodos aplicados, el estudiante presenta dificultades para representar las líneas de fuerza (excepto el de campo eléctrico), para el caso de los imanes representa líneas horizontales, paralelas entre los imanes 1 y 2, despreciando la intensidad del campo y su relación con la densidad de las líneas de fuerza.

En la pregunta cinco, no presenta una idea clara, sobre la forma cómo interactúan ambas cargas, con la barra de madera entre ellas, para ello responde:

"*Desconozco, por ahora como es la interacción de los imanes con la barra de madera ubicada en la mitad de los mismo, pero considero que la barra hace las veces de aislante y si ello es así, la interacción por tanto no se dará hasta acortar la distancia entres los imanes*".

Lo cual está en correspondencia con la respuesta a la pregunta siete:

"*No habría interacción con nada más, salvo el campo generado por el imán en si mismo sobre la región cercana a este*".

Lo anterior da cuenta, que el estudiante tiene claridad respecto al campo generado por cada imán, pero no tiene clara la relación entre los imanes y la barra de madera.

Actividad experimental

De acuerdo a sus argumentaciones, el estudiante sigue presentando elementos similares al modelo de Newton aunque ha incorporado elementos del modelo de Faraday como las líneas de fuerza:

"Es preciso observar que la brújula percibe el campo magnético, podría explicarlo a través de las líneas de fuerza magnético que representan la modificación del espacio, creo, debido a la presencia de la corriente eléctrica"

Sus argumentos permiten considerar elementos como las líneas de fuerza y la acción de partículas contiguas, puesto que considera la transformación del espacio alrededor de la corriente.

En su discurso es posible identificar que dependiendo de la situación, el estudiante 4 utiliza elementos del modelo de Newton o del modelo de Faraday, en el siguiente argumento que enuncia a partir de la actividad experimental de Faraday:

"La variación del imán, es decir del campo magnético, permite inducir un campo eléctrico, aquí es importante conocer lo que sucede alrededor, pero si hablo de dos cargas puedo decir simplemente que hay dos fuerzas de atracción o de repulsión entre los cuerpos…me es mejor explicar en unas situaciones con fuerzas y en otras con campo"

"*Comprendo la ley de inducción a partir de la modificación del campo magnético*"

El estudiante, presenta en sus explicaciones coherencia y sus explicaciones no se alejan de las textuales, utiliza los elementos de los modelos dependiendo de la situación, en algunos casos le es más fácil explicar lo que ocurre en un fenómeno eléctrico a través de fuerzas centrales, en otro se le hace indispensable hacerlo con líneas de fuerza, o utilizando el concepto de campo en un sentido general, esto quiere decir que presenta elementos del modelo de Newton como acción a distancia, fuerzas centrales, y del modelo de Faraday considera la líneas de fuerza incluso emplea el concepto de acción de partículas contiguas.

4.4.3. Actividad evaluativa

El estudiante, ha mejorado su argumentación logrando un distanciamiento del texto, y buscando analizar y profundizar más en cada una de las situaciones, aunque su respuestas no sean correctas.

Es el único estudiante que presenta nociones de líneas de fuerzas gravitacionales, alejándose de la concepción de Newton de líneas centrales.

Comprende las interacciones gravitacionales. Al respecto argumenta en la situación3:

"*Tanto la Tierra como la Luna interactúan con el cuerpo de masa m, dicha interacción que realiza cada cuerpo (tierra - luna) es proporcional a su masa y radio, es decir el cuerpo de masa m será más atraído por la tierra que por la luna, ya que la tierra posee mayor masa y radio. En consecuencia el cuerpo en cuestión se convertirá en un satélite de la Tierra*"

Al igual que el estudiante 1, al analizar situaciones donde sólo se tiene en cuenta cargas eléctricas o magnéticas reconoce las fuentes de campo, pero al interactuar una carga eléctrica con un imán en la situación 4, presenta dificultades para reconocer las fuentes de campo, así:

"*La brújula girará buscando la carga negativa que está ubicada ene le primer cuadrante, la razón está en que la brújula está magnetizada, o sea, que siempre la aguja buscará el sur magnético ya que la punta de la aguja es norte magnético (carga positiva), entonces el norte magnético y el sur magnético (carga negativa) se buscarán, como la brújula siempre buscará el norte geográfico (sur magnético). Si se coloca una carga negativa en el primer cuadrante, entonces como ya lo explique antes la brújula tendrá orientación hacia esta carga*".

Al analizar las situaciones siguientes, se concluye que el estudiante aun no reconoce las fuentes campo, y aunque dibuja correctamente las líneas de fuerza gravitacionales, en las magnéticas presenta dificultades y según su conveniencia utiliza en la mayoría de los casos la noción de acción a distancia o acción de partículas contiguas, lo que indica, que no hay una comprensión del concepto.

