

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**  
**FACULTAD DE EDUCACION**  
**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES**

**EL CAMPO ELÉCTRICO COMO CONCEPTO ESTRUCTURANTE EN LA**  
**ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

**Monografía para obtener el título de Licenciada en educación básica con**  
**énfasis en ciencias naturales y educación ambiental**

**SHARON DONELLA BARBA ZAPATA**

**Dirigida por**  
**Yirsén Aguilar Mosquera**

**Medellín – Colombia**

**2011**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al profesor Yirsen Aguilar Mosquera por su asesoría continua y dispuesta.

A los compañeros de la Línea de Investigación de Historia y epistemología de las ciencias por sus aportes en éste trabajo.

A la Institución Educativa Comercial de Envigado por permitir el desarrollo de éste proceso investigativo.

## RESUMEN

En el análisis de algunos libros de texto tanto universitarios como escolares, se ha podido evidenciar la explicación de las fuerzas eléctricas como acciones a distancia, las cuales se dan sin ninguna interacción sobre los cuerpos, esto genera grandes dificultades en los estudiantes en la comprensión del concepto de campo y más aún para que logren reconocerlo en los procesos físicos y químicos que tienen incidencia en el diario vivir de los estudiantes.

Es por esto, que se hace un análisis histórico y epistemológico de la obra de Michael Faraday con el fin de lograr reconceptualizar y recontextualizar el concepto de campo, a partir de su representación como líneas de fuerza. Éste análisis permite comprender las principales barreras y asertos que llevaron a la formalización del concepto por parte de Faraday, lo que proporciona elementos importantes que lleven a entender cómo los estudiantes comprenden y cuáles son los modelos explicativos que elaboran.

Éste análisis sirve para la aplicación de instrumentos que indaguen por los modelos explicativos de los estudiantes, lo que lleva la elaboración de rutas didácticas que enlacen el concepto de campo eléctrico no solo en el campo de la física, sino también con otras áreas de conocimiento que los lleven a analizar y dar posibles soluciones a problemáticas sociales, culturales y tecnológicas entre otras, que tengan que ver con su diario vivir.

## INTRODUCCION

A la luz del estudio que se hace de la manera como Michael Faraday formalizó en concepto de campo eléctrico, se hace un análisis con una perspectiva epistemológica de la forma como éste concepto es trabajado en tres libros de texto, los cuales son tomados en los cursos de física de la Institución Educativa Comercial de Envigado.

Posteriormente, se toman cuatro casos de la IECE, con el fin de indagar por sus modelos explicativos referentes al concepto de campo eléctrico, aplicando cuatro instrumentos los cuales fueron inspirados en el análisis del clásico, y donde se usaron como métodos la entrevista semiestructurada, la práctica experimental y la experimentación mental.

Finalmente, teniendo en cuenta los modelos explicativos de los estudiantes, se diseña una secuencia didáctica que lleve a los estudiantes a que hagan una construcción del concepto de campo eléctrico que les permita integrar sus conocimientos a la vida cotidiana.

## INDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS	7
LISTA DE GRAFICOS	8
RESUMEN	3
INTRODUCCION	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 Pregunta de investigación	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. METODOLOGÍA	16
4. MARCO CONCEPTUAL	26

4.1 El concepto de Campo Eléctrico en el contexto de la enseñanza	26
4.1.1 <i>Desde los lineamientos curriculares</i>	26
4.1.2 <i>Desde los libros de texto</i>	30
4.1.3 <i>Desde algunas investigaciones</i>	32
4.2 La Historia y la Epistemología en el contexto de la enseñanza	33
4.3 Análisis del proceso de formalización del concepto de campo eléctrico por Faraday	38
5. ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS	46
6. ANEXOS	57
7. CONCLUSIONES	99
8. RECOMENDACIONES	100

9. BIBLIOGRAFÍA

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Matriz de categorías.

Cuadro 2 Matriz 1. Respuestas de los casos al instrumento uno.

Cuadro 3 Matriz 2. Respuestas de los casos al instrumento dos

Cuadro 4 Matriz 3. Respuestas de los casos al instrumento tres.

Cuadro 5 Matriz 4. Respuestas de los casos al instrumento cuatro.

Cuadro 6 Matriz 5. Matriz de asertos.

Cuadro 7 Secuencia didáctica.



## LISTA DE GRAFICOS

Figura 1 Esquema realizado por el caso 1 instrumento 2

Figura 2 Esquema A realizado por el caso 2 instrumento 2

Figura 3 Esquema B realizado por el caso 2 instrumento 2

Figura 4 Figura 5 Esquema D realizado por el caso 2 instrumento 2

Esquema C realizado por el caso 2 instrumento 2

Figura 6 Esquema realizado por el caso 3 instrumento

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el aprendizaje de la física, el concepto de campo es fundamental para comprender la física clásica y la moderna, ya que;

*En física clásica, el concepto de campo es fundamental para describir y explicar fenómenos como los electromagnéticos, gravitacionales, de fluidos y de transporte. En la física contemporánea es central en las teorías de partículas elementales que buscan la elaboración de modelos que expliquen en una teoría unificada las fuerzas básicas de la naturaleza (Feynman, 1985) y en la teoría de la relatividad general el concepto de campo (Einstein, 1995) es el elemento conceptual clave que describe lo físicamente real con la inclusión de la estructura del espacio-tiempo, o sea un campo son ciertas cualidades físicas de los puntos del espacio y el tiempo (Pauli, 1996). (Llancaqueo, Caballero y Moreira, 2003, p.2)*

Siendo la física una disciplina que atraviesa todos los procesos naturales y artificiales, la disciplina de la ciencia que se ha preocupado por proveer a la sociedad de modelos explicativos que logren acercar al hombre a una comprensión del universo, lo cual hace que éste concepto sea de una incidencia tan amplia tanto en la rama de la Física como también de la Biología y la Química y la comprensión de éste y su relación con todos los fenómenos que tocan al ser humano es de vital importancia para la enseñanza de las ciencias, es por esto,

que el aprendizaje de la física y en especial del concepto de campo eléctrico, por parte de los estudiantes, ha sido tema de estudio de múltiples investigaciones, llegando en la mayoría de los casos a la conclusión de que los estudiantes tienen concepciones alternativas que muestran la existencia de verdaderas dificultades de aprendizaje en diferentes campos básicos de la Física (L. Viennot, 1985; Driver R., 1989, citado en Furió y Guisasola, 1999), en muchos casos, los estudiantes no logran comprender cómo algunas fuerzas se pueden dar a partir de acciones a distancia, entendiendo el medio como vacío o de naturaleza etérea, esta dificultad, establece una barrera de conexión entre el concepto de campo y la comprensión del mismo desde una perspectiva holística desde las ciencias naturales en su conjunto.

Las concepciones alternativas del estudiante representan entonces, en palabras de Bachelard, una cantidad de obstáculos epistemológicos aprendidos a lo largo de los años de escuela, y de procesos de enseñanza que en el afán de incluir conceptos científicos, tienden a poner en continuidad el conocimiento común y el científico, generando así interpretaciones equivocadas, lograr que los estudiantes reinterpreten, es una tarea que exige principalmente, la comprensión de los procesos de aprendizaje de los estudiantes, la reestructuración de los planes de área donde se incluya un fuerte componente histórico y epistemológico que permita lograr desarrollar un pensamiento científico, es decir, que no busque la transmisión de conceptos definidos, sino que logre un razonamiento lógico en los estudiantes, que propenda por una continua capacidad de asombro y de

inquietud con respecto a todos los fenómenos que los rodean y de todos los modelos explicativos que se presentan.

En el caso de la enseñanza de la física de grado 11 en nuestro país, éste se encuentra enmarcado en unos lineamientos curriculares atravesados a su vez, por unos ejes articuladores, definidos como una forma de organizar las ideas, los conceptos, los principios y las teorías centrales de las ciencias naturales, pertinentes a cada nivel de formación escolar. En términos globales, dichas ideas se articulan alrededor de tres grandes líneas: procesos biológicos, procesos físicos y procesos químicos, los cuales se abordan con diferente complejidad en cada nivel de aproximación (exploratorio, diferencial o disciplinar). (MEN, 1999)

Así, en los lineamientos curriculares se plantea que el estudiante logre “explicar situaciones en términos de campo eléctrico y de campo magnético, los represente mediante líneas de campo, describa los efectos magnéticos de la corriente eléctrica y relacione dichos campos con la fuerza que experimentan las cargas eléctricas en reposo y en movimiento”. (MEN 1999), Sin embargo, para esto, se requiere de una comprensión clara de lo que es el campo eléctrico, desde los libros de Física General se logra definir el concepto de campo desde el plano de lo abstracto, en el libro de Serway, se explica de la siguiente manera: “El concepto de campo fue desarrollado por Michael Faraday (1791-1867) en relación con las fuerzas eléctricas, desde éste punto de vista, se dice que en la región del espacio que rodea un objeto cargado existe un campo eléctrico: la carga fuente. Cuando otro objeto cargado –la carga de prueba- entra en éste campo eléctrico, una fuerza

eléctrica actúa sobre él.” (Serway, 2005, p. 815), en el libro de (Hollyday, 1979, p.975) se define como el espacio que rodea una varilla cargada y que parece estar afectada por ésta.

También en los libros de texto de bachillerato se plantea de forma similar a los universitarios, así en Física fundamental 2 de Michael Valero, se dice que “las fuerzas eléctricas y las fuerzas gravitacionales son fuerzas de acción a distancia que se manifiestan sin que exista ningún contacto entre los cuerpos, éste hecho se interpretará admitiendo que cada carga modifica las propiedades del medio que la rodea estableciendo un *campo eléctrico* (análogo al campo gravitacional producido por cada masa); si se coloca una carga  $q$  dentro de éste campo, éste ejercerá sobre  $q$  una fuerza de atracción o repulsión”. (Valero, 1983, p.36).

Es así como se define campo eléctrico en los libros de física, y se formaliza a partir de ejemplos que parten de experimentos racionales, los ejercicios que se plantean, se enuncian como partículas cargadas en el espacio y el efecto de éstas sobre otras partículas, sin embargo, desde esta perspectiva, hace falta un articulación del concepto de campo con fenómenos naturales y biológicos que puedan ser evidentes y relacionables por parte de los estudiantes.

A partir de este análisis, es importante considerar hasta dónde la enseñanza del concepto de campo eléctrico a partir de la física únicamente, puede proporcionar una comprensión desde lo natural, para dar respuesta a lo planteado en los lineamientos curriculares, cuando dice que por medio de una formación básica en ciencias naturales, los estudiantes deben tener acceso a los procedimientos e

ideas centrales de la ciencia, de tal forma que esto les permita entender y relacionar elementos de su cotidianidad y, por ende, desenvolverse de una manera más significativa en ella.(MEN, 1999)

En este trabajo se plantea entonces, a partir de lo analizado en los libros de texto que se trabajan en la Institución Educativa Comercial de Envigado, que la manera como se conceptualiza campo eléctrico, lleva a que los estudiantes conciban las relaciones de fuerza que se dan sin contacto, en un medio vacío o enrarecido, dificultando la comprensión del concepto de campo como se fundamenta desde los paradigmas actuales de la física.

### 1.1 Pregunta de investigación.

¿Cómo plantear una resignificación del concepto de campo eléctrico, como concepto estructurante en la enseñanza de la física, a partir de los planteamientos de Michael Faraday?

## 2. OBJETIVOS.

### 2.1 *Objetivo General.*

Plantear una resignificación del concepto de campo eléctrico, como concepto estructurante en la enseñanza de la física, a partir de los planteamientos de Michael Faraday.

### 2.2 *Objetivos Específicos.*

- Analizar el proceso de formalización del concepto de Campo Eléctrico realizado por Faraday, con fines didácticos.
- Identificar los modelos explicativos de tres estudiantes de grado 11 de la Institución Educativa Colegio Comercial de Envigado , en relación al concepto de Campo Eléctrico.

- Diseñar una secuencia didáctica teniendo en cuenta los planteamientos y problemas epistemológicos que dieron paso a la construcción del concepto de Campo Eléctrico considerados en la perspectiva de Faraday.



### 3. METODOLOGÍA

Ésta investigación se realizó en tres fases, cada una con una duración de seis meses, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

*Fases de la Investigación.*

FASE 1	FASE 2	FASE 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización del contexto.</li> <li>• Criterios para la elección de los casos.</li> <li>• Validación con otros investigadores.</li> <li>• Elección del método de Investigación.</li> <li>• Análisis del teórico Michael Faraday.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de libros de texto.</li> <li>• Análisis del teórico Michael Faraday.</li> <li>• Elaboración del marco conceptual.</li> <li>• Diseño y validación de los Instrumentos.</li> <li>• Elección de los casos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de instrumentos.</li> <li>• Análisis y sistematización de la información.</li> <li>• Validación de la información con otros investigadores.</li> <li>• Diseño de la secuencia didáctica.</li> <li>• socialización del</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración del marco conceptual del trabajo.</li> </ul>		trabajo.
---	--	----------

La fase 1 comienza con el proceso de caracterización del contexto, el cual se realizó mediante observación participante y no participante, llevadas a cabo como parte de la práctica pedagógica en el grado de la Institución Educativa Comercial de Envigado, esta Institución se encuentra estratificada en el nivel 2 y por su carácter público acoge a niños y niñas en su mayoría de los estratos 1, 2 y 3.

