

**PENSANDO LA EXPERIMENTACIÓN EN EL  
CAMPO DE LA ELECTROSTÁTICA**

**UN ESTUDIO HISTÓRICO PARA LA ENSEÑANZA DE LOS  
FENÓMENOS DE ATRACCIÓN Y REPULSIÓN EN GRADO SEXTO,  
DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA**

**CRISTIAN SNEIDER MORA MOTTA**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TEGNOLOGÍA  
LICENCIATURA EN FÍSICA  
BOGOTÁ 2020**

**PENSANDO LA EXPERIMENTACIÓN EN EL  
CAMPO DE LA ELECTROSTÁTICA**

**UN ESTUDIO HISTÓRICO PARA LA ENSEÑANZA DE LOS  
FENÓMENOS DE ATRACCIÓN Y REPULSIÓN EN GRADO SEXTO,  
DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA**

**CRISTIAN SNEIDER MORA MOTTA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN FÍSICA**

**Asesora:**

**Profesora: MARINA GARZON BARRIOS**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TEGNOLOGÍA  
LICENCIATURA EN FÍSICA**

**BOGOTÁ 2020**

# Tabla de contenido

Introducción .....	5
<b>Capítulo primero: Caracterización del problema. ....</b>	<b>8</b>
1.1 La práctica pedagógica como escenario investigativo .....	8
1.2 Electrostática en el aula: ¿Qué se enseña? .....	8
1.3 Electrostática en el aula: ¿Cómo se enseña? .....	9
1.4 Electrostática en el aula: ¿Para qué se enseña?.....	9
1.5 Reflexión: Estado de la enseñanza en el I.E.D Rodrigo Lara Bonilla .....	10
1.6 El papel del experimento en la I.E.D Rodrigo Lara Bonilla.....	10
1.7 Hacia la construcción de una didáctica de la electrostática en el I.E.D Rodrigo Lara Bonilla .....	11
<b>1.8 Objetivo general: .....</b>	<b>13</b>
<b>1.9 Objetivos específicos: .....</b>	<b>13</b>
<b>1.10 Antecedentes.....</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo segundo: Discusión sobre electrostática y su afinidad con la teoría de campos .....</b>	<b>16</b>
2.1 Importancia de la Historia de la física en esta investigación.....	16
2.2 El fenómeno de atracción antes de los trabajos de Gerolamo Cardano (1501 - 1576).....	17
2.2.1 La distinción entre lo eléctrico y lo magnético.....	18
2.3 El efecto de atracción descrito por William Gilbert (1544 – 1603) .....	19
2.3.1 La causa de la atracción es la frotación.....	21
2.3.2 Clasificación de materiales.....	21
2.4 La máquina electrostática como fuente de fenómenos de atracción y repulsión eléctrica.....	23
2.5 La máquina electrostática de Otto Von Guericke (1602 - 1686) .....	23
2.6 La fricción como causa de la atracción Francis Hauksbee (1666 - 1713) .....	25
2.7 ¿Cómo se electrifican los cuerpos cuando no son frotados? .....	26
2.8 Comunicación de la electrificación por contacto .....	26
2.9 Los experimentos de Sthepen Gray (1666 - 1736) .....	27
2.10 Electrificación por presencia de cuerpos ya electrificados .....	29
2.11 Todos los cuerpos se pueden electrificar por si mismos, los aportes de Charles François de Cisternay Dufay (1698 - 1739).....	30
2.11.1 Repulsión eléctrica .....	31
2.11.2 La nueva forma de entender la atracción .....	32
2.11.3 La comunicación de la electrificación.....	32
2.11.4 El carácter dual de la electricidad .....	33

2.11 Consideraciones de la teoría de campos como modelo explicativo de los fenómenos electrostáticos.....	34
<b>Capítulo tercero: La física desde una perspectiva fenomenológica.....</b>	<b>37</b>
3.1 Perspectiva fenomenológica.....	37
3.2 Estructura fenomenológica para la construcción del fenómeno electrostático.....	39
3.3 Relación teoría - experimento para la enseñanza de la electrostática.....	40
3.4 El experimento en el aula escolar.....	41
3.5 El papel del experimento en el desarrollo de la electrostática.....	42
3.6 La actividad experimental para la enseñanza de la electrostática.....	42
<b>Capítulo cuatro: propuesta de actividades para la construcción de explicaciones a los fenómenos electrostáticos: la atracción y la repulsión.....</b>	<b>44</b>
Actividad numero 1: lo eléctrico y lo magnético.....	45
Actividad numero 2: Comportamiento de los materiales a causa de la frotación.....	47
Actividad numero 3: Descubriendo la Repulsión.....	49
Conclusiones.....	51
Bibliografía.....	53

## Introducción

Este documento recoge reflexiones de dos tipos, disciplinar y educativa, en los cuales se discute: por un lado, el desarrollo de la electrostática en términos de experiencias y experimentos que permiten establecer las interpretaciones de los científicos recopilados alrededor de los fenómenos de atracción y repulsión, y por el otro, los problemas de conocimiento de los niños en torno a los fenómenos electrostáticos, con los cuales se ha trabajado en la práctica pedagógica. Estas reflexiones al final se orientan en la construcción de una propuesta educativa que tiene como propósito acercar al entendimiento del campo de fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión de los niños de la Institución Educativa Distrital Rodrigo Lara Bonilla, a través del desarrollo de actividades experimentales.