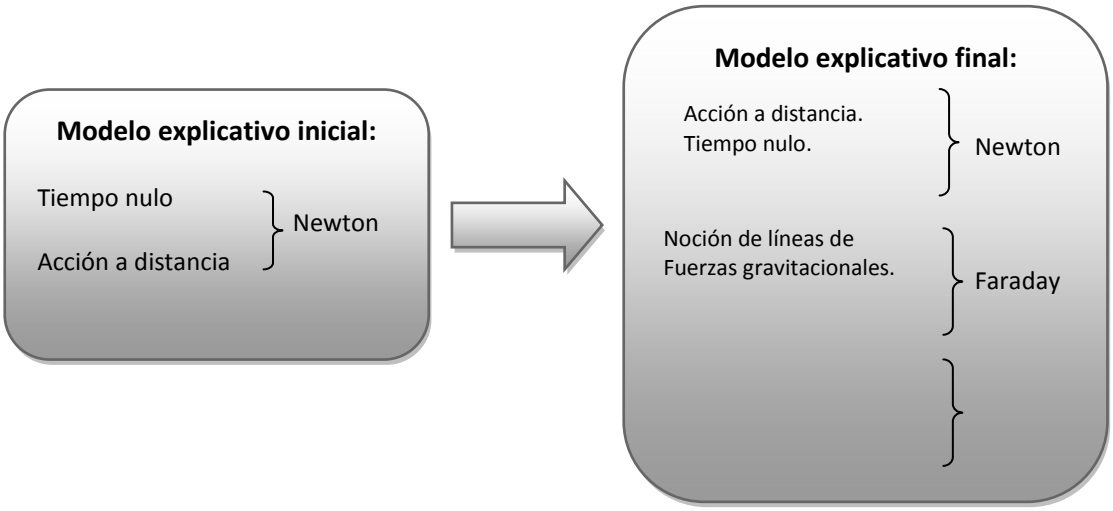


Gráfico 4. 4: Esquema general de los modelos explicativos del estudiante 4

CAPÍTULO 5: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

El análisis del proceso evolutivo del concepto de campo en los modelos explicativos de los estudiantes, permitió analizar diferentes aspectos con relación a las modificaciones que presentan en la comprensión de dicho concepto.

Los modelos explicativos de los estudiantes se modificaron durante el proceso de aprendizaje, se movilizaron diversos elementos siendo unos más representativos dentro del proceso, así pues, los estudiantes emplean diferentes modelos explicativos dependiendo de la situación abordada, son empleados principalmente elementos del modelo de Newton y de Faraday, la aplicación de uno u otro está subordinada a la situación que el estudiante desea explicar.

En cuanto al proceso de evolución conceptual de los estudiantes investigados se encontraron algunos aspectos generales:

1. Los estudiantes incorporan los nuevos elementos en sus modelos explicativos pero de igual forma conservan elementos de los modelos iníciales, son visibles las modificaciones en cuanto a las estructuras superficiales; sin embargo, la evolución del concepto de campo les ha permitido realizar un mejor acercamiento a la comprensión de los fenómenos eléctricos, magnéticos y gravitacionales.
2. El proceso de movilización de los elementos, es un proceso gradual, los estudiantes modifican sus modelos explicativos al enfrentarse a situaciones cuyos modelos propios, están limitados para comprender a cabalidad determinado fenómeno.
3. La oportunidad que se le da al estudiante de expresar sus ideas, mediante el discurso escrito o verbal y la exigencia de que argumente dichas ideas, posibilita la movilización de los elementos, pues al presentar sus planteamientos, por si mismos identifican la coherencia en su discurso e identifican las ventajas y desventajas de los modelos empleados.

4. Las actividades experimentales facilitan el proceso evolutivo, en la medida que estas permitan la reflexión y la crítica entre los estudiantes, es una forma de acercar al estudiante a los procesos experimentales que permitió a otros la construcción de las teorías científicas.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Algunas de las modificaciones que presentan los estudiantes investigados y que posibilitan la construcción del concepto de campo se centran en los modelos explicativos de los autores trabajados (Newton, Faraday y Maxwell) a continuación se presenta la descripción de los elementos movilizados:

El elemento de *acción a distancia,* se presenta en todos los modelos explicativos iníciales de los estudiantes, este es modificado o por lo menos coexiste con el elemento *líneas de fuerza,* las representaciones utilizadas por los estudiantes cuando utilizan las líneas de fuerza, les permite comprender conceptos como el de *acción de partículas contiguas,* permitiendo que el estudiante reflexione en torno a las perturbaciones que modifican el espacio y considere así, el espacio no como vacío. Las líneas de fuerza son un *elemento dinámico*, en las modificaciones que hacen los estudiantes, sin embargo, es más empleado en las interacciones eléctricas y magnéticas, las interacciones gravitacionales son comprendidas más fácilmente por medio de la acción de fuerzas centrales, esto se debe a que los elementos incorporados hacen parte de las estructuras superficiales, por tal razón el estudiante continua empleando los elementos newtonianos en algunas situaciones.