En su infraestructura cuenta con laboratorios de física, química e informática, también con amplias salas de audiovisuales y una planta de maestros completa, en la jornada de la mañana los estudiantes de 10 y 11 ejecutan su jornada académica curricular y en las tardes desarrollan la media técnica que ofrece la institución en convenio con la Universidad de Envigado y el SENA

Ésta caracterización, da pie para establecer los criterios de selección de los casos de estudio, pues con esta investigación se busca comprender cómo tres casos de grado 11 de la Institución Educativa Comercial de Envigado, conciben el concepto de Campo Eléctrico. Para la elección de los tres casos se consideraron los siguientes criterios:

1. Que tuvieran una actitud participativa en las clases de física.
2. Que presentaran buena expresión oral.
3. Que demostraran un interés voluntario en participar de la investigación.
4. Que tuvieran disponibilidad horaria para el desarrollo y aplicación de los instrumentos.

Los dos primeros parámetros, se establecieron con el fin de lograr que los estudiantes presentaran riqueza explicativa tanto oral como escrita en los resultados de aplicación de los instrumentos, ya que a partir de la información que éstos proporcionan, se llevaría a cabo la selección e interpretación de los elementos que dieron respuesta al problema planteado en la investigación.

El tercer parámetro fue indispensable, ya que al constituirse la investigación en un interés personal del investigador y ajeno al currículo, se convirtió en un esfuerzo adicional del estudiante, donde comprometió su tiempo libre y expreso sin ningún tipo de consecuencia académica, sus formas de pensar, razonar y formalizar.

El cuarto parámetro relacionado con la disponibilidad horaria, se planteó con el objetivo de aplicar los instrumentos en horarios extra clase con el fin de no interferir con su jornada académica ni la media técnica.

Por otra parte, coherente con la intención que se tiene, fue necesario elegir un método de investigación que permitiera lo siguiente:

1. Que ofreciera posibilidades amplias de recogida de información.
2. Que permitiera acceder a las construcciones conceptuales de los estudiantes.

Con el objetivo de responder a estas necesidades, se elige como método la investigación cualitativa, pues por ella “entendemos cualquier tipo de investigación que produce hallazgos a los que no se llega por medio de procedimientos estadísticos u otros medios de cuantificación” (Strauss y Corbin, 2002, p.11-12) o como dicen Denzin y Lincoln “ es multimetódica en el enfoque, implica un enfoque interpretativo, naturalista hacia su objeto de estudio” (1994-2) lo que permite dar cuenta de una historia, unas experiencias subjetivas, una complejidad en los procesos que solo a través del análisis del investigador pueden ser desenmarañados, interpretados y categorizados, permite el diseño de variados instrumentos de recogida de información, lo que proporciona gran riqueza explicativa por parte de los estudiantes y por tanto un amplio acceso a sus construcciones y visión.

Para cumplir con el segundo criterio, el cual pretende acceder no al estudiante mismo sino a las construcciones conceptuales que realiza, se toma como base de la investigación cualitativa enfocada en el estudio de caso, porque sus características relacionadas con la particularidad, descripción e interpretación vehiculizan la intención que se tiene en esta investigación. Esta especificidad le hace ser un método muy útil para el análisis de problemas prácticos, situaciones o acontecimientos que surgen en la cotidianidad. “Cómo producto final de un estudio de caso nos encontraremos con una rica descripción del objeto de estudio, en las que se utilizan las técnicas narrativas y literarias para describir, producir imágenes

y analizar las situaciones” (Rodríguez y Gil, 1996, p. 92), que en la acción de comprender del estudiante, se constituyen como un conjunto de hechos supremamente complejos, donde intervienen múltiples aspectos y todos son importantes para tener en cuenta.

Sin embargo, el caso es muy específico y aunque tiene una dirección directa con el estudiante, no es él mismo el que se constituye como objeto de investigación, es su pensar, son sus construcciones teóricas, sus relaciones cognitivas, sus concepciones epistemológicas, referidas a las ideas acerca del concepto de campo: como se estructura, cómo evoluciona y cómo se produce (Campanario y Moya 1999) lo que nos interesa conocer y comprender, es por esto que como enfoque en el estudio de caso, se toma el instrumental, clasificación presentada por Stake (1994), en donde “un caso se examina para profundizar un tema o afinar una teoría. En éste tipo, el caso es secundario, juega un papel de apoyo, facilitando nuestra comprensión de algo. Este caso se elige en la medida en que aporte algo a nuestra comprensión del tema objeto de estudio” (Rodríguez y Gil, 1996, p.93).

Es entonces, el estudio de caso instrumental el que lleva a comprender de forma amplia y holística la forma en la que los estudiantes formalizan el concepto de campo eléctrico. El estudio de caso permite centrarse en los sujetos que cumplan de mejor forma las características propicias para lo que se pretende investigar y teniendo en cuenta que no son los sujetos en particular lo que se

analiza, sino las construcciones conceptuales que elaboran, el enfoque instrumental permite lograr ese objetivo.

Habiendo determinado la investigación cualitativa con estudio de caso como método de investigación, se comienza entonces el análisis del teórico Michael Faraday desde una perspectiva epistemológica con fines didácticos, logrando un acercamiento a las principales dificultades, hipótesis y aciertos que dieron paso al establecimiento de las bases para la construcción del concepto de campo eléctrico, éste análisis proporcionó herramientas epistemológicas que sirvieron para el diseño los instrumentos aplicados a los casos, así como para la elaboración del marco conceptual del trabajo.

Desde la fase uno se trabaja el análisis de algunos libros de texto trabajados en el área de física para los grados 11, pero es en la Fase dos donde se culmina éste análisis, los textos son: Galaxia, física 11, Editorial Voluntad (1999), Santa fe de Bogotá, Física fundamental II de Michael Valero, editorial Norma y Física II de Santillana; en ellos se logran evidenciar formas de conceptualizar así como datos históricos con respecto al desarrollo del concepto de campo eléctrico, que llevan a una visión de ciencia dogmática, exacta y acabada, este análisis ayuda a plantear el problema a investigar en el presente trabajo, también se continúa con el análisis del teórico Michael Faraday, con sus obras *Experimental research in electricity* y sus Diarios de laboratorio, de ahí se logran establecer dos categorías apriorísticas de análisis las cuales son: Líneas de fuerza y acción de partículas contiguas, éstas sirven como base para el diseño de los instrumentos y el análisis de información.

Ya habiendo avanzado en el análisis del teórico y de los libros de texto, se diseñan los instrumentos para la recogida de la información, éstos son validados mediante su socialización con los maestros en formación de la Línea de Investigación en Historia y Epistemología de las ciencias, para posteriormente ser aplicados a los casos.

Para la recolección de la información se desarrollaron cuatro instrumentos, los cuales fueron aplicados en tres sesiones cada una de una hora en promedio, el primer instrumento fue un video en el cual se aplicó como método de recolección de información, una entrevista abierta a cada uno de los casos, ésta entrevista tuvo como objetivo indagar por las concepciones de los estudiantes acerca de la forma de propagación de la fuerza y del carácter del medio en la cual se da.

El segundo instrumento se basó en un experimento mental en el cual los casos tuvieron que representar por medio de esquemas lo que sucedería o de qué forma podrían interaccionar tres cuerpos de diferente masa y a diferente distancia, lo que se hace es variar la distancia desde unos metros hasta miles de kilómetros de distancia, en este caso se pone como ejemplo la interacción entre la tierra y un cuerpo, el cual se aleja cada vez más de la tierra, posteriormente en el espacio, se pregunta cómo interaccionaría entre la luna y la tierra; este instrumento parte también del análisis del clásico, pues él reflexiona sobre los fenómenos gravitacionales con respecto al medio como determinante en la propagación de la fuerza gravitatoria.

El tercer instrumento fue una experiencia sobre fuerza magnética inspirada en el análisis del clásico, en esta se buscó indagar por las explicaciones que los casos encontraban a la interacción de fuerza magnética entre diferentes materiales.

Como cuarto instrumento se planteó una actividad experimental sobre fuerza magnética la cual parte del análisis del clásico, en donde tomando limadura de hierro y un imán, se pretende explicar lo que sucede, en ese experimento Michael Faraday logra evidenciar lo que para él se constituyeron en líneas de fuerza y donde traspolo estos resultados del magnetismo a los fenómenos eléctricos.

Una de las razones principales por las cuales se diseñan los instrumentos a la luz del análisis del clásico, es por la intención de realizar una correspondencia de teorías entre la forma como los estudiantes comprenden y la manera en la que el teórico realizó la construcción del concepto de campo eléctrico, esta pretensión se basa en el análisis epistemológico que se hace de las obras de Faraday y de las reflexiones logradas en la Línea de Historia y Epistemología de las Ciencias, en las cuales se le da una especial importancia a la forma como es construido el conocimiento a través de la historia.

Por último en la fase tres, se completó la construcción del marco conceptual, se validaron y aplicaron los instrumentos diseñados en la fase dos, recopilando la información proporcionada por los casos, analizándola y depurándola de acuerdo al objetivo de la misma, éste análisis se hace por medio de triangulación así:



### *Triangulación con investigadores*

Este método de triangulación se realizó durante toda la investigación con los maestros integrantes del seminario de Historia y Epistemología de las Ciencias, por medio del análisis del teórico, la discusión en torno a la construcción teórica del trabajo, el diseño y validación de los instrumentos así como la discusión de la información recolectada con los mismos.

### *Triangulación de método*

Para la recolección de la información fueron utilizados tres métodos con el fin de lograr mayor poder explicativo por parte de los casos y así recolectar la cantidad y calidad necesaria de información que permitiera llevar al cumplimiento de los objetivos trazados en la investigación, estos métodos fueron: entrevista, experimento mental, experiencia.

### *Triangulación de instrumentos*

Los métodos de recolección de información fueron desarrollados mediante diferentes instrumentos, como videos, esquemas, representaciones y guías experienciales en formato impreso.

Luego de la aplicación de los instrumentos, se procede a organizar y depurar información de acuerdo a lo pertinente a la investigación y para esto se realiza para cada instrumento una matriz de doble entrada la cual permite triangular las categorías a priori con la información arrojada por los casos y de igual forma lleva a vislumbrar categorías emergentes de los mismos. Posteriormente, se realiza otra matriz de doble entrada para poder triangular lo encontrado entre los cuatro instrumentos, implementando el análisis por palabras y la correspondencia por modelos como métodos para el análisis de la información, de ahí se lograron establecer los asertos y las conclusiones de la investigación.

## 4. MARCO CONCEPTUAL.

### 4.1 El concepto de Campo Eléctrico en el contexto de la enseñanza.

Para abordar el concepto de Campo Eléctrico desde esta perspectiva, es necesario analizarlo desde cuatro frentes fundamentales: Los lineamientos curriculares, los libros de texto, desde algunas investigaciones y desde la historia y la epistemología ya que éstos son referentes fundamentales cuando se trata de la enseñanza

#### 4.1.1 *Desde los lineamientos curriculares.*

Uno de los objetivos que se pretenden dentro de los lineamientos curriculares es que, por medio de la educación en Ciencias Naturales, “los estudiantes tengan acceso a los procedimientos e ideas centrales de la ciencia, de tal forma que esto les permita entender y relacionar elementos de su cotidianidad y, por ende, desenvolverse de una manera más significativa en ella”. (MEN, 1999). De ahí que se plantee la enseñanza de las ciencias, a partir de unos ejes articuladores, los cuales se desarrollan con el fin de organizar las ideas, conceptos, principios y teorías centrales de las ciencias naturales pertenecientes a cada nivel de

formación. Sin embargo, este acercamiento a la enseñanza de las ciencias a partir de ejes articuladores se entiende entonces, como un proceso de jerarquización en el cual, los conocimientos científicos se tratan de forma sistemática y particularizada con respecto a la disciplina científica en cuestión, debido a que los ejes buscan una articulación entre los tres niveles de aproximación al estudio de las ciencias (exploratorio, diferencial y disciplinar) pero no existe un vínculo entre las ciencias naturales (biología, química y física) que permita una comprensión holística de las ciencias.

En el caso de la Física, se parte de una enseñanza desde la mecánica clásica con un enfoque fuerte en lo referente a las fuerzas, para luego abordar los principios de la física moderna con un estudio más profundo sobre los fenómenos causales, sin embargo, todo este entramado de conocimientos se aborda desde cada disciplina de manera particular, sin enlazar conceptos con otros campos de la ciencia, presentando entonces un conocimiento fraccionado.

Al analizarlo desde ésta perspectiva, si bien, el hecho de enseñar a partir de una jerarquización de conceptos, por medio de un proceso gradual, permite una mejor comprensión de los procesos, estos conocimientos deben así mismo relacionarse con otras ramas específicas de las ciencias, pues aunque el conocimiento científico se encuentre organizado en disciplinas específicas, busca en general construir modelos explicativos que logren dar respuesta a cada suceso de la vida cotidiana; es decir, la importancia del conocimiento científico en los

estudiantes cobra especial significado cuando desde lo que los estudiantes saben a partir de campos variados de la ciencia, pueden explicar un fenómeno común sin clasificarlo específicamente en la rama de la física, la biología o la química, por el contrario, que se logre un pensamiento holístico y una comprensión desde una perspectiva general de las ciencias.

Surge entonces a este respecto la necesidad de analizar específicamente la manera en que se plantea en los estándares curriculares este entramado de conocimientos físicos en relación con el campo eléctrico, así, en el grado once, se trata de la siguiente manera: dentro de los Procesos Físicos: la física como ciencia. Dentro de éste eje articulador, se trata la mecánica de partículas, la termodinámica, los fenómenos ondulatorios y el electromagnetismo. En ese orden de ideas, dentro de los Eventos Electromagnéticos, en relación con el Campo Eléctrico, se enuncia así: (MEN, 1999) Interacciones: fuerza electrostática y campo eléctrico. Fuerza magnética y campo magnético. Inducción electromagnética.