La práctica pedagógica que se realizó en el grado sexto de la Institución Educativa Distrital Rodrigo Lara Bonilla, ubicada en Bogotá, al sur de la ciudad, en la localidad de Ciudad Bolívar, en el barrio Candelaria la Nueva. Se encuentra en un barrio considerado como vulnerable por la secretaría de integración social. Es un colegio que en su misión y su visión apuntan a la formación de seres humanos con valores para la vida en sociedad. La práctica no se desarrolló de manera lineal, es decir, la práctica uno y dos se realizaron en el segundo semestre del año 2017 y primer semestre de 2018, respectivamente, en cuanto a la práctica tres se desarrollo durante el segundo semestre del año 2019, y la práctica cuatro en el segundo periodo del año 2020. Las prácticas uno y dos se realizaron de manera presencial en la institución, y se asistía tres veces a la semana con una intensidad horaria de cuatro horas cada día, sin embargo, las prácticas tres y cuatro se desarrollaron de manera virtual con una intensidad horaria más baja, debido a los problemas de conectividad de los estudiantes.

En la fase de observación de la práctica pedagógica se evidenció en los estudiantes la ausencia de una relación entre el conocimiento que se construye en el aula y las explicaciones que se pueden generar para situaciones de la cotidianidad; por ejemplo, ¿por qué se genera atracción de papelitos por una bomba que ha sido frotada en la cabeza? Una situación como ésta manifiesta la carencia de sentido que tienen los conceptos de física que aprenden los estudiantes cuando ellos se quieren comunicar al respecto de un hecho como el mencionado. Además, los conceptos que se trabajan en el aula para generar explicaciones terminan siendo

inútiles para los estudiantes en la medida que ellos no perciben una relación con situaciones de su contexto (Malagon Sanchez, Ayala Manrique, Lugo, 1992), situaciones como la atracción de papelitos.

Lo anterior ha orientado a establecer una tendencia por parte de los estudiantes a expresarse acerca de la física con términos como: “eso es muy difícil”, “eso no me gusta”, “esto no es para mí”, etcétera. Ello convierte la enseñanza de la física en un reto para los docentes cuando se quieren lograr experiencias significativas con los estudiantes, es decir, desarrollar actividades que faciliten la construcción de conocimiento en el aula, estableciendo un vínculo con la experiencia y la cotidianidad de los estudiantes.

Con el fin de establecer otro tipo de prácticas en el aula escolar, que estén orientadas desde el experimento, esta investigación recurre a la historia de las ciencias para identificar las experiencias de los científicos. También se usan experimentos importantes en el desarrollo de la electrostática que a su vez permiten organizar los fenómenos de atracción y repulsión desde una perspectiva de campos. Además, se establece una perspectiva fenomenológica que caracteriza la relación entre el conocimiento y su construcción, mostrando la importancia de la exploración sensorial, entonces, se identifica el papel del experimento en distintos escenarios.

El documento se encuentra constituido por cuatro capítulos, en el capítulo primero el lector encontrará la descripción del contexto problemático donde verá de forma detallada las situaciones que suscitaron la formulación de la pregunta problema, el objetivo general, los objetivos específicos y los trabajos que anteceden a la investigación. El capítulo segundo está constituido en dos partes: inicialmente, se realizó una discusión sobre el desarrollo histórico de la electrostática. Aquí se tienen en consideración los aportes que hace la historia de las ciencias a la comprensión de este campo de estudio, a través de los trabajos de algunos científicos como: Gerolamo Cardano (1501 – 1576), William Gilbert (1544 – 1603), Stephen Gray (1666 - 1736) Francis Hauksbee (1666 – 1713), Dufay (1698 – 1739). En un segundo momento, se realizó un análisis alrededor de las ideas de estos personajes en donde se visibiliza la afinidad de sus experiencias en el marco de una teoría de campos, identificando

aspectos importantes que alejan a los conceptos de la electrostática de una comprensión atomista.

En el capítulo tres se constituye una postura fenomenológica para la comprensión de los fenómenos electrostáticos, porque uno de los problemas que se encuentra al abordar la enseñanza de los fenómenos electromagnéticos es el desconocimiento por parte de los estudiantes de una fenomenología que se constituya en un objeto de estudio (Malagon, Jose Francisco; Ayala, Maria Mercedes; Lugo, P, 1992). También se caracteriza el experimento desde: el aula escolar, desde el desarrollo de la electrostática, y por ultimo se piensa el experimento para la enseñanza de la electrostática.

El capítulo cuatro consigna una propuesta experimental que busca cambiar las prácticas en el aula pensando el experimento como un generador y organizador de conocimiento. Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación.

## Capítulo primero: Caracterización del problema.

### 1.1 La práctica pedagógica como escenario investigativo

La práctica pedagógica tiene la propiedad de permitirle a los profesores en formación involucrarse en los procesos de enseñanza de manera controlada en el aula, teniendo la oportunidad de analizar la relación entre el profesor, y el estudiante, y viceversa en la clase de física. El interés de desarrollar la práctica pedagógica en grado sexto surge porque, en este grado se conforman las primeras ideas acerca de las propiedades eléctricas de la materia, según las mallas de aprendizaje del ministerio de educación nacional. Entonces, se analiza de qué forma se establecen conceptos de la electrostática como: la atracción, la repulsión en la institución de práctica. Este análisis se hace al dar respuesta a tres cuestionamientos ¿Qué se enseña?, ¿Cómo se enseña?, ¿Para qué se enseña?, éstos a su vez permiten establecer el objetivo general y los objetivos específicos de esta investigación.