Las modificaciones con relación en los elementos de *tiempo nulo* y de *tiempo finito,* se efectúan lentamente en el proceso evolutivo del concepto de campo, lo instantáneo, es más factible para el estudiante en la medida de que sus modelos explicativos estén más centrados en la visión newtoniana, de esta forma, considerar un tiempo de propagación estaría relacionado plenamente con el elemento de *acción de partículas contiguas;* aún así, el estudiante, en los casos estudiados, puede incorporar este último elemento y conservar una noción de tiempo infinito o instantáneo, a pesar de que ambos estén en contraposición. Son elementos que pueden ser movilizados en la medida que se afiancen los otros elementos, pues presentan dificultad para ser comprendidos por los estudiantes.

Se analizó que los estudiantes realizan sus modificaciones con mayor facilidad del modelo de Newton al modelo de Faraday, las modificaciones que se hicieron en torno al modelo de Maxwell fueron mínimas, con relación a esto es preciso decir que el concepto de éter no fue plenamente discutido y por tanto es posible que el estudiante no lo haya considerado.

Algunos elementos que no fueron considerados en la categorización de los modelos científicos del concepto de campo, fueron importantes en la comprensión del concepto por parte de los estudiantes, por ejemplo, el concepto de *fuentes de campo*, le permitía al estudiante establecer relaciones entre el campo eléctrico y magnético cuando estos varían en el tiempo, la incorporación a los modelos explicativos de los estudiantes facilitaba la comprensión de los efectos dados por un campo eléctrico o un campo magnético. Dichos elementos pueden ser incorporados en investigaciones posteriores, es posible que una mayor atención a estos elementos facilite la evolución del concepto de campo.

Las modificaciones presentadas han permitido establecer cuáles son los elementos que se movilizan con mayor facilidad en los modelos explicativos de los estudiantes al momento de ellos construir el concepto de campo, de igual forma aquellos que dificultaban su comprensión, esto lleva a pensar en estrategias que afiancen mucho mas esos elementos que presentan dificultad, pero también, que tengan en cuenta los elementos fuertes o dinámicos como lo son las *líneas de fuerza* pues estos brindan al estudiante herramientas que amplían sus modelos explicativos.

REFERENCIAS

Ángel, H., & Clavijo, N. (2006). Lo que el estudiante entiende de potencial eléctrico. . Revista colombiana de física , 38 (2) , 665-667.

Aguilar, Y. (2006). El concepto de presión desde la perspectiva Euleriana. Medellín: Universidad de Antioquia.

Ayala, M. M. (2000). Historia de las Ciencias y la Formación de Profesores de Física. Relatorio Final de la VII Conferencia Interamericana sobre Educación en Física, (pp. 75 - 78). Porto Alegre (Canela) - Brasil

Berkson, W. (1981). Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday a Einstein. España : Alianza Editorial.

Bonilla, C., & Rodríguez, P. (2000). Metodos cuantitativos y cualitativos. Método científico o mecanicismo del conocimiento. En B. C. P, Más allá del dilema de los métodos (Vol. Primera reimpresión). Bogotá. Universidad de los Andes: Norma.

Carmona, G.; Goldstein, P.; Ley-Koo, E; De La Selva, S.M.T; Piña, E.; Campos, I; Jiménez, J.L; De La Peña, L.; Córdova, J.; Moreno, M.; Garcia-Colin, L. *Michael Faraday: Un genio de la física experimental.* México. Editorial Progreso, S. A. de C. V. 1995.

Chamizo, J. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias . Enseñanza de las ciencias , 25 (1) , 133-146.

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas , 109-120.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. Recuperado el 15 de Enero de 2009, de http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~sillito/cpsc-601.23/readings/eisenhardt-1989.pdf

Faraday, M. (1859). Experimental researches in chemistry and physics. USA: Taylor y Francis Inc.

Furió, & Guisasola. (1999). Concepciones alternativas y dificulatdes de aprendizaje el electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. Enseñanza de las ciencias , 17 (3) , 441-452.

Furió, C., & Guisasola, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada . Enseñanza de las ciencias 19 (2) , 319-334.

Gagliardi, & Giordan. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. Enseñanza de las ciencias , 4 (3) , 253-258.

García, D. (1983). Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas. Vol. 1, Nº 1, , 54-57.

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

Guisasola, & Furió. (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. Enseñanza de las Ciencias , 16 (1) , 131-146.

Llancaqueo, A. Caballero, M & Moreira, M. (2003a). El concepto de campo en el aprendizaje de física y en la investigación en educación en ciencias. Revista electrónica de Enseñanza de las ciencia, Recuperado el 10 de Marzo de 2008 en: http://www.raco.cat/index.ph.

LLancaqueo, A., Caballero, M., & Moreira, M. (2003b). El aprendizaje del concepto de campo en física; una investigación exploratoria a la luz de la teoría de Vergnaud. Revista Brasileira de insino de fisica 25 (4) , 399-417.