Tal como se puede ver, desde los lineamientos curriculares se plantea la necesidad de abordar la enseñanza del campo eléctrico ya que cobra especial importancia en el campo de la física y es un concepto que desde lo epistemológico tiene grandes implicaciones en lo que respecta al desarrollo y evolución de ésta ciencia.

Posteriormente, se espera como lo enuncian los estándares curriculares del grado once, para el Campo eléctrico, que los estudiantes: Expliquen situaciones en términos de campo eléctrico y de campo magnético, los representen mediante líneas de campo, describan los efectos magnéticos de la corriente eléctrica y relacionen dichos campos con la fuerza que experimentan las cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

Podría esperarse que el hecho de explicar situaciones en términos de campo eléctrico, sea entendido como cualquier fenómeno natural, como la transmisión de un impulso nervioso o la manera en que interviene en el transporte activo de las membranas celulares; sin embargo, habitualmente en la enseñanza de la física, se ejemplifica con una marcada tendencia a fenómenos abstractos que tienen que ver con situaciones hipotéticas, es decir, en los libros de textos se plantean ejercicios como el siguiente: Un dipolo eléctrico es definido como una carga positiva  $q$  y una carga negativa  $-q$ , separadas por una distancia. Por la distancia que se muestra en la figura 23.14, encuentre el campo eléctrico  $E$  en  $P$  debido a las cargas, donde  $p$  está a una distancia  $y \gg a$  del origen (Halliday, Resnick y Walker, 2001, p.722). De ahí que la falta de articulación con las demás ciencias, genere un mal entendimiento de lo que es la ciencia física y la pobre asociación con todos los fenómenos que a diario se presentan en el medio.

#### 4.1.2 Desde los libros de texto.

Para analizar más a fondo la manera en que se aborda la física en la escuela, se hace un análisis de los libros de texto, (segundo frente fundamental para el análisis de la enseñanza de las ciencias), éstos a su vez, pretenden corresponder a lo planteado dentro de los Estándares Curriculares, sin embargo, con respecto a las definiciones que se hallan en algunos libros de texto, se evidencia un tratamiento de los fenómenos físicos de una manera abstracta y aislada de los procesos tanto biológicos como químicos, pareciera que cada ejemplo citado en los libros de texto solo pudiera ser analizado a la luz de ese campo particular, en algunos libros de texto se plantea lo siguiente: “Las fuerzas eléctricas y las fuerzas gravitacionales son fuerzas de acción a distancia que se manifiestan sin que exista un contacto entre los cuerpos”, (Valero,1983, p158), también en el libro Física II de Santillana, se refieren al campo eléctrico de la siguiente forma: “...Alrededor de una carga eléctrica hay un campo eléctrico, pues ésta ejerce fuerzas a distancia sobre otras cargas” (Santillana S.A, (2005), p.136).

Esta manera de concebir el campo y explicarlo como una fuerza que se ejerce a distancia, presenta dos dificultades: primero, se da a entender que el campo ejerce una fuerza, es decir, se entiende el campo como una causa y la fuerza como un efecto del mismo, segundo, sugiere una percepción de espacio vacío o incluso, se da continuidad a la concepción de éter que se tenía en la física Newtoniana. Con respecto a las líneas de fuerza, Valero se señala lo siguiente:

“Las líneas de fuerza empiezan sobre cargas positivas y terminan sobre las cargas negativas. (Si tenemos solamente cargas de un solo signo, se supondrá que las cargas de otro signo están en el infinito)”, (1998, p 159)., esta forma de enunciar una de las características de las líneas de fuerza, se expresa de una manera supremamente aislada del contexto habitual de los estudiantes, hablar de una carga situada en el infinito no permite relacionar este concepto con el medio que los rodea, por lo tanto se torna difícil de comprender, es importante tener en cuenta que la materia se encuentra en todos los lugares, por lo que siempre estará interactuando con el medio.

Más adelante, se menciona lo siguiente, “Es importante anotar que las líneas de fuerza no pueden cruzarse, debido a que en cada punto del espacio existe solamente un campo eléctrico, suma de todos los campos eléctricos” (Valero, 1998, p 159), esta idea deja a un lado el hecho de que las líneas de fuerza son una representación, no son estructuras materiales reales, si se concibiera de esta forma, entonces serían contables y definibles materialmente, entonces cabría preguntarse, ¿qué sucede entre una línea de fuerza y otra? Esto podría sugerir de nuevo la idea de “vacío” entre ellas.



#### *4.1.3 Desde algunas investigaciones.*

El asunto de la enseñanza de la física ha sido abordado tanto por maestros como por investigadores de la enseñanza, ya que constituye un eje problemático en relación con la enseñanza de las ciencias, específicamente el concepto de campo, se ha estudiado de manera mucho más amplia que en otros conceptos ya que éste presenta la base fundamental para la comprensión de la física en general, “en física clásica, el concepto de campo es fundamental para describir y explicar fenómenos como los electromagnéticos, gravitacionales, de fluidos y de transporte. En la física contemporánea es central en las teorías de partículas elementales que buscan la elaboración de modelos que expliquen en una teoría unificada las fuerzas básicas de la naturaleza (Feynman, 1985) y en la teoría de la relatividad general el concepto de campo (Einstein, 1995) es el elemento conceptual clave que describe lo físicamente real con la inclusión de la estructura del espacio-tiempo, o sea un campo son ciertas cualidades físicas de los puntos del espacio y el tiempo (Pauli, 1996). (Llancaqueo, 2003, p 2).

Los fenómenos físicos no están aislados de ninguna manera de nuestro diario vivir, por el contrario continuamente interactuamos con situaciones de orden físico que pueden ser interpretadas desde el sentido común, de la experiencia sensible y de la interacción con los otros (entiéndase los otros como los medios de comunicación masiva y la opinión de personas cercanas), de formas que a la luz de la ciencia se generan concepciones que no están acorde con los

planteamientos científicos del momento, estos casos son claramente evidenciados en el aula, ya que en el momento de que el maestro infiere por las ideas previas de los estudiantes se encuentra con una amplia gama de ideas alternativas que llevan a la dificultad de comprensión de las teorías físicas por parte de los estudiantes.

Una de las principales confusiones con respecto a la comprensión del concepto de campo eléctrico, es que la mayoría de los estudiantes es incapaz de dar un significado físico al campo independientemente de la fuerza, (Furió C, 1999), es decir, se entiende desde una perspectiva de causa y efecto y no desde una concepción de relaciones entre los cuerpos.

#### 4.2 La Historia y la Epistemología en el contexto de la enseñanza.

La construcción del conocimiento científico ha sido una fabricación humana a través de la historia, es por eso que el maestro debe considerar y tomar una posición respecto a la perspectiva histórica que guiará la forma y el contenido del conocimiento que será llevado a los estudiantes, (Carr, 1991), distingue dos maneras de entender la historia, una de ellas es la concepción, de que los hechos hablan por sí solos, es decir, que son una verdad objetiva libre de interpretaciones, por lo cual, el historiador, desde esta perspectiva sería solo un acumulador de hechos que tendría la capacidad de narrarlos de una forma

objetiva y verás. La segunda, es considerar que los hechos están implícitamente ligados a las interpretaciones del historiador, partiendo del hecho de que éste, elige los sucesos que para él, son dignos de ser contados y establecidos como hechos históricos, se evidencia entonces que la historia que conocemos, es principalmente una elección determinada de hechos e interpretada por los historiadores, por lo que cada uno de ellos, tiene una percepción mediada por su contexto cultural, social y político.

Respecto a esto, cabe preguntarnos cuál es la perspectiva histórica que demarca nuestra visión como maestros, en el momento de llevarles a los estudiantes no solo un cúmulo de definiciones, sino también, un trasfondo histórico y cultural que demarca ese conocimiento. El maestro usualmente, se basa en libros de texto que tienen ya inscritos una interpretación de los hechos científicos que queremos enseñar, sin embargo, es importante que el maestro haga una lectura de primera mano y busque, a la luz de los autores primarios, recontextualizar ese conocimiento partiendo de las necesidades propias de cada contexto educativo, esto permite la posibilidad de comprender cuáles fueron los procesos epistemológicos que llevaron a la elaboración de esos modelos explicativos permitiendo entonces, la elaboración de estrategias didácticas que lleven a los estudiantes, no solo a la comprensión de los modelos y teorías propuestos, sino al desarrollo de una capacidad crítica y de la construcción de conocimiento científico.

De ésta forma, acercar a los estudiantes a este proceso histórico y a sus bases epistemológicas permite entender la ciencia como un proceso en construcción, en donde todos somos partícipes, es posibilitar que los estudiantes reflexionen sobre la ciencia, hagan ciencia y construyan conocimiento científico, esto tiene profundas implicaciones en la enseñanza y en particular puede servir para una mejor comprensión de los conceptos y teorías científicas, en el campo de la física. En el aula, cuando el maestro indaga por las ideas previas de los estudiantes, encuentra en muchos casos que las explicaciones que le atribuyen a un suceso se corresponden con las explicaciones que se han dado a nivel histórico en ese campo, Furio Carles y Guisola, encontraron al indagar por las dificultades de aprendizaje del concepto de campo eléctrico, que las diferentes respuestas de los estudiantes podían llevarse a una clasificación por niveles, “esta clasificación por niveles de avance en el aprendizaje de concepto de campo sugiere a los autores un cierto paralelismo con la historia del concepto a lo largo de la teoría electromagnética, y ello lleva a proponer la utilización de la historia de la ciencia para detectar los obstáculos epistemológicos y poder facilitar a los estudiantes el paso de un nivel a otro de dicho concepto” (Furió, 1999, p. 441-442).

Es por esto que se hace imprescindible una enseñanza permeada por el desarrollo histórico de las ciencias, pues los niños parecen tener un conocimiento preinstructivo, o ideas previas, que son paralelas a las primeras nociones científicas o precientíficas (Mathews, 1994), entonces, ¿cómo podría comprender un maestro las dificultades de aprendizaje de sus estudiantes, si no se ha

acercado a los procesos históricos y epistemológicos de la ciencia, los cuales fueron en muchos casos en ese mismo sentido?.

Partir de una enseñanza que tenga en cuenta éstos procesos genera en los estudiantes gran interés por comprender los procesos de construcción científica, ya que éstos se conllevan con sus propias ideas y a partir de ellos también se pueden generar procesos investigativos que lleven a la formulación de nuevos preceptos, de validación del conocimiento y de reevaluación de los mismos, conocimientos que la logren relacionarse con los procesos sociales y tecnológicos y que permee los modos de entender el mundo en que vivimos, para así, poder intervenir de manera responsable y clara, al respecto (Matthews, 1994), plantea que la historia y la filosofía de las ciencias pueden humanizarlas y acercarlas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos, pueden hacer las clases más estimulantes y reflexivas, incrementando así la capacidad del pensamiento crítico y pueden contribuir a una comprensión mayor de los contenidos científicos, un aprendizaje con éstas características, lleva a una comprensión clara y significativa de la ciencia,

De éste modo, se generan en los estudiantes modos de ver y de comprender el mundo, los cuales determinan los procesos de interpretación y de relación entre las cosas, un fenómeno físico desde una perspectiva permeada por la historia y la epistemología no será solo eso, sino que será un suceso con implicaciones en procesos biológicos, químicos, sociales, tecnológicos y políticos entre otros, de

esa misma forma una visión de ciencia que carezca de esa fuente fundamental, será restringida en el momento de establecer relaciones y dar soluciones a problemas complejos.

Con respecto a esto, se podría hablar de una cosmovisión realista y una fenomenológica, en la que la primera se caracteriza por la visión de que

*“el hombre puede hacer una descripción objetiva de la naturaleza, donde éste no es constructor de la realidad sino un observador pasivo, y en definitiva lo que busca es conocer la esencia del objeto. Aquí lo que el hombre percibe es exactamente lo que ocurre, en donde no se presenta una intermediación entre sujeto – objeto, razón por la cual se busca conocer el objeto en sí mismo, el cual es considerado un receptáculo de propiedades.” Y la segunda “el sujeto es parte activa en la construcción del conocimiento, de tal modo que el objeto de estudio de la ciencia, en esta perspectiva, se constituye en un sistema de relaciones que pueden establecerse a partir de las imágenes construidas, las cuales permanentemente son reafirmadas o reformuladas por el hombre” (Aguilar, 2003).*

Es entonces importante que el maestro reflexione sobre su propia visión de ciencia, porque de ella emergen las formas de enseñar la ciencia a los estudiantes, convirtiéndose así en un medio de comprensión entre el mundo que nos rodea y las percepciones que podemos tener de él, siendo éstas las que posibilitan las formas de intervención y decisión.

### 4.3 Análisis del proceso de formalización del concepto de campo eléctrico por Faraday.

En el análisis del proceso de formalización del concepto de campo eléctrico por parte de Faraday, se lograron establecer dos categorías: Acción de partículas contiguas y líneas de fuerza, a continuación se desarrollará un análisis de cada una, desde una perspectiva epistemológica.

#### *Acción de partículas contiguas:*

Para analizar el proceso de formalización del concepto de campo realizado por Faraday, es necesario comprender el contexto en el cual éste se hallaba inmerso, el momento histórico en el que se encontraba, y los paradigmas científicos del momento. Con respecto a esto último, se puede afirmar que estaban determinados por la física newtoniana, la cual, con respecto a la interacción entre los cuerpos, habla de “un espacio vacío, un tiempo de propagación infinito, fuerzas centrales y acción a distancia” (Escobar, Gonzales y Gutierrez, 2009, p 21), sin embargo Faraday cuestionaba fuertemente el hecho de que las fuerzas pudieran propagarse a través de un espacio vacío o enrarecido, por lo tanto, tampoco consideraba que se trataran de acciones a distancia, sino de efectos transmitidos por lo que él posteriormente llamó Líneas de fuerza.