### 1.2 Electroestática en el aula: ¿Qué se enseña?

Cuando se piensa ¿qué se enseña? en una disciplina como la física, puede parecer trivial que se responda que en la clase de física se enseñan conceptos o ideas importantes de la física. Pero este cuestionamiento resulta relevante cuando nos detenemos a considerar cómo se decide qué es lo importante para la enseñanza de la física: ¿serán las teorías, las leyes, los conceptos, los experimentos, o las matemáticas que formalizan los conceptos?

En ese sentido, se identifica que en la institución de práctica pedagógica cuando se enseña la electrostática, se da prioridad a los resultados de las teorías; entonces, se evidencia una enseñanza centrada en definiciones elaboradas por los científicos, que están plasmadas en los libros de texto, y que resultan ser poco o nada significativas para el aprendizaje de los estudiantes porque son enunciados que carecen de una fenomenología clara por parte de los estudiantes (Malagon, Jose Francisco; Ayala, Maria Mercedes; Lugo, P, 1992)

Se encontró que en el aula, de entrada, se definen conceptos como el átomo, y se vincula a éste con la composición de la materia, en seguida, se habla de las partes del átomo dando existencia a los electrones y protones principalmente, de allí se deriva el concepto de carga eléctrica al asumir que al frotar un objeto con otro, el objeto frotado puede tener una ganancia de electrones así como una pérdida, y este aumento o ausencia definirá su estado de carga: positiva o negativa.

En estas condiciones se reduce el problema de la electrificación al transporte de partículas de un objeto a otro debido a la frotación; efectos como la atracción y la repulsión tienen el papel de demostrar la existencia de las cargas tanto positivas como negativas.

### 1.3 Electrostatica en el aula: ¿Cómo se enseña?

Las dinámicas de enseñanza que se presentaron en el aula de ciencias de grado sexto de la institución de práctica, estaban direccionadas a que los estudiantes dieran por hecho la existencia de las partículas, como un descubrimiento de los científicos, es decir como algo que se encuentra en la naturaleza, y no como una idea de los mismos científicos para describir, predecir o explicar el comportamiento de la naturaleza. Es decir, el docente induce a que los estudiantes asuman la existencia real de los electrones y los protones y así justificar hechos como la atracción y la repulsión.

Se infiere gracias a las clases que: el conocimiento científico no se discute y que se tiene acceso a este a través de libros de texto, se transmite por medio de su oralidad apoyado de algunos experimentos de carácter ilustrativo, se hace énfasis en las definiciones en aras de memorizarlas. El objetivo de los experimentos de corte ilustrativo es mostrar como los fenómenos electrostáticos están en función de la existencia de partículas y su interacción.

### 1.4 Electrostatica en el aula: ¿Para qué se enseña?

En este aspecto encontramos que el fin de la enseñanza es claro, las actividades que giran entorno a la electrostatica tenían la finalidad para el docente de reconocer y definir, conceptos de la electrostatica bajo un modelo teórico como el atómico. Entonces, se infiere que el

objetivo es que los estudiantes definan conceptos fundamentales de la electrostática, como electrificación, atracción y repulsión desde modelos explicativos como el de la conducción eléctrica. Pero lo que se evidenciaba en términos de resultados es que la estrategia no funcionaba, ya que los estudiantes si bien, en sus explicaciones hacen referencias a términos de la teoría, no hay argumentos coherentes cuando se quieren explicar situaciones como la atracción de papelitos, los estudiantes siguen recurriendo a otro tipo de explicaciones como: “todas las bombas hacen eso”, o ,“con la regla puedo hacer lo mismo”, lo cual entendemos que no terminan siendo explicaciones, pero, para los estudiantes sí son sus propias explicaciones.

### 1.5 Reflexión: Estado de la enseñanza en el I.E.D Rodrigo Lara Bonilla

Tras un análisis en torno a los cuestionamientos anteriores, se identifica lo siguiente: no hay una preocupación en referencia a cómo enseñar, es decir, se identifica que la estrategias para la enseñanza de la electrostática en la práctica se caracteriza por la transmisión de contenidos por parte del profesor, que son asumidos por los estudiantes como verdades. En cuanto a qué enseñar tampoco se encuentra una reflexión por parte del docente, porque, los conceptos para el docente ya están definidos, y se encuentran en los libros de texto, puesto que, los conceptos y teorías allí plasmadas son las aceptadas por una comunidad científica, por ende, el docente se preocupa, por ejemplo, en llevar más demostraciones de electrificación de objetos, asimismo, generar atracciones entre distintos objetos en aras de mostrar la presencia de la carga eléctrica en los objetos, desconociendo otras formas de organización del conocimiento, que pueden ser pedagógicamente mas significativas para los estudiantes, y que además son coherentes con el desarrollo histórico del conocimiento de la electrostática.