Llancaqueo, J. (2006). El aprendizaje del concepto de campo en física: conceptualización, progresividad y dominio. Trabajo de grado de doctorado publicado por Universidad de Burgos, Recuperado el 5 de Mayo de 2008 de: http://hdl.handle.net/10259.

Martínez C, Piedad C. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. Recuperado el 15 de enero de 2009 de: http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/pensamiento_gestion/20/5_El_metodo_de_estudio_de_caso.pdf.

Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. Enseñanza de las ciencias , 5 (5) , 255-277.

Maxwell, J. (1873). Treatise in electriciry and magnetism (Vol. 1). London: Publishes to de University of Oxford.

Niedderer, & Schceker. (1992). Towards and explicit descriptin of cognitive system of research in physics learning institute of physics education.

Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. International Journal of Eduvation Vol 11 , 530-540.

Periago, C., & Bohigas, X. (2000). Modelo conceptual del concepto de campo eléctrico creado por una carga puntual de los alumnos de segundo curso de Ingeniería. Innovació educativa a la Física, Recuperado el 28 de Junio de 2008 en: http://baldufa.upc.edu/recerca/.

Pessoa, & Castro. (1992). La historia de las ciencias como herramienta para la enseñanza de fisica en secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. . Enseñanza de las ciencias , 10 (3) , 289-294.

Posner, G. S. (1982). Accoomodation scientific conception: toward a theory of conceptual change. . Science Education 66(2) , 211-227.

Rodriguez, Lara-Barragán, & Cerpa. (2001). La enseñanza del electromagnetismo: una experiencia dentro del modelo de competencias integradas de la Universidad de Guadalajara. IX Congreso Nacional de Investigación Educativa,México.

Sandoval C, Carlos A. (2002). Investigación cualitativa. En: especialización en teorías, métodos y técnicas de investigación social. Bogotá, Colombia: ARFO editores e impresiones Ltda.

Sepulveda, A. (2003). Los conceptos de la física: evolución histórica. Medellín: Universidad de Antioquia.

Solves, J., & Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. . Enseñanza de las ciencias , 19 (1) , 151-162.

Stake, R. E. (1999). Investigación con estudio de casos segunda edición . Madrid: Morata.

Strike, K., & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. New York: Hamilton(ed) philosophy of science cognitive.

Tamayo, O. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional, aplicación al concepto de respiración. Universidad Autónoma de Barcelona: Tesis de doctorado, Recuperado el 11 de Junio de 2008 en: http://www.tdx.cat/TDX-1015101-133217.

Toulmin, S. (1977). La comprennsión Humana: I. Uso del colectivo y la evolución de los conceptos. (Vol. 1). . Madrid: Alianza Editorial.

Vera V, Lamberto. La investigación cualitativa. Recuperado el 25 de Noviembre de 2008 en: http://ponce.inter.edu/cai/reserva/lvera/INVESTIGACION_CUALITATIVA.pdf

Verschuur, G. (1993). Hidden Attraction. The history and mistery of magnetism. New York : Oxford University Press.

ANEXOS

ANEXO 1: Contenido del espacio de conceptualización Física de los Campos.

FÍSICA DE LOS CAMPOS
CONTENIDO

1. ***Gravitación.***
   - Leyes de Kepler, Ley de gravitación Universal de Newton.
   - Energía potencial gravitatoria, Campo gravitacional.
   - Cálculo de la fuerza y el campo gravitacional por distribuciones de masa puntuales y homogéneas.

2. ***Campo eléctrico.***
   - Concepto de carga eléctrica. Ley de Coulomb, principio de superposición, cuantización de la carga. Aplicaciones. Campo eléctrico, líneas de fuerza, movimiento de cargas en campos eléctricos uniformes, cálculo de campos en distribuciones de cargas continuas y discretas.

3. ***Ley de Gauss.***
   - Simetrías, flujo eléctrico. Ley de Gauss. Aplicaciones para distribuciones de masas puntuales y homogéneas. Aplicaciones de la ley de Gauss en medios conductores y en dieléctricos.

4. ***Potencial eléctrico.***
   - Trabajo realizado por el campo eléctrico. Energía potencial eléctrica. Potencial eléctrico, cálculo del potencial en cargas puntuales y distribuciones homogéneas. Superficies equipotenciales. El campo eléctrico como gradiente del potencial. Obtención del Campo eléctrico a partir del potencial eléctrico, Aplicaciones.

5. ***Capacitancia y Dieléctricos.***
   - Capacitancia y condensadores. Condensador de placas planas y paralelas, esférico y cilíndrico. Capacitores en serie y en paralelo.
   - Almacenamiento de energía en capacitores y energía del campo eléctrico.
   - Dieléctricos, carga inducida, polarización, ruptura dieléctrica. Energía rotacional.