Para realizar un análisis con respecto al proceso de formalización del concepto de campo eléctrico por Michael Faraday, se hace un estudio de su obra titulada *Experimental Researches in Electricity* (1831-1855) y algunos apartes de su diario de Laboratorio (1820-1862).

Uno de las primeras afirmaciones que realiza Faraday a partir de experimentos electromagnéticos, se encuentra planteada en la serie once, del volumen I de su libro *Experimental Researches in Electricity* (1831-1855), en el cual afirma:

*“(1164 y 1165) ...en la acción electrolítica la inducción parece ser el primer paso y la descomposición el segundo (la capacidad de separar estos pasos el uno del otro al dar la condición de fluidez o de solidez al electrolito que se encuentra en nuestras manos); ya que la inducción fue la misma en su naturaleza a la obtenida a través del aire, el vidrio y la cera y se produjo por cualquiera de los medios ordinarios y como el efecto total en el electrolito parecía estar en acción con las partículas arrojadas a un estado polarizado o peculiar, me permití sospechar que la inducción común en si misma fue en todos los casos una acción de partículas contiguas y que la acción eléctrica en una distancia (es decir, la acción inductiva ordinaria) nunca ocurrió excepto a través de la influencia de la materia interviniente.*

*El respeto que asumo hacia nombres como Epinus, Cavendish, Poisson y otros hombres eminentes en cuyas teorías creo consideran a la inducción como una acción en una distancia en líneas rectas que por mucho tiempo fueron contrarias al punto de vista que acabo de expresar; y aunque siempre tuve*



*oportunidades para probar una opinión opuesta y lograr que esos experimentos en ocasiones parecieran contrariar directamente ese punto de vista, como por ejemplo, el examen de los electrolitos, sólidos y líquidos, que bajo la influencia de la luz polarizada, es solo tardía y gradual y que la generalidad extrema del asunto me ha urgido más allá a extender mis experimentos y publicar mis puntos de vista; en la actualidad considero la inducción ordinaria en todos los casos como una acción de partículas contiguas que consisten en una especie de polaridad en vez de ser una acción de tanto partículas o masas a distancias sensatas y si esto es cierto, la distinción y el establecimiento de tal verdad, debe ser la mayor consecuencia para nuestro mayor progreso en la investigación de la naturaleza de las fuerzas eléctricas”.*

Esta cita expone claramente que Faraday no concibe una acción a distancia como lo plantea la visión Newtoniana del momento, sino que al considerar una acción de partículas contiguas, entiende que la materia llena todo espacio, por lo tanto, todo se encuentra conectado, en el mismo texto, reflexiona sobre algunos experimentos realizados en el campo de la electrostática.

Partiendo de los numerosos experimentos que él desarrollo en el campo de la electrostática y de la intención de comprender cómo se lograba extender el efecto de la fuerza entre dos cuerpos que interactuaban sin contacto directo, Faraday concibió la relación entre los cuerpos, como un proceso continuo en el que la materia ocupaba todo el espacio, por lo tanto, el vacío no sería posible y la idea de éter sería invalidada.

La fuerza de gravitación universal planteada por Newton fue para Faraday un punto clave sobre el cual reflexionaría y llevaría a dar respuesta a la gran interrogante que había con respecto a la forma como la fuerza era propagada en el espacio, Faraday planteo sus pensamientos basándose en la experimentación, ya fuera de tipo racional o práctico y cuando pensaba en lo que sucedía entre los cuerpos se remitía especialmente a lo planteado por Newton, el cual habla de “un espacio vacío, un tiempo de propagación infinito, fuerzas centrales y acción a distancia” (Escobar Durango, 2009, p 21), sin embargo, Faraday no lograba aceptar que las fuerzas pudieran propagarse a través de un espacio vacío, por lo tanto, tampoco se trataba de acciones a distancia, sino de efectos transmitidos por lo que él llamaba Líneas de fuerza. Al respecto Faraday, en una carta a Richard Taylor escribió:

*“El punto de vista que ahora se plantea sobre la constitución de la materia, parece implicar necesariamente la conclusión de que la materia llena todo espacio, o al menos, todo espacio aquel en el que la gravedad se extiende (y ello incluye el sol y a su sistema); la gravedad es una propiedad de la materia que depende de cierta fuerza y es esta la que constituye la materia; bajo esa perspectiva, la materia no es solo y mutuamente penetrable pero cada átomo se extiende, por decirlo así, a través de todo el sistema solar aunque siempre preserva su propio centro de fuerza; lo anterior, en principio, parece acercarse en forma integral con las investigaciones matemáticas de Mossotti y se refiere a los fenómenos de la electricidad, la cohesión y la gravedad, etc.; respecto de*

*una fuerza en la materia e incluso de nuevo con el viejo adagio “la materia no puede actuar donde no se encuentra”. (Tricker, 1996, p 43).*

Esta cita deja ver una reflexión importante acerca de la forma como la fuerza de gravedad se extiende en el espacio, en el texto, Faraday llama a la gravedad una propiedad de la materia, por lo que asume que ésta es una propiedad intrínseca de la materia y al mismo tiempo considera la fuerza como constituyente de la misma; esto deja ver la idea de Faraday de que todo está relacionado y deja pensar el cómo la fuerza de gravedad tiene el poder de actuar entre los cuerpos celestes, que ubicados a miles de millones de kilómetros, están interconectados por un espacio no vacío ni enrarecido como el éter, sino lleno de materia, por la cual se transmiten las fuerzas y en donde la relación causa efecto es bilateral.

Esta idea parte de algunos experimentos citados en su libro *Experimental Research in Electricity*, y de las conclusiones que declaraba a partir de ellos, una de las cuales con referente al vacío dice lo siguiente:

“1615 Mi teoría, hasta donde yo lo he aventurado, no pretende decidir sobre las consecuencias de un vacío. Ello no está ahora limitado suficientemente, o precisado bastante, tampoco por experimentos referente a espacios faltos de la materia, de esos o de otros tipos, para indicar lo que sucede en el caso vacuo. Sólo hasta ahora traté de establecer, lo que todos los hechos parecen probar, es cuando los fenómenos eléctricos, como esos de inducción, conducción, aislamiento y descarga ocurren, ellos dependen de, y se producen por la

acción de partículas contiguas de materia, la partícula en vigor próxima es considerada como el contiguo; y asumo, que esas partículas están polarizadas; que cada uno expone las dos fuerzas, o las fuerzas en dos direcciones (1295. 1298.); y que actúan a una distancia, sólo por acción de los contiguos y partículas intermedias” (1820-1862).. (Faraday, 1831-1839, p. 274).

Ésta idea muestra claramente que Faraday llena ese espacio que Newton contemplaba como el éter, con materia, sin embargo, necesitaba profundizar más acerca de las relaciones que se establecían entre los cuerpos, en su libro *Experimental Researches*, enuncia una cantidad de experimentos que lo llevan a establecer las condiciones necesarias para la formalización del concepto de campo eléctrico, una de ellas son las líneas de fuerza.

#### *Líneas de fuerza:*

Faraday expresa en su libro *Experimental Research in Electricity*, serie XXIX en el apartado “delimitación de las líneas de fuerza magnética con limaduras de hierro”, como a partir de un experimento en el cual rocía limadura de hierro sobre una hoja de papel la cual tiene debajo un imán, puede evidenciar lo que para él se constituyeron en líneas de fuerza magnética, esta idea lo llevó a pensar y concluir que definitivamente la fuerza se propagaba no en un espacio etéreo ni vacío, sino

en un espacio en el cual estaban interaccionando continuamente partículas de materia, y que tomaban forma, observó detenidamente como se reorganizaban las partículas de hierro en presencia del imán y representó tal organización como líneas de fuerza, habiendo establecido esta representación, la hizo extensiva a los fenómenos eléctricos estableciendo unas condiciones ideales para que más adelante en su experimentación con cargas eléctricas la ocurrencia de los fenómenos tuviera un piso determinado sobre el cual analizar y establecer relaciones.

En el apartado 3070 del volumen tres de su libro *Experimental Research in Electricity*, él expresa:

“desde mis primeros experimentos sobre la relación entre electricidad y magnetismo he tenido que pensar y hablar de la fuerza de las líneas magnéticas como representaciones del poder magnético, no sólo en los puntos de calidad y dirección, sino también la cantidad”.

Faraday entonces le da gran importancia a la representación que hace de la fuerza en el medio, esas líneas físicas de fuerza magnética que traspola al fenómeno eléctrico cobran para él gran veracidad, ya que es posible evidenciarlas a través de experimentos sencillos, esto muestra el papel que tiene la experimentación en la manera de construir de Faraday, pues para él, solo lo observable era lo confiable, lo demás era susceptible de duda, de ahí que se planteara la idea de las “Líneas de fuerza” en donde éstas eran constituidas por

materia, la cual se turbaba por acción de partículas contiguas hasta afectar todo el medio, esta visión, constituye un cambio radical en la manera como se concibe el universo, ya que según ésta idea, todo en el universo se encuentra interconectado, y una fuerza que se efectúa en un punto, tendrá efecto en el resto del universo, debido a que ésta se transmite de partícula a partícula en el espacio.

## 5. ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS.

Cuadro 1

Matriz de categorías.

FUENTE	CATEGORÍAS APRIORÍSTICAS
FARADAY	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas de fuerza</li> <li>• Propagación de la fuerza en un medio lleno de materia: acción de partículas contiguas.</li> </ul>
I. LIBROS DE TEXTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campo como fuerza.</li> <li>• Espacio etéreo.</li> </ul>

<p>CATEGORÍAS EMERGENTES</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campo como dependiente de la distancia.</li> </ul>

## Cuadro 2

### Matriz 1. Respuestas de los casos al instrumento uno.

Caso Vs. Categoría.	CATEGORÍAS APRIORÍSTICAS			CATEGORÍAS EMERGENTES	ASERTOS
	Libros de texto: Campo como una fuerza que se da en un medio etereo.	Farad ay: Propagación de la fuerza en un medio lleno de materia.	Líneas de Fuerza (Faraday)	Campo como dependiente de la distancia.	
Caso 1	<p>Inv: Volviendo a la tierra, ¿Qué crees que es lo que sucede entre la tierra y el lápiz que hace que éste cuerpo caiga?</p> <p>Caso: la tierra aplica una fuerza sobre el lápiz atrayéndolo hacia él.</p> <p>Caso: el centro de la tierra atrae al lápiz ejerciéndolo la gravedad.</p> <p>Inv: ¿Cómo crees que esa fuerza media entre la tierra y el lápiz? es decir, ¿Cómo logra desplazarse y actuar entre la tierra y el lápiz?</p>				<p>El caso 1 considera que el campo es una fuerza que se propaga en un medio etéreo.</p>



	<p>Caso: Está mas o menos complicado.</p> <p>Inv: ¿piensas que esa fuerza necesita ser transportada por algo o podría hacerlo en el vacío?</p> <p>Caso: Nooo... pienso que se puede dar en el vacío.</p> <p>Inv: ¿Cómo podrías explicar que se transporte en el vacío?</p> <p>Caso: ¿No sería por la fuerza que ella ejerce?</p> <p>Inv: ¿Que ejerce quién?</p> <p>Caso: la tierra.</p>				
Caso 2	<p>Inv: Si pudiéramos eliminar el aire en medio de los dos cuerpos, ¿el lápiz caería?</p> <p>Caso: he... yo creo que sí.</p> <p>Inv: En ese caso, ¿cómo podría desplazarse la fuerza para atraer al lápiz?</p> <p>Caso: en un programa de Discovey Chanel he visto experimentos que hacen con cámaras al vacío. Uno de los más comunes... no me acuerdo cómo se llama, pero hacen un experimento en el que ponen una pluma y una manzana pero las dos en el vacío, igualmente las dos caen, uno piensa que primero cae la manzana porque es más pesada, aquí en la tierra eso es así, pero en el vacío, los objetos pesan lo mismo, entonces en el experimento caen a la misma vez.</p>	<p>Inv: ¿qué crees que hay entre la tierra y el lápiz que hace que el cuerpo caiga?</p> <p>Caso: aparentemente no habría nada, bueno aire... no sé.</p> <p>Inv: Y si no hubiera aire, ¿el cuerpo también caería o no?</p> <p>Caso: pues si porque existiría la gravedad, supongo yo.</p> <p>Inv: ¿Cómo crees que la fuerza puede desplazarse entre la tierra y el lápiz para atraerlo?</p> <p>Caso: me supongo que es por medio del aire que se transporta, de las partículas del aire.</p> <p>Inv: ¿Eso</p>		<p>Inv: Y ¿qué pasaría si subiéramos ese lápiz hasta el cielo y lo soltáramos?</p> <p>Caso: dependiendo a la distancia de la tierra que lo ponga, porque el cielo... digamos que el cielo no existe, pero si está más arriba de la atmosfera, un poco más arriba de la atmosfera, probablemente no cae porque la gravedad no tiene tanto efecto a esa distancia, pero si es un poquito más abajo sí.</p> <p>Inv: bueno, entonces vamos a hacer un ejercicio, digamos que éste lápiz lo vamos a poner en el último piso del colegio y la vamos a soltar, ¿qué pasa?</p> <p>Caso: cae al suelo.</p> <p>Inv: Y ¿si lo llevo a la altura de las nubes y lo suelto?</p> <p>Caso: también cae.</p> <p>Inv: y ¿si lo llevo más arriba de las nubes?</p> <p>Caso: No porque ya quedaría flotando en el espacio y hasta allá no llega el efecto de la gravedad.</p> <p>Inv: ¿Habría entonces un punto en que la gravedad no va a actuar?</p> <p>Caso: No porque no tiene suficiente fuerza para llegar más lejos.</p> <p>Inv: ¿Qué pasaría si lleváramos el lápiz</p>	<p>El caso dos considera el campo como una fuerza dependiente de la distancia y que puede darse tanto en un medio vacío como en uno lleno de materia.</p>