### 1.6 El papel del experimento en la I.E.D Rodrigo Lara Bonilla

En el desarrollo de las prácticas, el docente hace uso de circunstancias cotidianas para contextualizar a los estudiantes y ubicarlos en un tema en particular, esta situación sucede cuando se quieren analizar en el aula los fenómenos electrostáticos, para éste caso se proponen ejemplos que fácilmente se puedan reproducir en el aula, estos son mayormente

atracciones, pero éstas “situaciones problemáticas”<sup>1</sup> no son suficientes para tener una imagen global del fenómeno lo que ocasiona comprensiones erradas de los conceptos por parte de los estudiantes; comprensiones que explican el fenómeno desde una perspectiva mágica o como un hecho que siempre sucede y no necesita explicación.

A raíz de que los estudiantes no pueden establecer una imagen general de los fenómenos, porque no hay suficiente experimentación al respecto, obliga a reducir el experimento a la comprobación de teorías desde una perspectiva hipotético – deductiva, es decir, el experimento es visto como un medio para validar el conocimiento que se tiene de los fenómenos físicos (Malgon, Jose Francisco; Ayala, Maria Mercedes; Sandoval Osorio, Sandra, 2011)

## 1.7 Hacia la construcción de una didáctica de la electrostática en el I.E.D

Rodrigo Lara Bonilla

Considero que no es de importancia partir de la aceptación del modelo atómico para generar explicaciones sobre los fenómenos electrostáticos, por la principal razón de que si bien es la teoría actualmente aceptada, no es la forma en la que el conocimiento se estableció a través de la historia.

La electrostática es una rama de la física que se construye mediante la organización de experiencias y su sistematización (Malgon, Jose Francisco; Ayala, Maria Mercedes; Sandoval Osorio, Sandra, 2011).

Teniendo en cuenta los lineamientos curriculares del Ministerios de educación nacional (M.E.N), donde se establecen unas ideas interesantes para la enseñanza que son afines con

---

<sup>1</sup> Se pone la frase entre comillas porque se identifica que son situaciones problemáticas, pero, para el maestro, sin embargo, para los estudiantes no resultan serlo por ende no hay un interés por parte de ellos para estudiarlas y asimismo entenderlas.

esta investigación, en la medida que, promueven la construcción de conocimiento mediante la experiencia. Al respecto:

La formación en ciencias naturales en la Educación Básica y Media debe orientarse a la apropiación de unos conceptos clave que se aproximen de manera explicativa a los procesos de la naturaleza, así como de una manera de proceder en su relación con el entorno, marcada por la observación rigurosa, la sistematicidad en las acciones, la argumentación franca y honesta (Ministerio de Educación Nacional, 2004, pág. 101).

Reflexiones como las anteriores abren la posibilidad de pensar en la pertinencia de una estrategia didáctica que más que bombardear a los estudiantes con conceptos elaborados, permita en ellos la construcción de ideas, a partir, de su experiencia con el experimento y la organización de la misma, para generar explicaciones de los fenómenos electrostáticos, de manera que los estudiantes interactúen y se involucren en la construcción del conocimiento en el aula.

Entonces, se plantea el experimento como el eje central que permite construir conceptos propios alrededor de los fenómenos electrostáticos por parte de los estudiantes. Entonces, surgen algunas preguntas: ¿Cómo surgen estos fenómenos electrostáticos de atracción y la repulsión?, ¿Cuáles de los experimentos existentes sustentan las explicaciones acerca de la atracción y la repulsión? Estas preguntas permiten pensar en la pregunta central de esta investigación: **¿Cómo la actividad experimental contribuye a través de la historia a la formación de conceptos de electrostática como la atracción y la repulsión, para la enseñanza de estos conceptos en estudiantes de grado sexto?**

## 1.8 Objetivo general:

Realizar una revisión de aquellos segmentos históricos que abordan la actividad experimental sobre los fenómenos de atracción y repulsión, para su enseñanza en el grado sexto.

## 1.9 Objetivos específicos:

- Identificar cuáles experimentos fueron cruciales en la consolidación de los conceptos de atracción y repulsión en el campo de la electrostática.
- Exponer una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de los fenómenos electrostáticos.
- Caracterizar el papel del experimento en la generación de efectos sensibles.
- Proponer una unidad didáctica para la comprensión de los fenómenos de atracción y repulsión, dirigida a estudiantes de grado sexto.

## 1.10 Antecedentes

Para la elaboración de esta investigación, se tiene en cuenta algunos trabajos de pregrado y maestría, así como artículos que recogen de alguna manera una problemática similar a la tratada en este trabajo. Estos antecedentes se organizan en tres categorías, dentro de esas categorías se identifican tendencias o diferencias entre los trabajos que contribuyen a nutrir la investigación.

1. Se recoge los siguientes 3 trabajos de pregrado del departamento de física de la universidad pedagógica nacional y un artículo de revista:

- Propuesta didáctica para la enseñanza de algunos conceptos básicos de electrostática.  
Escrito por: Cruz, Aldrin, 2017
- Caracterización de los fenómenos electrostáticos desde una perspectiva de campos.  
Escrito por: Ulloa Cataño; Peque Burgos Andrea Estefania; David Alexander, 2014

- Análisis conceptual del tratado de J.C Maxwell desde la perspectiva de campos para la enseñanza de la electrostática. Escrito por: Albornoz, Paola Andrea, 2019
- ¿Existen los electrones? Escrito por: Guzman , Ricardo, 2005

Estos trabajos tienen como punto de partida una tendencia en común: establecer que una de las dificultades en los procesos de aprendizaje esta relacionada con los métodos, formas y procesos por los cuales el docente lleva el conocimiento al aula, caracterizando que los métodos tradicionales comprenden a los estudiantes como cajas en las cuales se depositan ideas y conceptos, y no, como participantes activos en la construcción de conocimiento en el aula. Perspectiva que es afín con esta investigación.