6. Circuitos de corriente continua.
   - Corriente. Conductividad eléctrica. Resistividad. El centro de gravedad.
   - Resistencia, fuerza electromotriz. Ley de Ohm. Resistencia en series y paralelo.
   - Circuitos. Reglas de Kirchhoff. Aparatos eléctricos de medida.

7. Campos magnéticos.
   - Magnetismo. Campo magnético. Líneas de campo magnético y flujo magnético.
   - Fuerza magnética sobre una carga en movimiento. Fuerza sobre una corriente eléctrica. Aplicaciones. El torque magnético sobre una espira con corriente eléctrica con campo B constante. Aplicaciones.

9. Fuentes de campo magnético.
   - Campo magnético en un elemento de corriente. Ley de Biort – Savart.
   - Fuerza magnética de dos conductores paralelos. Campo magnético en una espira circular. Aplicaciones.
   - Ley de Ampere en forma diferencial. Aplicaciones. Magnetización de la materia. Aplicaciones.

10. Inducción electromagnética.
   - Ley de inducción de Faraday. Ley de Lenz, Fem inducida y campos eléctricos inducidos. Las ecuaciones de Maxwell del campo electromagnético.

ANEXO 2: Carta de aceptación

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Práctica profesional en Física de los Campos, Licenciatura en Matemáticas y Física,

15 de septiembre de 2008

Estimado estudiante:

El Departamento de la Enseñanza de las Ciencias y las Artes apoya la práctica de obtener el consentimiento informado, y proteger a los sujetos humanos que participen en investigaciones.

En esta investigación se pedirá que usted participe en las sesiones de trabajo del espacio de conceptualización de Física de los Campos, en el horario establecido, Lunes, Miércoles, Jueves, 2 p.m. a 4p.m.

En algunas de las sesiones del espacio de conceptualización se pedirá que usted de respuesta y desarrolle una serie de talleres, entrevistas, test y actividades experimentales, que buscan conocer las ideas alternativas que usted tiene sobre el

concepto de campo en física. Es importante también que conozca que existe una posibilidad de filmar en video y audio estas reuniones.

Nos interesa conocer las respuestas instantáneas de los estudiantes ante las situaciones planteadas, para dar cuenta de cómo cambian las concepciones de los estudiantes durante las clases.

Su participación es estrictamente voluntaria, y los investigadores se comprometen a mantener la confidencialidad de sus nombres y se hará referencia a ellos sólo mediante un código numérico.

Atentamente:

Leidy Johana Escobar Durando

Yuliana González Pulgarín

Claudia Patricia Gutiérrez Avendaño

ANEXO 3: Caracterización de la población



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDCUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES

Con el fin de caracterizar la población del espacio de conceptualización de Física de los Campos, pedimos el favor de diligenciar la siguiente encuesta que permitirá el avance de la propuesta de Integración Didáctica XIX, centrada en la enseñanza del concepto de campo.

1. Género: Femenino _____ Masculino _____
2. Edad: _____
3. Lugar de residencia: _____
4. El ingreso al Programa Licenciatura en Matemáticas y Física fue por:

   Primera opción _____ Segunda opción _____

   Otra ____ ¿Cuál? _____
5. Nivel académico en el que se encuentra: _____
6. Atendiendo al enfoque del programa, ¿Hacia que línea presenta usted mayor interés?

   Matemáticas _____ Física _____ Didáctica _____
7. Marque con una *C* los espacios de conceptualización de la carrera que está cursando en este momento y con una *A* los que ya aprobó o cursó:

   Epistemología e historia de la física _____ Física del movimiento _____

   Física de los medios continuos _____ Cálculo en varias variables ____

   Ecuaciones y análisis _____ Sistemas y estructuras _____

   ¿Considera que Cálculo en Varias Variables y Física de los Medios Continuos son necesarios para cursar Física de los Campos?

Si _____ No _____

¿Por qué?

_____

_____

_____

8. ¿En el bachillerato aprendió temas sobre electricidad y magnetismo?

   Si _____ No _____ No lo recuerda _____

9. ¿Considera que es importante que este tipo de temas se enseñen desde el colegio?

   Si _____ No _____

   ¿Por qué?

   _____

   _____

10. ¿Trabaja o ha trabajado como docente en el área de la física?

    Si ____ No _____

    Si su respuesta es afirmativa:

    ¿Ha enseñado electricidad y magnetismo?

    Si _____ No _____

11. ¿Considera que es importante este espacio de conceptualización para desempeñar bien su ejercicio docente?

    Si _____ No _____

    ¿Por qué?

    _____

    _____

12. ¿Es la primera vez que usted ve el espacio de conceptualización Física de los Campos?

    Si _____ No _____Muchísimas gracias por su colaboración.