	<p>Inv: ¿Eso implicaría que en el vacío no habría nada o podría haber algo diferente al aire?</p> <p>Caso: Pues de... no sé qué habría ahí.</p> <p>Inv: ¿crees que necesariamente debe haber algo para que la fuerza actúe o crees que se puede dar en un medio donde no haya nada?</p> <p>Caso: pues yo pienso que esa fuerza puede actuar en el vacío, pero tendría que haber algo sobre lo cual actuara esa fuerza.</p>	<p>implicaría que en el vacío no habría nada o podría haber algo diferente al aire?</p> <p>Caso: Pues de... no sé qué habría ahí.</p> <p>Inv: ¿crees que necesariamente debe haber algo para que la fuerza actúe o crees que se puede dar en un medio donde no haya nada?</p> <p>Caso: pues yo pienso que esa fuerza puede actuar en el vacío, pero tendría que haber algo sobre lo cual actuara esa fuerza.</p> <p>Inv: ¿como qué?</p> <p>Caso: Una piedrita... un meteorito... algo de lo cual pueda atraer.</p> <p>Inv: ¿Cuántos cuerpos son necesarios para que la fuerza actúe?</p> <p>Caso: mínimo debe haber dos cuerpos.</p> <p>Inv: y si retiramos uno, ¿habría o no habría fuerza?</p> <p>Caso: no se sabría porque no tendríamos cómo mirar si hay fuerza o no.</p> <p>Inv: bueno, miremos la caída de este lápiz, cuando este está levantado, hay una fuerza gravitacional</p>		<p>cerca a la luna y lo soltáramos?</p> <p>Caso: mmm.... Si lo suelta por lo que he visto en videos se quedaría flotando porque la luna no es que tenga mucha gravedad y éste lápiz no tiene como mucho peso entonces supongo que se quedaría flotando.</p> <p>Inv: Entonces ¿no caería a la luna?</p> <p>Caso: O si pero se demoraría cierto tiempo.</p>	
--	--	--	--	---	--

		<p>que lo atrae, pero si yo quito este lápiz, ¿sigue habiendo una fuerza o ya no la hay?</p> <p>Caso: sigue habiendo una fuerza.</p> <p>Inv: y ¿donde actuaría esa fuerza si ya no está el lápiz?</p> <p>Caso: quedaría digamos que vagando, no tendría sobre qué hacer efecto.</p> <p>Inv: ¿pero estaría ahí?</p> <p>Caso: Si.</p>			
--	--	---	--	--	--

## EL CAMPO COMO CONCEPTO ESTRUCTURANTE EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

### Experimento mental

Segundo instrumento de conceptualización.

Analiza y conceptualiza de qué forma en cuanto a interacción entre cuerpos, podrían relacionarse:

A) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $d$ .

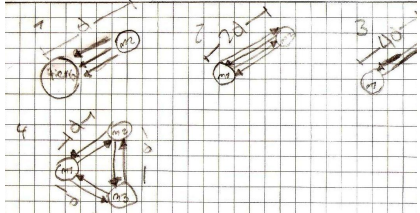
B) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $2d$ .


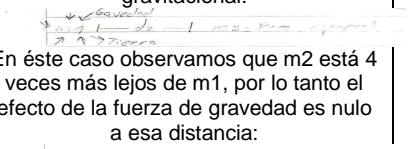
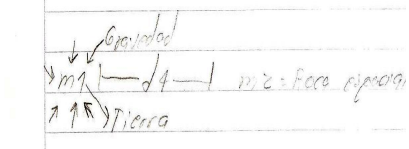
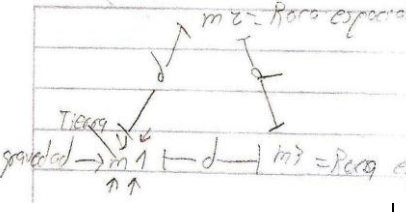
C) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $4d$ .

D) La tierra, un cuerpo y la luna suponiendo la misma distancia  $d$  entre ellos.

### Cuadro 3

#### Matriz 2. Respuestas de los casos al instrumento dos

Caso Vs. Categoría.	CATEGORÍAS APRIORÍSTICAS		Líneas de Fuerza	CATEGORÍAS EMERGENTES	Modelo explicativo.
	Categoría A: Propagación de la fuerza en medio vacío. (Libros de texto)	Categoría B: Propagación de la fuerza en un medio lleno de materia. (Faraday)		Campo como dependiente de la distancia.	
Caso 1				<p>1) la tierra por ser más grande que <math>m_2</math> la atrae.            2) En una distancia moderada <math>m_1</math> atrae a <math>m_2</math> y <math>m_2</math> atrae a <math>m_1</math>.            3) En una distancia lejana <math>m_1</math> atrae a <math>m_2</math> pero con poca intensidad, igualmente con <math>m_2</math> que atrae a <math>m_1</math> pero con poca intensidad.            4) <math>m_1</math> atrae a <math>m_2</math> y <math>m_3</math>, <math>m_2</math> atrae a <math>m_1</math> y <math>m_3</math> y <math>m_3</math> atrae a <math>m_1</math> y <math>m_2</math>.</p> 	

<p>Caso 2</p>				<p>En éste caso la roca podría ir hacia la tierra ya que su distancia es muy pequeña y podría ser afectada por la fuerza gravitacional:</p>  <p>Acá m2 está al doble de distancia de m1 por ende hay muy pocas probabilidades que m2 sea afectado por la fuerza gravitacional:</p>  <p>En éste caso observamos que m2 está 4 veces más lejos de m1, por lo tanto el efecto de la fuerza de gravedad es nulo a esa distancia:</p>  <p>En éste caso tenemos dos cuerpos m2 y m3 a la misma distancia de m1, por lo tanto la fuerza de gravedad los podría atraer a los dos:</p> 	<p>El caso dos considera el campo como una fuerza dependiente de la distancia.</p>
---------------	--	--	--	---	--

**Cuadro 4**

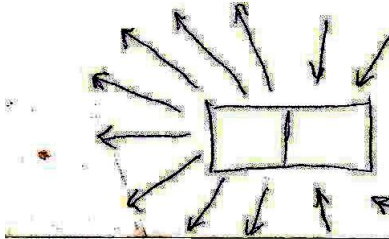
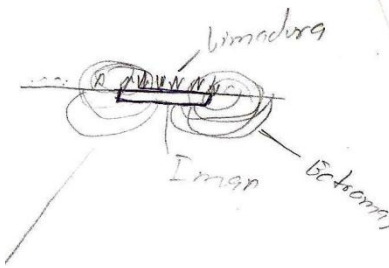
**Matriz 3. Respuestas de los casos al instrumento tres.**

Categoría Vs. Caso.	Categorías apriorísticas				Categoría emergente	Aserto
	Libros de texto		Michael Faraday			
	El campo como una fuerza	Medio etéreo	Propagación de la fuerza en un medio lleno de materia	Líneas de fuerza	Campo como dependiente de la distancia.	
Caso 1	<p>1. ¿Qué crees que sucede entre los diferentes cuerpos?</p> <p>R/ Al cargar un cuerpo puede atraer a otros cuerpos más pequeños.</p> <p>2. ¿Qué crees que hay en medio de esos cuerpos, que hace éstos</p>					<p>El caso uno considera el campo como una fuerza.</p>

	<p>interactúen?</p> <p>R/ Una <b> fuerza</b>, una carga eléctrica.</p> <p>3. ¿Será posible que la fuerza se propague entre los cuerpos y cómo puede suceder eso?</p> <p>R/ Si es posible, las partículas de un cuerpo son atraídas por el otro cuerpo que esté cargado.</p>					
Caso 2						<p>El caso dos hace una representación de campo como líneas de fuerza.</p>
Caso 3	<p>Lo que hay en el medio es una <b> fuerza</b> de atracción.</p>					<p>El caso tres considera el campo como una fuerza y la representa por medio de líneas de fuerza.</p>

## Cuadro 5

## Matriz 4. Respuestas de los casos al instrumento cuatro.

Categoría Vs. Caso.	Categorías apriorísticas				Categoría emergente	Aserto
	Libros de texto		Michael Faraday			
	El campo como una fuerza	Medio etéreo	Propagación de la fuerza en un medio lleno de materia	Líneas de fuerza	Campo como dependiente de la distancia.	
Caso 1						El caso uno representa el campo por medio de líneas de fuerza.
Caso 2						El caso dos representa el campo por medio de líneas de fuerza
Caso 3	B) Sobre una superficie plana y delgada coloca la hoja de papel blanco, luego bajo la superficie de base sostén el imán y posteriormente esparce suavemente la limadura de hierro sobre la hoja, observa, esquematiza y explica lo que sucede. R/ Al caer la limadura de hierro a la hoja con el imán por debajo ésta cae en la mitad y se esparce para los lados, mi explicación es que la fuerza de esta limadura es la que se atrae y					El caso tres concibe el campo como una fuerza.

	por eso queda una detrás de las otras y encima, porque la fuerza del imán no deja que ninguna partícula de estas salga de la hoja.					
--	--	--	--	--	--	--

## Cuadro 6

### Matriz 5. Matriz de asertos.

Aserto Vs. caso	A1	A2	A3	A4
Caso 1	X	X		X
Caso 2	X	X	X	X
Caso 3	X			X

Aserto 1: Considera el campo como una fuerza.

Aserto 2: Considera que el campo se da en un medio etéreo.

Aserto 3: Considera que el campo se da a través de un medio lleno de materia.

(Acción de partículas contiguas).



Aserto 4: Representa el campo a través de líneas de fuerza.

## 6. ANEXOS.

Instrumento 1 caso 1: Entrevista semiestructurada.

*Instrumento 1 caso 1.*

Fecha: Jueves 17 de Marzo de 2011.

Hora: 11:15 a.m.

Lugar: Institución Educativa Comercial de Envigado.

Investigadora: Lo que vamos a hacer es un conversatorio acerca de la fuerza de gravedad, entonces ¿qué crees que tú que es la fuerza de gravedad o que entiendes por ella?

Caso1: para mí la fuerza de gravedad es por ejemplo, la tierra es una masa que nos atrae porque es demasiado grande, entonces la gravedad puede ser que...

Investigadora: Dilo con tus palabras, cómo lo entiendes.

Caso1: Bueno si, esa ecuación que el profesor hizo, determina nuestro peso dependiendo de la gravedad, entonces gracias a ella es que nosotros estamos así y no flotando. Sí, es una fuerza que nos mantiene en reposo.

Investigadora: ¿Qué sería entonces lo que hace que los cuerpos caigan?

Caso1: La misma fuerza de gravedad.

Investigadora: pensemos en un ejemplo, según lo que acabas de decir, este lápiz cae a la tierra por la fuerza de gravedad, pero ¿qué pasaría si alejamos a unos 50 metros de altura este lápiz?

Caso1: Igualmente caerá porque está dentro del rango de la gravedad.

Investigadora: Y ¿qué pasaría si subiéramos ese lápiz hasta el cielo y lo soltáramos?

Caso1: yo creo que todavía cae.

Investigadora: ¿Qué pasaría si lo lleváramos al espacio y lo soltáramos?

Caso1: Si está muy arriba ya empieza a flotar.

Investigadora: ¿O sea que ya no lo atraería la tierra?

Caso1: si pero no actuaría tanto sobre él.

Investigadora: ¿cómo crees tú que es esa fuerza con respecto al lápiz a medida que el cuerpo se va alejando? Es mayor... es menor...

Caso1: Es menos fuerte.

Investigadora: Teniendo en cuenta eso, podríamos pensar que a medida que la distancia aumenta y la fuerza es menor ¿qué crees que podría pasar a gran distancia?

Caso1: La fuerza ya no va a afectar al lápiz.

Investigadora: ¿En ese punto crees que habría o no habría fuerza?

Caso1: Si habría fuerza pero no de la tierra.

Investigadora: ¿De otro cuerpo?

Caso1: Puede ser.

Investigadora: Según esto, si el lápiz se encontrara a gran distancia de la tierra ya no sería atraído por ella sino por otro cuerpo?

Caso 1: mmm.... si.

Investigadora: En ese mismo ejemplo, si el lápiz se encontrara cerca de la luna, ¿caería a la luna o a la tierra?

Caso1: Más fácil creo que caería a la tierra.

Investigadora: ¿Porqué no a la luna?

Caso1: la luna no tiene tanta fuerza de gravedad.

Investigadora: Volviendo a la tierra, ¿Qué crees que es lo que sucede entre la tierra y el lápiz que hace que éste cuerpo caiga?

Caso1: la tierra aplica una fuerza sobre el lápiz atrayéndolo hacia él.

Caso1: el centro de la tierra atrae al lápiz ejerciéndolo la gravedad.

Investigadora: ¿Cómo crees que esa fuerza media entre la tierra y el lápiz? es decir, ¿Cómo logra desplazarse y actuar entre la tierra y el lápiz?