2. Se identifican dos trabajos de grado y un artículo en donde se establece la importancia de la historia de las ciencias, y el uso de esta para construcción de conocimiento.

- Introducción a la teoría de campo electromagnético desde una perspectiva histórica. un papel para la historia en la formación de maestros en física. Escrito por: Triana, Diego Andres, 2020
- Estudio de la electricidad desde los trabajos realizados por Michael Faraday: historia y experimentación en el aula. Escrito por: Candía, Alexis Fabián, 2019
- Atomismo vs energetismo: Controversia científica a finales del siglo XIX. Escrito por: Gonzales, Antonio Moreno, 2006

En estos trabajos se evidencia el interés por parte de los autores de posicionar la historia de las ciencias como un recurso para la comprensión del conocimiento científico, asimismo, como un recurso para los docentes de física, que les permita conocer como surgen los fenómenos de una manera contextualizada.

3. En estos trabajos se caracteriza el experimento y la función que cumple, identificando tendencias y diferencias en el uso del experimento.

- Propuesta de aula desde el experimento de Heinrich Hertz para la construcción de ideas alrededor de la existencia de las ondas electromagnéticas. Escrito por: Rodriguez Ortiz, Erikson, 2017

- Diseño y construcción de practicas experimentales para la enseñanza del movimiento de proyectiles. Escrito por: Ricardo Vanegas, Andrea Paola, 2014
- El experimento como generador de conocimiento en el estudio de un sistema físico complejo. el caso del circuito eléctrico de corriente continua (ces-cc). Escrito por: Vargas, Viviana Marcela, 2016
- Análisis histórico del trabajo de Cavendish con la balanza de torsión: una reconstrucción para pensar el papel del experimento. Escrito por: Alvarez, Camilo Andres, 2020

El experimento puede tener múltiples intenciones, que se derivan del objetivo para el cual se diseñan, pero en los trabajos enunciados se destacan dos principalmente: por un lado, el experimento es una herramienta verificadora de las teorías entonces por medio de experimentos se busca validar el conocimiento en el aula. Por otro lado, hay una intención de caracterizar el experimento como herramienta capaz de generar conocimiento, bajo su funcionalidad de organizador de fenómenos.

## Capítulo segundo: Discusión sobre electrostática y su afinidad con la teoría de campos

### 2.1 Importancia de la Historia de la física en esta investigación

Se recurre a la historia de las ciencias como ciencia complementaria, que contribuye a la comprensión del conocimiento científico, y que permite reflexionar en torno a aquellos problemas y situaciones que los científicos plantearon en aras de proveer explicaciones a sus experiencias y observaciones. En las palabras del investigador Antonio Moreno Gonzales, en su artículo *atomismo vs energetismo: Controversia científica a finales del siglo XIX*.

Un recurso para afrontar la mejora del interés por la ciencia, de despertar el espíritu crítico ante los hechos en que la ciencia está involucrada y de manifestar que es una forma más de la cultura es recurrir a la historia, filosofía y sociología de la ciencia (HPS) como un elemento del currículo docente, tanto en los niveles primario y secundario como en la formación del profesorado (Gonzales, Antonio Moreno, 2006, pág. 412).

Como menciona Thomas Khun en su texto *la estructura de las revoluciones científicas*: Si se considera la historia como algo más que un depósito de anécdotas y cronología, puede producir una transformación decisiva en la imagen que tenemos actualmente de la ciencia (Khun, 1975)

De otra manera: es importante la historia de la ciencia en los procesos de enseñanza porque permite reconocer, por parte del docente, los fenómenos electrostáticos como construcción de conocimiento humano en la comprensión de unos efectos particulares sobre los cuerpos cuando estos actúan eléctricamente. Esto quiere decir, que se reconoce la ciencia en virtud de unos procesos de formalización debido a la experiencia, la observación y su sistematización.

Considero que la historia de las ciencias, entonces, se convierte en una fuente de la cual se puede utilizar episodios importantes en la configuración del dominio electrostático y llevarlos al aula, pero no de manera demostrativa; por ello se hace indispensable poder establecer: ¿Cómo surgen estos fenómenos electrostáticos, puntualmente la atracción y la repulsión? Además, identificar entre los experimentos existentes ¿cuáles de ellos sustentan las explicaciones a estos fenómenos de atracción y repulsión?. Y cuales son las experiencias y/o experimentos que contribuyen a la conceptualización de la carga eléctrica

## 2.2 El fenómeno de atracción antes de los trabajos de Gerolamo Cardano (1501 - 1576)

La atracción de pequeños papelitos por un globo, después de que este es frotado con un paño fino, es un experimento que a simple vista puede parecer fantástico y tiene la capacidad de desafiar nuestro conocimiento. Sin embargo, generar descripciones o explicaciones de las causas no ha sido un hecho simple, y ha tenido un recorrido histórico que vale la pena reconocer.