ANEXO 4: Actividad diagnóstica

1. Se tienen dos cuerpos de igual masa (idénticos); uno de ellos es llevado al Monte Everest y el otro a la Isla de San Andrés. Ambos se pesan en dichos lugares y se encuentra, que el cuerpo que está en el Everest pesa menos, que el que está en San Andrés. ¿Por qué crees que ocurre esto?

a. Porque se toman mal los datos al momento de pesarlos.
b. Porque la Tierra atrae con mayor intensidad a los cuerpos que están a una menor altura.
c. Porque la Tierra atrae con mayor intensidad a los cuerpos que están a una mayor altura.
d. Porque en el Everest la temperatura es menor que en San Andrés.

Justifica tu respuesta:

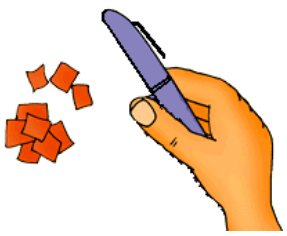
_____

_____

_____

_____

2. Se frota un lapicero de plástico con un pedazo de seda; cerca de este se tienen trocitos de papel como se muestra en la figura. ¿qué sucede al acercar el lapicero a los trocitos de papel?



a. Los trocitos de papel conservan su lugar.
b. Los trocitos de papel se distancian del lapicero.

c. Los trocitos de papel se reorganizan sin estar en contacto con el lapicero.

d. Los trocitos de papel se adhieren al lapicero.

Justifica tu respuesta:

_____

_____

_____

_____

3. Se coloca un imán a una pequeña distancia de un clavo. ¿Qué sucede entre estos cuerpos?



a. El imán atrae al clavo.

b. El clavo atrae al imán.

c. Ambos se atraen.

d. Ni el clavo ni el imán se atraen.

Justifica tu respuesta:

_____

_____

_____

4. Ahora suponga que el clavo se fija a una mesa de madera y que el imán se coloca a una distancia muy pequeña del clavo. ¿qué sucede entre estos cuerpos?



a. El imán atrae al clavo.

b. El clavo atrae al imán.

c. Ambos se atraen.

d. Ni el clavo ni el imán se atraen.

Justifica tu respuesta:

_____

_____

_____

_____

5. Suponga que el clavo y el imán se llevan a una cámara de vacio y se colocan a una pequeña distancia el uno del otro. ¿Qué sucede entre estos cuerpos?

a. Flotan y no se atraen.
b. Flotan y se atraen.
c. Caen y no se atraen.
d. Caen y se atraen.

Justifica tu respuesta:

_____

_____

_____

ANEXO 5: Actividad sobre el campo eléctrico

NOMBRE: _____

C.C. _____ FECHA: _____

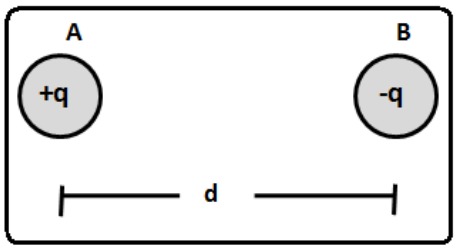
OBJETIVO:

- Establecer las interacciones que tienen dos partículas cargadas en diferentes situaciones, dándole explicaciones desde diferentes enfoques.

Actividad

Analiza las siguientes situaciones y responde las siguientes preguntas

- Se tienen dos partículas *cargadas* de igual magnitud y signos opuestos, separadas una distancia muy grande *d* en una región del espacio como se muestra en la figura:

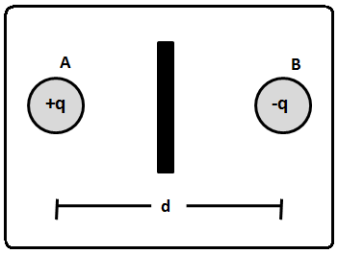


De pronto, la partícula A (+q) comienza a vibrar por una radiación externa:

1. ¿La perturbación que sufrió la partícula A (+q) la sufrirá también la partícula B (-q)Explica
2. ¿Lo hará instantáneamente o tardara algo de tiempo. Explica.

3. Dibuja las líneas de fuerza para esta situación.

- Ahora, en medio de las dos partículas cargadas se coloca una barra de madera neutra, como se muestra en la figura:



4. ¿Habrá algún tipo de atracción o repulsión entre las dos partículas cargadas? Explica.
5. Dibuja las líneas de fuerza para dicha situación.
6. ¿Dónde es más intenso el campo? ¿Por qué?
7. Si sólo estuviera la partícula carga A con el bloque de madera neutro, ¿habría interacción, campo, ambas o ninguno? Explica dibuja las líneas de fuerza para la situación.

ANEXO 6: Actividad sobre el campo magnético

NOMBRE: _____

C.C. _____ FECHA: _____

OBJETIVO:

- Establecer las interacciones que tienen dos partículas con cargas en movimiento en diferentes situaciones, dándole explicaciones desde el enfoque Newtoniano o de Faraday.

Actividad

Analiza las siguientes situaciones y responde las siguientes preguntas:

- Se tienen dos imanes de ***baja*** intensidad en los extremos opuestos de una mesa de madera ***muy grande*** como se muestra en la figura:



Se desconocen las polaridades de cada extremo de los imanes.