Caso1: Está mas o menos complicado.

Investigadora: ¿piensas que esa fuerza necesita ser transportada por algo o podría hacerlo en el vacío?

Caso1: Nooo... pienso que se puede dar en el vacío.

Investigadora: ¿Cómo podrías explicar que se transporte en el vacío?

Caso1: ¿No sería por la fuerza que ella ejerce?

Investigadora: ¿Que ejerce quién?

Caso1: la tierra.

Investigadora: La tierra, bueno.

*Instrumento 1 caso 2: Entrevista semiestructurada.*

Fecha: Jueves 17 de Marzo de 2011.

hora: 11:40 a.m.

lugar: Institución Educativa Comercial de Envigado.

Investigadora: ¿Para ti que es la fuerza gravitacional?

Caso: Pues la fuerza gravitacional... el efecto que hace la gravedad sobre un objeto, o sea, yo creo que así es que se le llama al porqué cuando uno tira un objeto hacia arriba cae, supongo yo que eso es fuerza gravitacional, el efecto de la gravedad.

Investigadora: ¿Podríamos decir que es la interacción entre dos cuerpos?

Caso: si....

Investigadora: ¿Cual es la razón por la que al soltar éste lápiz, cae?

Caso: Por la fuerza gravitacional, por efecto de la gravedad.

Investigadora: Y ¿qué pasaría si subiéramos ese lápiz hasta el cielo y lo soltáramos?

Caso: dependiendo a la distancia de la tierra que lo ponga, porque el cielo... digamos que el cielo no existe, pero si está más arriba de la atmosfera, un poco

más arriba de la atmosfera, probablemente no cae porque la gravedad no tiene tanto efecto a esa distancia, pero si es un poquito más abajo sí.

Investigadora: bueno, entonces vamos a hacer un ejercicio, digamos que éste lápiz lo vamos a poner en el último piso del colegio y la vamos a soltar, ¿qué pasa?

Caso: cae al suelo.

Investigadora: Y ¿si lo llevo a la altura de las nubes y lo suelto?

Caso: también cae.

Investigadora: y ¿si lo llevo más arriba de las nubes?

Caso: No porque ya quedaría flotando en el espacio y hasta allá no llega el efecto de la gravedad.

Investigadora: ¿Habría entonces un punto en que la gravedad no va a actuar?

Caso: No porque no tiene suficiente fuerza para llegar más lejos.

Investigadora: ¿Qué pasaría si lleváramos el lápiz cerca a la luna y lo soltáramos?

Caso: mmm.... Si lo suelta por lo que he visto en videos se quedaría flotando porque la luna no es que tenga mucha gravedad y éste lápiz no tiene como mucho peso entonces supongo que se quedaría flotando.

Investigadora: Entonces ¿no caería a la luna?

Caso: O si pero se demoraría cierto tiempo.

Investigadora: Volviendo a la tierra, ¿Qué crees que es lo que sucede entre la tierra y el lápiz que hace que éste cuerpo caiga?

Caso: no se...

Investigadora: ¿qué crees que hay entre la tierra y el lápiz que hace que el cuerpo caiga?

Caso: aparentemente no habría nada, bueno aire... no sé.

Investigadora: Y si no hubiera aire, ¿el cuerpo también caería o no?

Caso: pues si porque existiría la gravedad, supongo yo.

Investigadora: ¿Cómo crees que la fuerza puede desplazarse entre la tierra y el lápiz para atraerlo?

Caso: me supongo que es por medio del aire que se transporta, de las partículas del aire.

Investigadora: Si pudiéramos eliminar el aire en medio de los dos cuerpos, ¿el lápiz caería?

Caso: he... yo creo que sí.

Investigadora: En ese caso, ¿cómo podría desplazarse la fuerza para atraer al lápiz?



Caso: en un programa de Discovey Chanel he visto experimentos que hacen con cámaras al vacío. Uno de los más comunes... no me acuerdo cómo se llama, pero hacen un experimento en el que ponen una pluma y una manzana pero las dos en el vacío, igualmente las dos caen, uno piensa que primero cae la manzana porque es más pesada, aquí en la tierra eso es así, pero en el vacío, los objetos pesan lo mismo, entonces en el experimento caen a la misma vez.

Investigadora: ¿Eso implicaría que en el vacío no habría nada o podría haber algo diferente al aire?

Caso: Pues de... no sé qué habría ahí.

Investigadora: ¿crees que necesariamente debe haber algo para que la fuerza actúe o crees que se puede dar en un medio donde no haya nada?

Caso: pues yo pienso que esa fuerza puede actuar en el vacío, pero tendría que haber algo sobre lo cual actuara esa fuerza.

Investigadora: ¿como qué?

Caso: Una piedrita... un meteorito... algo de lo cual pueda atraer.

Investigadora: ¿Cuántos cuerpos son necesarios para que la fuerza actúe?

Caso: mínimo debe haber dos cuerpos.

Investigadora: y si retiramos uno, ¿habría o no habría fuerza?

Caso: no se sabría porque no tendríamos cómo mirar si hay fuerza o no.

Investigadora: bueno, miremos la caída de este lápiz, cuando este está levantado, hay una fuerza gravitacional que lo atrae, pero si yo quito este lápiz, ¿sigue habiendo una fuerza o ya no la hay?

Caso: sigue habiendo una fuerza.

Investigadora: y ¿donde actuaría esa fuerza si ya no está el lápiz?

Caso: quedaría digamos que vagando, no tendría sobre qué hacer efecto.

Investigadora: ¿pero estaría ahí?

Caso: Si.

Investigadora: ¿tú crees que esa fuerza es instantánea para actuar sobre otro cuerpo, o crees que se demora un tiempo?

Caso: Es instantánea.

Investigadora: Si tomáramos este lápiz y lo alejáramos mucho de la tierra, ¿la fuerza demoraría mas, menos o igual en actuar que a poca distancia de la tierra?

Caso: el efecto de la fuerza va a ser ahí mismo pero lo que va a suceder es que se va a demorar más para llegar al suelo porque va a estar más lejos, pero igual la fuerza va a actuar ahí mismo.

Investigadora: ¿El la fuerza actúa de manera instantánea?

Caso: si.

Investigadora: ¿Lo hace independientemente de la distancia?

Caso: si.

*Instrumento 1 caso 3: entrevista semiestructurada.*

Fecha: jueves 17 de Marzo de 2011.

Hora: 11:40 a.m.

Lugar: Institución Educativa Comercial de Envigado.

Investigadora: Vamos a realizar una pequeña entrevista con respecto a la fuerza gravitacional.

Investigadora: Para tí, ¿Qué es la fuerza gravitacional?

Caso: Es lo que hace que los cuerpo caigan.

Investigadora: ¿Cómo crees que actúa la fuerza gravitacional?

Caso: pues yo creo que la fuerza gravitacional actúa con formulas.

Investigadora: ¿Cuál es la razón por la cual al soltar este lápiz, él cae al piso?

Caso: Porque... hay gravedad. Si no hubiera gravedad el lápiz quedaría en el aire, como en el espacio.

Investigadora: ¿qué crees que hay entre la tierra y el lápiz que hace que el cuerpo caiga?

Caso: puede ser por el aire.

Investigadora: supongamos que este lápiz lo llevamos al cielo y lo soltamos, ¿también caería?

Caso: desde el cielo sí, pero ya yendo más arriba del cielo si hay gravedad entonces quedaría en el aire.

Investigadora: si llevamos el lápiz al espacio, ¿en qué punto crees que ya no actuaría la gravedad?

Caso: yo creo que en cualquier lugar del espacio, yo creo que según los programas, el espacio tiene gravedad por todos los lados del espacio.

Investigadora: ¿Qué pasaría si lleváramos el lápiz al espacio y lo soltáramos?

Caso: el cuerpo queda en el espacio como los astronautas, que se sueltan y quedan en el aire.

Investigadora: ¿Cual sería la razón para que sucediera esto?

Caso: por que... no sé.

Investigadora: ¿por qué crees que el lápiz actúa diferente en la tierra que en el espacio? ¿Cuál es la diferencia entre estos dos lugares?

Caso: yo creo que por qué... estamos más... allá, muy arriba y el espacio está lejos y nosotros estamos abajo y yo creo eso... no sé.

Investigadora: ¿Qué sucede si ubicamos el lápiz cerca a la tierra?

Caso: Si está en el cielo si, o en una nube o tirarlo en helicóptero, cae, pero si usted llega más arriba al espacio, ya el lápiz se queda... pues queda en el espacio como un cuerpo.

Investigadora: ¿Cuál crees que es la razón para que suceda esto?

Caso: jmm... Pues no sé... o puede ser una fuerza que actúa en el espacio... no sé.

Investigadora: ¿Podría ser una fuerza diferente a la gravitacional?

Caso: no, una fuerza gravitacional en el espacio.

Investigadora: ¿Quieres decir que habría diferentes fuerzas gravitacionales?

Caso: mmmm.....

Investigadora: ¿sería una fuerza diferente la que actúa en la tierra a la que hay en el espacio?

Caso: si son diferentes, porque si fuera igual nosotros estaríamos así en el aire como en el espacio.

Investigadora: ¿De qué tipo sería la fuerza que actúa en el espacio?

Caso: haber... qué fuerza hay en el espacio... no sé.

Investigadora: ¿cómo crees que es la fuerza a medida que el cuerpo se va alejando de la tierra, es mayor, menor o igual?

Caso: va aumentando.

Investigadora: ¿qué crees que hay entre la tierra y el lápiz que hace que el cuerpo caiga?

Caso: yo creo que en la tierra no hay gravedad ni porque está muy poblada o muy... si, debe ser eso, y en el espacio porque no hay gente y ya son otras cosas las que hay entonces yo creo que es eso.

Investigadora: ¿Si acercáramos el lápiz a la luna éste caería a la luna?

Caso: ¿que cae a la luna? No, porque sigue siendo la fuerza de gravedad, pues la gravedad la sigue dejando en el aire.

Investigadora: ¿crees que en la tierra hay o no fuerza de gravedad?

Caso: no, porque si la hubiera el lápiz quedaría en el aire.

Investigadora: ¿Qué hace entonces que los cuerpos caigan?

Caso: Fuerza de... no sé, pero si el cuerpo cae, pero porque no hay gravedad.

*Instrumento 2 caso 1:*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de la física

*Experimento mental*

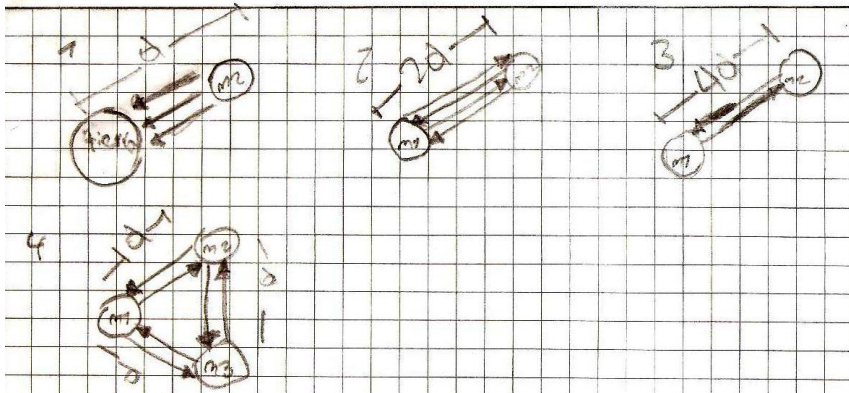
*Segundo instrumento de conceptualización.*

Analiza y conceptualiza de qué forma en cuanto a interacción entre cuerpos, podrían relacionarse:

- A) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $d$ .
- B) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $2d$ .
- C) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $4d$ .
- D) La tierra, un cuerpo y la luna suponiendo la misma distancia  $d$  entre ellos.

Figura 1

Esquema realizado por el caso 1 instrumento 2



- 1) la tierra por ser más grande que  $m_2$  la atrae.
- 2) En una distancia moderada  $m_1$  atrae a  $m_2$  y  $m_2$  atrae a  $m_1$ .
- 3) En una distancia lejana  $m_1$  atrae a  $m_2$  pero con poca intensidad, igualmente con  $m_2$  que atrae a  $m_1$  pero con poca intensidad.
- 4)  $m_1$  atrae a  $m_2$  y  $m_3$ ,  $m_2$  atrae a  $m_1$  y  $m_3$  y  $m_3$  atrae a  $m_1$  y  $m_2$ .

*Instrumento 2 caso 2:*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de la física

*Experimento mental*

*Segundo instrumento de conceptualización.*

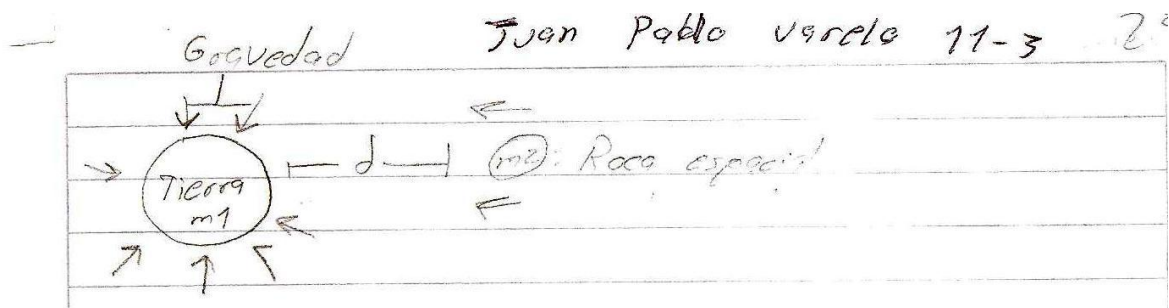


Analiza y conceptualiza de qué forma en cuanto a interacción entre cuerpos, podrían relacionarse:

- A) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $d$ .
- B) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $2d$ .
- C) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $4d$ .
- D) La tierra, un cuerpo y la luna suponiendo la misma distancia  $d$  entre ellos.