Cuando se revisa bibliografía referente a los inicios de la electrostática nos remontamos al año 624 a.C. Thales observó que cuando un trozo de ámbar es frotado con una tela de lana (*episodio de la ciencia que sería la analogía del globo y los papelitos descrito anteriormente*), ese trozo adquiere la propiedad de atraer y adherir sobre sí pequeños fragmentos de papel, fibras de lana, madera o cabellos. Se puede aseverar que fue Thales quien primero descubrió un efecto de lo que hoy llamamos electrostática, aunque es altamente probable que antes de él, otras personas hubieran hecho casualmente la misma observación, pero sin darle importancia. (Landrove, 1997; Fond, 1771)

Ni el mismo Thales parece haberle dado mucha importancia (Poveda Ramos , Gabriel, 2003, pág. 132), porque era un fenómeno que se presentaba rara vez, y del que no se esperaba utilidad alguna, fue poco estímulo para los filósofos de la época, pero Thales a través de su experiencia y observación dice al respecto de la atracción: Se debe a que el ámbar posee un alma y es similar a la piedra imán (Becquerel y Becquerel, 1865; Landrove, 1997; Fond,

1771). Esta explicación perdió con el tiempo su validez, a causa, de que otros filósofos encontraron que otras piedras al ser frotadas también adquirirían la capacidad de atraer otros cuerpos, y esta idea del alma se fue perdiendo, puesto que, pensaban que debía haber otra razón.

Se puede identificar, gracias a todo lo anterior, que: el fenómeno electrostático de la atracción, si bien, podía producir curiosidad entre quienes lo presenciaban, no había herramientas que permitieran profundizar en su conocimiento, herramientas de orden cognitivo. En otras palabras, en aquella época no representaba un problema que ameritará una explicación.

### 2.2.1 La distinción entre lo eléctrico y lo magnético

Entrados en el siglo XVI, en la Italia del renacimiento, un médico, filósofo natural, físico, matemático, llamado Gerolamo Cardano, se interesó por estos efectos de atracción; estableció la distinción entre el comportamiento del ámbar y el comportamiento de la piedra imán. Porque para algunos filósofos de la antigüedad el efecto producido por el ámbar y el efecto de la piedra imán eran similares, por su carácter atractivo, esto permitía decir que ambos fenómenos, el eléctrico y el magnético eran fenómenos semejante (Garcia Arteaga, 2018). Al respecto Cardano afirma:

La diferencia entre los cuerpos magnéticos y los cuerpos eléctricos es ésta: todos los cuerpos magnéticos se atraen con fuerza recíproca; en cambio, los cuerpos eléctricos atraen solamente en su propia dirección, y el cuerpo atraído gravita sobre el cuerpo eléctrico (Poveda Ramos , Gabriel, 2003, pág. 134).

Además, el efecto de atracción en la piedra imán privilegia una dirección, que esta determinada por los extremos de la piedra, norte o sur, pues el hierro sólo puede ser atraído por los polos del imán, mientras que el ámbar no muestra una dirección privilegiada, aunque se observa una tendencia en la dirección de frotación del objeto. Cardano también estableció que se encontraba frente a hechos de distinta naturaleza cuando experimentalmente observó

que la piedra imán sólo podía atraer pequeños trozos de hierro, mientras que el ámbar atraía objetos livianos como pelo, papel y semillas. Sin que Cardano se lo propusiera ya estaba considerando los primeros detectores de electricidad, (Garcia Arteaga, 2018; Landrove, 1997) es decir, estaba identificando diversidad de materiales que al ser frotados tenían propiedades eléctricas.

Considerando las observaciones de Cardano se caracterizaron las diferencias entre los efectos producidos por la piedra imán y la piedra ámbar, diferencias que permitieron clasificar y estudiar estos efectos como fenómenos separados, lo cual fue crucial para entender ambos fenómenos, y asimismo, abandonar la idea de que eran fenómenos de atracción de la misma naturaleza.

Cardano observó que:

- El ámbar arrastra muchas clases de cuerpos, en tanto que la magnetita solamente lo hace con el hierro.
- El imán actúa a través de pantallas de papel y el ámbar no.
- El imán hala hacia sus polos, en tanto que el ámbar hala en todas direcciones.
- El ámbar arrastra de manera más efectiva después de calentarse, mientras que el calor no afecta a la magnetita.

Afirmaciones sustraídas de (Landrove, Rafael Martin, 1997)

De lo anterior, se infiere que ambos fenómenos son considerados como fenómenos de atracción, pero la piedra de imán actúa sobre metales y hacia los polos sin que se afecte por los cambios de temperatura, mientras que el ámbar actúa sobre diversos materiales, atrayendo en todas las direcciones de la piedra y con muchas más fuerza después de ser calentada.