- De repente, una persona mueve uno de los imanes (imán 1) de un lado hacia el otro, conservando la misma distancia (distancia muy grande) al imán 2.

1. ¿El movimiento del imán 1 altera de alguna forma al imán 2? Explica.
2. Dibuja las líneas de fuerza de dicha situación.

- Ahora, el imán 1 y el imán 2 se encuentran a una distancia muy pequeña el uno del otro, como se muestra en la figura.



3. ¿Si una persona acerca un poco el imán 1 al imán 2, cómo interactúa el segundo imán? ¿interactúa instantáneamente? Explica
4. ¿Habrá algún tipo de atracción o repulsión? ¿de qué depende? Explica

- En medio de los dos imanes se coloca una barra delgada de madera, como se muestra en la figura.



5. ¿Los imanes tendrán algún tipo de interacción?
6. Dibuja las líneas de fuerza para dicha situación.
7. ¿Si solo estuviera el imán 1 sobre la mesa, habría interacción, campo, ambas?

ANEXO 7: Actividad experimental: Oersted Y Faraday

Nombre: _____

"Siempre me veo obligado [...] a elaborar sobre el papel un plan [del asunto] y a rellenar sus distintas partes acudiendo a la memoria, ya por asociación de ideas, ya utilizando algún otro método. [...] El resultado es una serie de encabezamientos principales y secundarios a partir de los cuales desarrollo el tema."

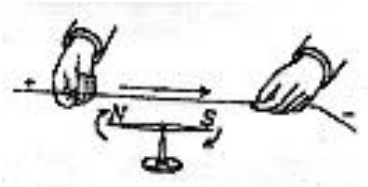
Michael Faraday.

EXPERIMENTO DE OERSTED

Objetivo:

- Reflexionar acerca de los efectos que produce la corriente eléctrica sobre una aguja magnetizada.

Hans Oersted estaba preparando su clase de física en la Universidad de Copenhague, una tarde del mes de abril, cuando al mover una brújula cerca de un cable que conducía corriente eléctrica notó que la aguja se deflectaba hasta quedar en una posición perpendicular a la dirección del cable. Más tarde repitió el experimento una gran cantidad de veces, confirmando el fenómeno. Por primera vez se había hallado una conexión entre la electricidad y el magnetismo.



Actividad:

Con los materiales que tienes a tu disposición, realiza un montaje similar al de **Oersted** con el que puedas reflexionar acerca del fenómeno que se manifiesta en las proximidades de una corriente eléctrica. Responde las siguientes preguntas que te servirán de guía al momento de realizar la actividad experimental. Luego, describe el montaje (dibújalo en el recuadro) y el procedimiento.

- ¿Qué experimenta la brújula cuando alguien la aproxima a una corriente eléctrica?

  _____
  _____
  _____
  _____

- ¿Podrías cambiar el sentido de la corriente? ¿Qué ocurre con la brújula?

  _____
  _____
  _____
  _____

- ¿Cómo puedes explicar el movimiento de la brújula?

  _____
  _____
  _____
  _____

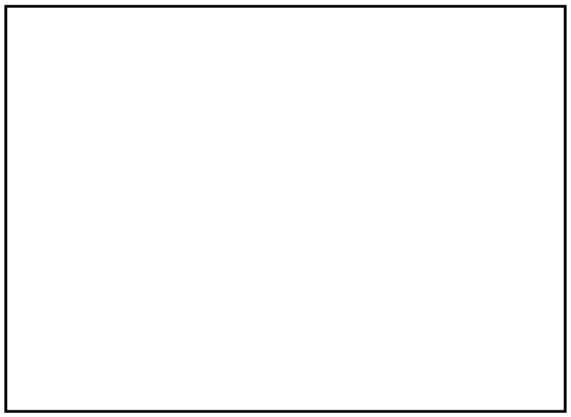
- ¿Podrías cambiar el alambre por un imán? ¿Qué ocurre con la brújula? ¿Existe una relación entre lo que ocurre con el imán y la corriente eléctrica a través del alambre? ¿Qué puedes concluir?

  _____
  _____

_____

_____

Montaje:



_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Procedimiento:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

EXPERIMENTO DE FARADAY: INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Objetivo:

- Analizar con la ayuda de un galvanómetro los efectos que provoca un imán sobre una bobina a diferentes distancias.