## Figura 2

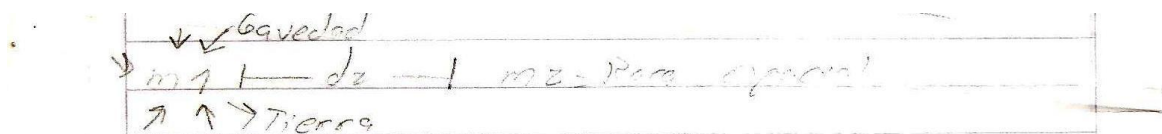
### Esquema A realizado por el caso 2 instrumento 2



En éste caso la roca podría ir hacia la tierra ya que su distancia es muy pequeña y podría ser afectada por la fuerza gravitacional.

**Figura 3**

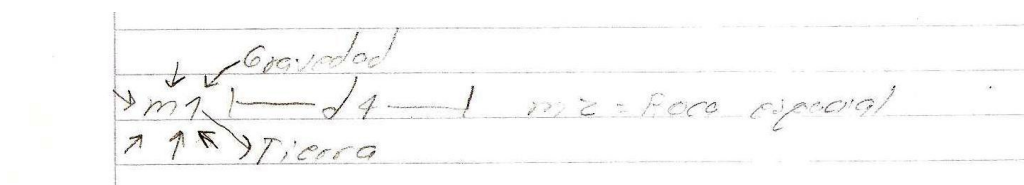
**Esquema B realizado por el caso 2 instrumento 2**



Acá  $m_2$  está al doble de distancia de  $m_1$  por ende hay muy pocas probabilidades que  $m_2$  sea afectado por la fuerza gravitacional.

**Figura 4**

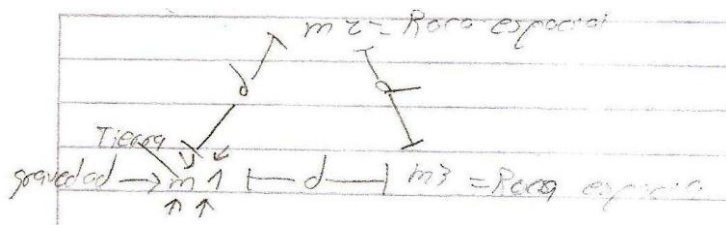
**Esquema C realizado por el caso 2 instrumento 2**



En éste caso observamos que  $m_2$  está 4 veces más lejos de  $m_1$ , por lo tanto el efecto de la gravedad es nulo a esa distancia.

**Figura 5**

**Esquema D realizado por el caso 2 instrumento 2**



En éste caso tenemos dos cuerpos  $m_2$  y  $m_3$  a la misma distancia de  $m_1$ , por lo tanto la fuerza de gravedad los podría atraer a los dos.

*Instrumento 2, caso 3:*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de la física

*Experimento mental*

*Segundo instrumento de conceptualización.*

Analiza y conceptualiza de qué forma en cuanto a interacción entre cuerpos, podrían relacionarse:

- A) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $d$ .
- B) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $2d$ .
- C) La tierra y un cuerpo más pequeño a una distancia  $4d$ .
- D) La tierra, un cuerpo y la luna suponiendo la misma distancia  $d$  entre ellos.

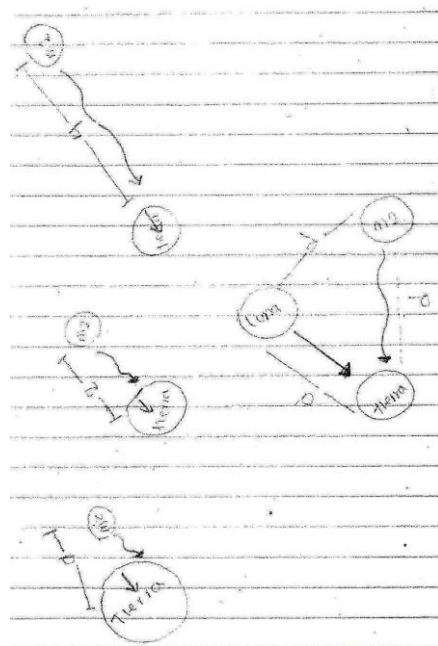
Respuesta:

Creo que el objeto bajará balanceado como al caer una hoja pero hasta las nubes, ya cuando pase las nubes cae directamente.

La luna su se cae pienso que caería directamente por ser objeto mas grande y con mayor peso pero como cae un meteorito y el objeto pienso que tardaría un poco mas hasta el momento de pasar las nubes.

**Figura 6**

**Esquema realizado por el caso 3 instrumento 2**



*Instrumento 3 caso 1:*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de las ciencias naturales.

*Experiencia sobre fuerza magnética Caso 1.*

*Tercer instrumento de conceptualización.*

*Materiales:*

- Trozos de papel pequeños.
- Peinilla.
- Imán.
- Caucho.
- Metal.
- Vidrio.
- Seda.
- Lana.

Procedimiento:

A) Para cada caso explica lo que está sucediendo y realiza un esquema en el que representes la interacción entre los materiales. Registrar en la Tabla 1.

1. Tomar la peinilla, peinarse y acercar la peinilla a los trozos de papel.

2. Frotar el caucho con lana y acercarla al papel.
3. Frotar el caucho con seda y acercarla al papel.
4. Frotar una varilla de caucho con seda y luego acercarla a una varilla de vidrio.
5. Frotar dos varillas del mismo material y acercarlas.

B) Responde los siguientes cuestionamientos.

1. ¿Qué crees que sucede entre los diferentes cuerpos?

R/ Al cargar un cuerpo puede atraer a otros cuerpos más pequeños.



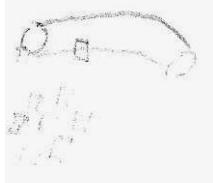
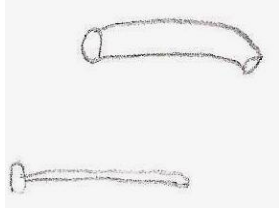

2. ¿Qué crees que hay en medio de esos cuerpos, que hace éstos interactúen?

R/ Una fuerza, una carga eléctrica.

3. ¿Será posible que la fuerza se propague entre los cuerpos y cómo puede suceder eso?

R/ Si es posible, las partículas de un cuerpo son atraídas por el otro cuerpo que esté cargado.

Tabla 1

Exp.	Observación.	Explicación.	Esquema.
1	Al acercar la peinilla a los trozos de papel	Al peinarse, la peinilla se carga, ésta <b>fuera</b> se	
2	Al acercar el caucho a los trozos de papel	Al frotar el caucho con la lana ésta genera estática la	
3	Al acercar el caucho a los trozos de papel,	La seda carga al caucho, entonces el caucho atrae a	
4	Al acercar el caucho a la varilla de vidrio	El caucho no ejerce suficiente <b>fuera</b> como para	
5	No paso nada.	Al parecer ninguna es atraída por la	

*Instrumento 3 caso 2:*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de las ciencias naturales.

*Experiencia sobre fuerza magnética Caso 1.*

*Tercer instrumento de conceptualización.*

Materiales:

- Trozos de papel pequeños.
- Peinilla.
- Imán.
- Caucho.
- Metal.
- Vidrio.
- Seda.
- Lana.

Procedimiento:

A) Para cada caso explica lo que está sucediendo y realiza un esquema en el que representes la interacción entre los materiales. Registrar en la Tabla 1.



1. Tomar la peinilla, peinarse y acercar la peinilla a los trozos de papel.
2. Frotar el caucho con lana y acercarla al papel.
3. Frotar el caucho con seda y acercarla al papel.
4. Frotar una varilla de caucho con seda y luego acercarla a una varilla de vidrio.
5. Frotar dos varillas del mismo material y acercarlas.

B) Responde los siguientes cuestionamientos.

4. ¿Qué crees que sucede entre los diferentes cuerpos?

R/ En la mayoría de los cuerpos actúa como imán.

5. ¿Qué crees que hay en medio de esos cuerpos, que hace éstos interactúen?

R/ Se crea un imán artificial y esto es creado por la estática.

6. ¿Será posible que la fuerza se propague entre los cuerpos y cómo puede suceder eso?

R/ podría ser si la fuerza de la estática se eleva a un nivel mayor.

**Tabla 1**

Exp	Observación	Explicación	Esquema
1	Al acercar la peinilla al papel éste se pega a la	Esto se debe a la estática que se crea al frotar la peinilla	<p>Diagrama de la experiencia 1: Una peinilla con estática (Iman) se acerca a un papel. Se muestran fuerzas de atracción que atraen el papel hacia la peinilla.</p>
2	Al acercar el caucho al papel se observa lo	Esto se da por lo anterior, pero esta vez es con	<p>Diagrama de la experiencia 2: Un caucho se acerca a un papel. Se muestran fuerzas de atracción que atraen el papel hacia el caucho.</p>
3	Sucede lo mismo que en los casos anteriores,	Todo esto se da por la que mencioné anteriormente.	<p>Diagrama de la experiencia 3: Similar a la experiencia 2, muestra un caucho acercándose a un papel con fuerzas de atracción.</p>
4	En éste caso no sucede nada.	No pasa nada porque el vidrio no es atraído por la estática.	<p>Diagrama de la experiencia 4: Un caucho se acerca a un vidrio. Se muestran fuerzas de atracción, pero el vidrio no es atraído.</p>

5	No pasa nada.	No sé porque no pasa nada.	
---	---------------	----------------------------	--

*Instrumento 3 caso 3:*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de las ciencias naturales.

*Experiencia sobre fuerza magnética Caso 1.*

*Tercer instrumento de conceptualización.*

Materiales:

- Trozos de papel pequeños.
- Peinilla.
- Imán.
- Caucho.
- Metal.
- Vidrio.
- Seda.
- Lana.

Procedimiento:

A) Para cada caso explica lo que está sucediendo y realiza un esquema en el que representes la interacción entre los materiales. Registrar en la Tabla 1.

6. Tomar la peinilla, peinarse y acercar la peinilla a los trozos de papel.
7. Frotar el caucho con lana y acercarla al papel.
8. Frotar el caucho con seda y acercarla al papel.
9. Frotar una varilla de caucho con seda y luego acercarla a una varilla de vidrio.
10. Frotar dos varillas del mismo material y acercarlas.

B) Responde los siguientes cuestionamientos.

7. ¿Qué crees que sucede entre los diferentes cuerpos?

R/ No se

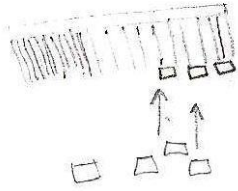
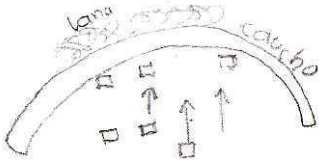
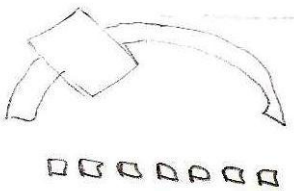
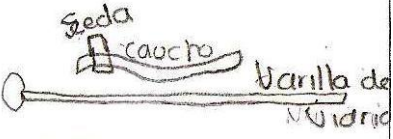
8. ¿Qué crees que hay en medio de esos cuerpos, que hace éstos interactúen?

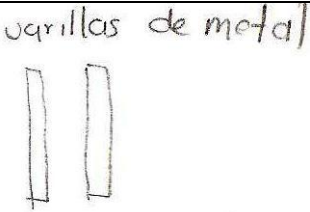
R/ No se.

9. ¿Será posible que la fuerza se propague entre los cuerpos y cómo puede suceder eso?

R/ No se.

**Tabla 1**

Exp.	Observación.	Explicación.	Esquema.
1	Que al peinarse los papeles se pagan de ella como si fuese un	Lo que hay en el medio es una fuerza de atracción.	
2	Al frotar el caucho con la lana, sucede como lo anterior,	Esto sucede al frotar el caucho con la lana, por ser un instrumento	
3	En este caso no sucedió nada, los papelitos quedan quietos, la fuerza	Esto no sucede porque al frotar uno con el otro se pierde fuerza.	
4	Nada.	Que el truco no se realizó.	

5	Que al trotar el mismo material no pasa nada.		
---	---	--	--

*Instrumento 4 caso 1: Experiencia con limadura de hierro.*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de las ciencias naturales.

*Experiencia sobre fuerza magnética Caso 1.*

*Cuarto instrumento de conceptualización.*

Materiales:

- Una hoja de papel blanco.
- Limadura de hierro.
- Imán.

Procedimiento:

A) Responde los siguientes cuestionamientos.

1. ¿Qué es un imán?

R/ Es un objeto que está cargado, que se atraer con cargas opuestas y se repele con cargas iguales.

2. ¿Qué crees que sucederá en el momento en que se riegue la limadura de hierro sobre la hoja, teniendo en cuenta que debajo de ella se encuentra el imán?

R/ Las partículas de limadura de hierro se unirán gracias a la fuerza del imán.