### 2.3 El efecto de atracción descrito por William Gilbert (1544 – 1603)

Luego de Cardano, él médico personal de la reina Isabel I llamado William Gilbert, es la persona que amplía, describe y explica el efecto de atracción en una obra titulada *The Magnet*

(1600). Reconocido por ser el primer libro que publica un estudio sistemático y profundo sobre el fenómeno eléctrico y magnético, que contiene suficiente experimentación (García Arteaga, Edwin German, 2018, pág. 69) (Villanueva, Jose Antonio , 1995, pág. 2)

Gilbert procuró caracterizar los fenómenos eléctricos extendiendo las ideas y experimentos de Cardano, se dedicó a experimentar con distintos materiales frotados y su efecto de atracción, al respecto, Gilbert dice:

No es únicamente el ámbar, como ellos suponen el que atrae cuerpos pequeños, sino también el diamante, el zafiro, el ópalo, la amatista, el berilio y el cristal de roca. Estas sustancias atraen todas las cosas, y no solo plumas de ave y pequeños trozos, sino también los metales, la madera, piedra, tierra, y también agua y aceite y todo lo que está sujeto a nuestros sentidos y es sólido. (Gilbert, William, 1956, pág. 75)

Para Gilbert, era asombroso como un objeto, al ser frotado con un paño, pudiese atraer otros objetos cercanos. Él debió preguntarse ¿por qué pasa tal efecto de atracción?, ¿cuántos objetos podrán adquirir dicha cualidad?. Como respuesta a estos interrogantes, Gilbert, expuso que el cuerpo que ha sido frotado es capaz de emanar una sustancia al espacio circundante, que es imperceptible al observador, y que denominó efluvio (Furio, C; Guisasola, J, 1998). El efluvio es descrito como una atmósfera que se manifiesta cuando se frota un objeto. Gilbert, también observó que el efecto de atracción era más notable cuanto menos húmedo estaba el aire (Becquerel ; Becquerel , Edmundo, 1865). Lo cual supone que el espacio es quien permite las acciones, en este caso de atracción.

Para Gilbert la atracción de pequeños cuerpos por los cuerpos cargados por frotamiento, era debido a que el 'efluvio' tiene tendencia a volver al cuerpo al que pertenece, y arrastrar los pequeños cuerpos próximos (Gilbert, William, 1956) (Poveda Ramos, Gabriel, 2003). Una reinterpretación de Las ideas de Gilbert es: la atracción se manifiesta cuando el objeto al ser frotado emana una atmósfera que cambia las condiciones del espacio, de alguna manera

Gilbert pensaba que aquella atmósfera debía retornar al cuerpo, y que en esa trayectoria, de volver al objeto, se presentaba la atracción de objetos cercanos al objeto frotado inicialmente.

### 2.3.1 La causa de la atracción es la frotación

Gilbert, también hizo claridad sobre la diferencia entre el estado de los objetos, esto quiere decir, que se debe alterar el objeto, a causa de frotarlo, y que de esta manera se manifiesta la cualidad eléctrica; entonces, no se comporta de la misma manera el ámbar, que el ámbar frotado, al respecto:

los primeros descubrimientos sobre esta materia; los cuales se hallan en un tratado latino que publicó sobre el Imán; donde dice, que el diamante, el zafiro, el rubí, el ametista ,el ópale ,el topacio, la piedra de Bristol, la verde mar y el cristal, **adquieren también por medio de la frotación** la propiedad de atraer cuerpos leves. (De la Fond, M. Sigmaud, 1771)

De las ideas de Gilbert se puede inferir, que hay una diferencia sustancial entre la atracción que genera el ámbar, y la que genera la piedra imán, dicha diferencia radica en que la piedra imán no pierde sus propiedades atractivas, es decir, es una cualidad asociada a la magnetita que poseen objetos específicos como los imanes, por el contrario, la propiedad eléctrica si se disipa, permitiendo pensar que ésta no reside en los objetos, sin embargo, sólo se manifiesta en ellos cuando son frotados.

### 2.3.2 Clasificación de materiales

Un aspecto que debemos resaltar de Gilbert, es que junto con su libro presentó un sencillo aparato que él llamó “versorium” (figura 1):

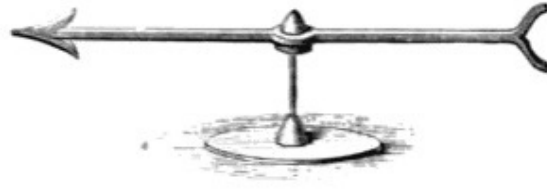


Figura 1, Versorium, 1600. Recuperado de:

<https://www.wikiwand.com/es/Electroscopio>

Este instrumento que Gilbert construye en analogía con la brújula, se llama Versorium, y consta de una aguja suspendida horizontalmente de un soporte. Consistía en que cuando se electrificaba un objeto, es decir, se frotaba con un paño, y luego el objeto se acercaba al Versorium, éste se apuntaba en la dirección del cuerpo que había sido electrificado (Poveda Ramos , 2003) entonces, se presentaba una deflexión de la aguja. Con el Versorium, a Gilbert se le facilitó detectar la electrificación débil que experimentaban algunos materiales.

Gilbert con ayuda de su versorium estableció una clasificación de materiales que consistía en saber que tantos materiales podían adquirir esta cualidad eléctrica, para sus experimentos utilizó materiales diferentes: entonces su objetivo era averiguar cuáles materiales podían hacer surgir el efluvio en otro material después de frotarlo. Al pasar de varios años William Gilbert logró establecer una clasificación de materiales en dos categorías, los materiales que presentaban buena electrificación por frotamiento los llamo materiales eléctricos, y a los que no presentaban efecto de atracción, los llamo no eléctricos. (Garcia Arteaga , Edwin German, 2015)

Cuando Gilbert estaba experimentando la capacidad de electrificación de los materiales, y fue el turno de los metales; él identificó que estos materiales no adquieren la cualidad de emanar el efluvio, y por ende no podían adquirir la virtud eléctrica de atraer, por eso denominó a estos materiales los no eléctricos. A los otros materiales, los llamo eléctricos (cabello, lana, ámbar, plumas, piel de gato, nylon, etc), eran aquellos capaces de electrificarse y generar atracción sobre otros objeto.