Teoría:

A raíz de las experiencias realizadas por Oersted**,** en 1820, que habían puesto de manifiesto que las corrientes eléctricas producen efectos sobre las agujas imantadas de las brújulas, los científicos de la época no tardaron en preguntarse: ¿puede un imán producir corrientes eléctricas? El científico inglés Faraday demostró que si era posible. Faraday estudió la forma que debería tener un electroimán para que fuera muy potente y actuara intensamente sobre un circuito próximo al imantarlo bruscamente. Decidió que la mejor forma era la de un anillo grueso de hierro. Sobre una de las mitades del anillo arrolló varias veces un cable cuyos extremos iban a una batería; sobre la otra mitad hizo lo mismo, sólo que uniendo los extremos del cable a un galvanómetro. Al cerrar el circuito de la batería, el anillo quedaba imanado y el galvanómetro indicaba un breve paso de corriente. Al abrir el circuito, el anillo se desimanaba y se registraba de nuevo una breve corriente (Berkson, 1981). A este estado especial, Faraday lo denominó "estado electrónico". Su teoría establecía que la creación o variación del "estado electrónico" siempre producía corriente.

Actividad:

Con los materiales que tienes a tu disposición (bobina, imán, galvanómetro), realiza un montaje similar al de Faraday, con el que puedas evidenciar el paso de corriente. Responde las siguientes preguntas, describe el montaje (dibújalo en el recuadro) y el procedimiento.

Contesta y discute las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo varía la aguja del galvanómetro si mueves velozmente el imán dentro de la bobina? ¿En qué dirección lo hace?

   _____

   _____

   _____

   _____

2. ¿Cómo varia la aguja del galvanómetro si mueves más lento el imán en el interior de la bobina?

   _____

   _____

   _____

   _____

3. ¿Cómo varía la aguja del galvanómetro si mueves el imán en cercanía a la bobina (parte exterior)?

   _____

   _____

   _____

   _____

4. ¿Cuándo cambia la intensidad de la corriente? ¿Cómo te das cuenta de este cambio? ¿Por qué?

   _____

   _____

   _____

   _____

5. Según la todo lo anterior, ¿Qué es la *Corriente inducida?*

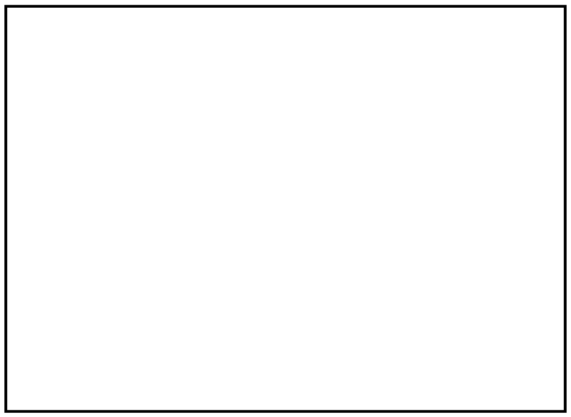
   _____

   _____

   _____

   _____

Montaje:



_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Procedimiento:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

ANEXO 8: Actividad de evaluación

CAMPO GRAVITACIONAL, MAGNÉTICO Y ELÉCTRICO

NOMBRE: _____

C.C. _____ FECHA: _____

OBJETIVO:

Describir las interacciones eléctricas, magnéticas y gravitacionales en términos del concepto de campo.

ACTIVIDAD

1. Realiza un mapa conceptual en el cual relaciones los siguientes conceptos y explica dicha relación:

- Campo gravitacional
- Campo eléctrico
- Campo magnético
- Fuentes de campo
- Intensidad de campo
- Masa
- Cargas en reposo
- Cargas en movimiento
- Líneas de fuerza
- Fuerza (gravitacional, eléctrica, magnética)
- Interacción
- Dirección

Nota: Puede repetir conceptos (si lo cree necesario)

Analiza las siguientes situaciones y responde las siguientes preguntas

- El sistema conformado por la Tierra y la Luna sólo tiene interacción entre ellas, como se muestra en la figura:



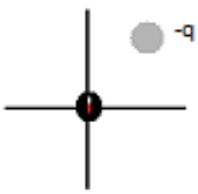
2. Dibuja las líneas de fuerza del campo gravitacional para el caso anterior.
3. ¿Si se ubica un cuerpo de masa m entre la Tierra y la Luna (en el medio de ambas, como se muestra en la figura), cómo interactúa la Tierra y la Luna con la masa?



- En el origen de un sistema de coordenadas se encuentra una brújula apuntando hacia el norte, como se muestra en la figura.

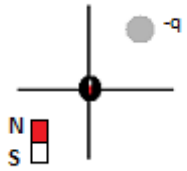


De repente alguien ubica en el primer cuadrante una partícula en reposo cargada negativamente, como se muestra:



4. ¿Con la presencia de la partícula girará la brújula? De ser así, ¿Hacia dónde giraría? Explica.

- Ahora, en este mismo sistema se ubica un imán (en reposo) en el tercer cuadrante, como se ilustra :



5. ¿Con la presencia del imán (en reposo) girará la brújula? De ser así, ¿hacía donde giraría? Explica.
6. ¿Cómo interactúan la partícula (-q) en reposo, la brújula y el imán (en reposo)? Explica.
7. Para esta situación, ¿hay campo eléctrico, magnético, ambos, ninguno? Explica.