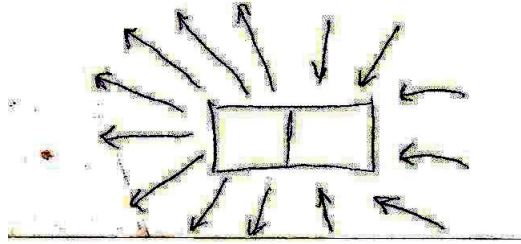
B) Sobre una superficie plana y delgada coloca la hoja de papel blanco, luego bajo la superficie de base sostén el imán y posteriormente esparce suavemente la limadura de hierro sobre la hoja y observa, esquematiza y explica lo que sucede.

R/ La limadura de hierro une pero no necesariamente encima del imán porque un lado se ve que intenta pegarse al imán y el otro lado intenta alejarse.

### Figura 7

Esquema realizado por el caso 1 instrumento 4





*Instrumento 4 caso 2: Experiencia con limadura de hierro.*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de las ciencias naturales.

*Experiencia sobre fuerza magnética Caso 1.*

*Cuarto instrumento de conceptualización.*

*Materiales:*

- Una hoja de papel blanco.
- Limadura de hierro.
- Imán.

Procedimiento:

A) Responde los siguientes cuestionamientos.



3. ¿Qué es un imán?

R/ Es una piedra cargada de magnetismo que se consigue en la naturaleza o es un pedazo de metal cargado con electromagnetismo.

4. ¿Qué crees que sucederá en el momento en que se riegue la limadura de hierro sobre la hoja, teniendo en cuenta que debajo de ella se encuentra el imán?

R/ Se hará la forma del imán en la hoja debido a que la limadura de hierro será atraída por el electromagnetismo del imán.

B) Sobre una superficie plana y delgada coloca la hoja de papel blanco, luego bajo la superficie de base sostén el imán y posteriormente esparce suavemente la limadura de hierro sobre la hoja, observa, esquematiza y explica lo que sucede.

R/ Al vaciar limadura de hierro en la hoja con el imán por debajo, se ve que en el área donde está el imán la limadura se “para” en la forma en la que se desplaza el electromagnetismo del imán, la limadura se aleja de los polos por eso es que se “para”, porque la limadura también tiene polaridad.

Figura 8

Esquema A realizado por el caso 2 instrumento 4

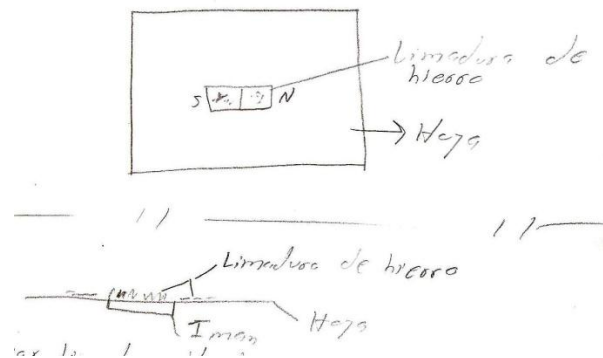
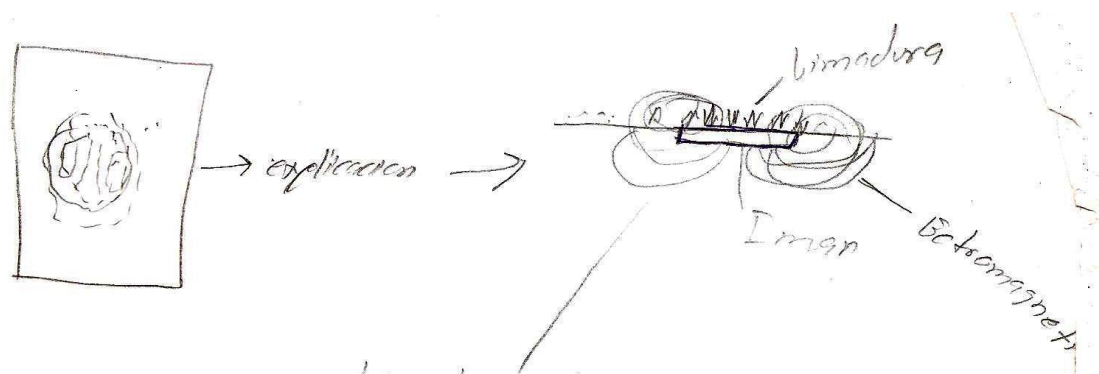


Figura 9

Esquema B realizado por el caso 2 instrumento 4



La limadura se aleja de los polos por eso es que se "para", porque la limadura también tiene polaridad.

*Instrumento 4 caso 3: Experiencia con limadura de hierro.*

El campo como concepto estructurante en la enseñanza de las ciencias naturales.

*Experiencia sobre fuerza magnética Caso 1.*

*Cuarto instrumento de conceptualización.*

Materiales:

- Una hoja de papel blanco.
- Limadura de hierro.
- Imán.

Procedimiento:

A) Responde los siguientes cuestionamientos.

5. ¿Qué es un imán?

R/ Un imán es un metal con una fuerza atracción que pega las demás cosas (metales) al ponerse cerca de cada uno.

6. ¿Qué crees que sucederá en el momento en que se riegue la limadura de hierro sobre la hoja, teniendo en cuenta que debajo de ella se encuentra el imán?

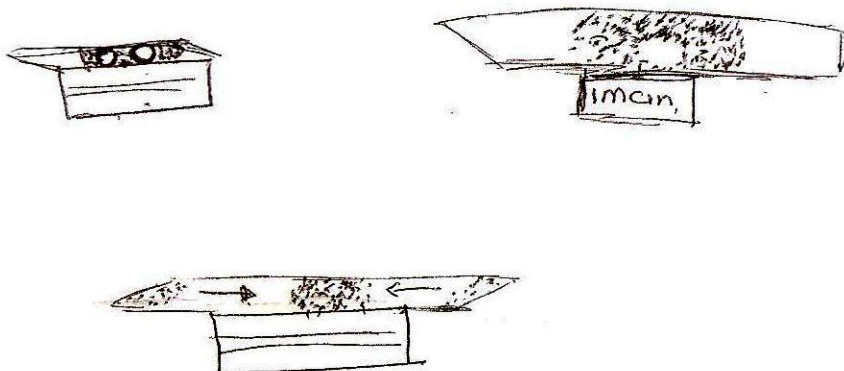
R/ Al regarse la limadura de hierro sobre la hoja pasará que el imán que se encuentra debajo de ella la atraerá y todas las partículas se juntarán encima del imán.

- B) Sobre una superficie plana y delgada coloca la hoja de papel blanco, luego bajo la superficie de base sostén el imán y posteriormente esparce suavemente la limadura de hierro sobre la hoja, observa, esquematiza y explica lo que sucede.

R/ Al caer la limadura de hierro a la hoja con el imán por debajo ésta cae en la mitad y se esparce para los lados, mi explicación es que la fuerza de esta limadura es la que se atrae y por eso queda una detrás de las otras y encima, porque la fuerza del imán no deja que ninguna partícula de estas salga de la hoja.

Figura 10

*Esquema realizado por el caso 3 instrumento 4*



Cuadro 7

**Secuencia didáctica.**

Unidad: Electromagnetismo		
	Campo eléctrico.	
Contenido científico.	Conceptual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuerza electrostática y campo eléctrico.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza magnética y campo magnético.</li> <li>• Inducción electromagnética.</li> </ul>
	Procedimental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explica situaciones en términos de campo eléctrico y de campo magnético, los representa mediante líneas de campo, describe los efectos magnéticos de la corriente eléctrica y relaciona dichos campos con la fuerza que experimentan las cargas eléctricas en reposo y en movimiento.</li> </ul>
	Actitudinal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar problemáticas</li> </ul>

		<p>científicas del momento con fines didácticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar los conocimientos adquiridos a situaciones de orden biológico y químico.</li> </ul>
Objetivo general.	Explicar situaciones en términos de campo eléctrico y representarlos mediante líneas de campo.	
Objetivos específicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indagar acerca de las ideas de los estudiantes en relación al concepto de campo.</li> <li>• Conceptualizar campo a partir de los planteamientos de Michael Faraday.</li> <li>• Relacionar el concepto de campo eléctrico con fenómenos biológicos y químicos.</li> <li>• Analizar situaciones problemáticas del contexto en donde los estudiantes puedan implicar el concepto de campo.</li> </ul>	
Destinatarios.	Estudiantes del grado 11.	

Temporalidad.	6 sesiones de 45 minutos cada una.
Materiales.	Material de laboratorio, guías y documentos impresos, artículos de revista y herramientas a partir de las TIC.

Fase 1 Indagación de ideas.	<p>Actividad No. 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedir a los estudiantes que definan campo desde lo que conocen en diferentes contextos ó áreas de conocimiento.</li> <li>• Actividad No. 1: Relación entre el fenómeno gravitacional y el concepto de campo. (Instrumento 1). Analizar el fenómeno de gravitación universal y su relación con el concepto de campo.</li> </ul> <p>Tiempo estimado: 1.5 horas.</p>
Fase 2	Actividad No. 2:



<p>Modelos explicativos de los estudiantes.</p>	<p>Representación del campo a partir del fenómeno gravitacional. (Instrumento 2)</p> <p>Tiempo estimado: 1.5 horas</p>
<p>Fase 3</p> <p>Estructuración de nuevos conocimientos.</p>	<p>Actividad No. 3:</p> <p>Evidenciando líneas de campo. Guía práctica de magnetismo. (Instrumento 4).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se muestra a los estudiantes un texto de Michael Faraday en el cual éste plantea sus principales dudas e hipótesis acerca de lo que posteriormente sería llamado campo eléctrico, con el fin de contrastarlo con lo planteado por los estudiantes.</li><li>• Se pide que lleven este fenómeno al electromagnetismo y que expliquen los puntos que para ellos son problemáticos y los que presentan</li></ul>

	<p>acoplamiento.</p> <p>Tiempo estimado: 3 sesiones de 45 minutos.</p>
<p>Fase 4</p> <p>Aplicación a nuevas situaciones.</p>	<p>Actividad No. 4:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se presenta al grupo por medio de una clase magistral cómo se genera campo eléctrico en los seres vivos, así se explica el proceso de transporte activo de las membranas celulares y la detección del campo eléctrico por algunos animales como las rayas y los ornitorrincos.</li><li>• Posteriormente se presenta un artículo de revista con el fin de que analicen una problemática sociocultural o tecnológica que implique el concepto de campo.</li></ul>

## 7. CONCLUSIONES

- ✓ Faraday formalizó el concepto de campo eléctrico reflexionando primero desde el fenómeno gravitacional y analizando fenómenos magnéticos, entendiéndolo como una perturbación en el medio y representándolo a través de líneas de fuerza.
  
- ✓ El estudio de la física restringido a los libros de texto sin un análisis epistemológico puede llevar a una pobre comprensión de la ciencia por parte de los estudiantes.
  
- ✓ Los estudiantes conciben el campo como una fuerza, dos de los tres casos cree que ésta se propaga a través de un medio etéreo y el tercero no considera alguna perturbación en el mismo.

## 8. RECOMENDACIONES

Realizar el análisis de una fuente primaria de conocimiento con un enfoque epistemológico es fundamental, ya que permite evidenciar la correspondencia que hay de la formalización del concepto entre el teórico y los estudiantes. Ser conscientes de tal relación, permite recontextualizar y reconceptualizar el conocimiento, ya que se entiende la ciencia como una actividad social en la que los estudiantes son agentes activos en tal construcción; desde esta perspectiva se tendrán mejores herramientas para el uso adecuado de los libros de texto.

Por otra parte, es importante relacionar el conocimiento físico con otra áreas de conocimiento y llevar a los estudiantes a que desarrollen la capacidad de analizar y dar posibles soluciones a diferentes problemáticas en el ámbito social, cultural o tecnológico, entre otros, que tienen que ver con el diario vivir de los estudiantes.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, Y (2003). *A propósito de las cosmovisiones: Realista y fenomenológica*.

Manuscrito no publicado, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Carr, E, (1991). *¿Qué es la historia?* Editorial Ariel S.A, Barcelona.

Editorial Santillana S.A. (2005). *Física II*. Santa fe de Bogotá.

Editorial Voluntad. (1999). *Galaxia, física 11*. Santa fe de Bogotá: Voluntad.

Escobar L, Gonzalez Y Gutierrez C (2009). *Evolución del concepto de campo en estudiantes de nivel universitario*. Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Faraday M. (1829-1832). *Faraday's diary. Being the various philosophical notes of experimental investigation*. (2<sup>a</sup> ed) Londres, HR direct.

Faraday M, (1849). *Experimental Researches in electricity*. (2<sup>a</sup> ed) Londres, Red Lion Court, Fleet street.

Furió C, G. J. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección tratamiento.

*Enseñanza de las ciencias*, 17 (3).

Halliday D, Resnick R y Walker J (2002), Fundamentos de física, volumen 2, Compañía Editorial Continental.

Llancaqueo A, Caballero y Moreira, (2003). El concepto de campo en el aprendizaje de la física y en la investigación en educación en ciencias, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2 N° 3.

Mathews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias* 12 (2).

República de Colombia, Ministerio de Educación Nacional. (1999). *Estandares Curriculares para Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Bogotá: Autor.

Rodriguez G, y Gil J, (1996). Metodología de la Investigación Cualitativa, Ediciones Aljibe.

Strauss A Corbin J, (2002). Bases de la Investigación cualitativa, técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada, Editorial Universidad de Antioquia.

Tricker, R. (1996). The contributions of Faraday and Maxwell to electrical science, pergamon Press.

Valero M, (1983) Física fundamental II, Editorial Norma, Santa fe de Bogotá.

Valero M, (1998) Física fundamental II, Editorial Norma, Santa fe de Bogotá.