Gilbert experimentando con los metales estableció una conclusión importante: si bien los metales no podían ser electrificados por frotación, si podrían ser atraídos por un objeto electrizado; situación que lo llevo a pensar en que los metales de alguna manera también deben poder electrificarse. Gilbert creía que debía existir una forma de electrificar esos materiales que él no había encontrado.

## 2.4 La máquina electrostática como fuente de fenómenos de atracción y repulsión eléctrica.

En el siglo XVII se desarrollo la ciencia desde distintos frentes, uno de ellos, la experimentación, la cual tuvo un desarrolló importante en la medida en que los científicos empezaron a pensar en la necesidad de tener máquinas, e instrumentos que permitieran generar efectos de mayor magnitud e instrumentos para detectar los efectos. Estableciendo la construcción de una nueva forma de hacer ciencia, puntualmente física de manera experimental.

Se le aclara al lector que, si bien, se enuncian fenómenos de repulsión, estos se abordan más adelante, ya que, en la revisión de bibliografía se identificó que el efecto de repulsión aunque fue observado por Gilbert, Otto Von Guericke, Niccolo Cabeo, Hauksbee, entre otros. Sin embargo, no despertó el interés hasta tiempos de Dufay, y es allí donde se caracteriza este fenómeno en relación con el interés de esta investigación.

## 2.5 La máquina electrostática de Otto Von Guericke (1602 - 1686)

La única manera que se conocía para electrizar un objeto, era frotándolo con un paño, manualmente. Ya electrificado el objeto, se podían hacer los sencillos experimentos que se conocían, o podía pasarse parte de su carga a otros cuerpos. Nadie sabía electrizar un cuerpo de manera fuerte y rápida, hasta que Otto von Guericke construyó la primera máquina electrostática (Poveda Ramos, Gabriel, 2003), en ella observó fenómenos de atracción, repulsión, además evidenció chispas que catalogaba como ráfagas de luz, he incluso logró

transmitir la acción electrostática por medio de un hilo, una corta distancia, situación que llevo a pensar en la comunicación de la electrificación.

La máquina es descrita (figura 2) de la siguiente manera:

Esta máquina consistía en un armazón de madera que soportaba una esfera de azufre “del tamaño de la cabeza de un niño”, que podía girar sobre un eje diametral, y que era impulsada por una rueda grande y provista de manivela. Esta rueda también estaba sostenida por el armazón; era de madera; era movida por la manivela; y estaba conectada a una polea en el eje de la esfera de azufre, por una cuerda transmisora y multiplicadora de la rotación. Accionando la manivela se ponían a girar la rueda mayor, la polea y la esfera, con velocidad angular acelerada. Ya en estado de rotación rápida, poniendo una mano seca y áspera sobre la esfera de azufre, la frotación producía en la esfera una electrificación fuerte (Poveda Ramos , Gabriel, 2003, pág. 137).

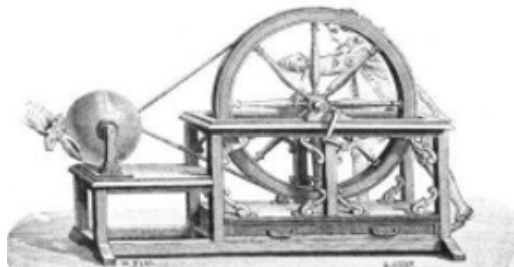


Figura 2, Máquina eléctrica, 1672. Recuperado de:

<https://sites.google.com/site/id23608847/personajes-en-la-historia/entradasintitulo-1>

Además, de la atracción, observó un efecto particular en su época, que consistía en una pluma que era atraída por la esfera de azufre de la maquina, y enseguida del contacto era rechazada y se mantenía alejada a una determinada distancia; para que fuera atraída de nuevo, debía ser tocada por otro cuerpo (Acosta Ojeda , Diego Fernando, 2017, pág. 25)

Es curioso que Otto Von Guericke aunque observó los efectos descritos no profundizo en sus causas, esto quiere decir que sus estudios no estaban en la línea de generar explicaciones, sino de reproducir experiencias de atracción y chispas. Al respecto (Poveda Ramos , 2003)

“Es curioso que su inventor no construyó esta máquina con el propósito de producir electrificación, y sólo quería “dar una demostración de la energía cósmica” también el profesor Edwin García en su texto argumenta que, si bien, Guericke observó tales efectos, no los describió como propiamente eléctricos. El hecho más importante fue que dotó de la idea más revolucionaria a los laboratorios de física de Europa de la época, la cual es la máquina electrostática (García Arteaga, 2018; Poveda Ramos, 2003; Landrove, 1997)

## 2.6 La fricción como causa de la atracción Francis Hauksbee (1666 - 1713)

Hauksbee, al igual que Otto Von Guericke construye una máquina generadora de electricidad, con una diferencia, la esfera ya no era de azufre sino de cristal. Con la máquina Hauksbee él quería caracterizar dos cosas: ¿Cómo ocurre el proceso de electrificación? y ¿Qué se comprende del proceso de electrificación?

Inicialmente, Hauksbee consideraba la fricción como la causa eficiente y única para la manifestación del fenómeno electrostático, al igual que William Gilbert (García Arteaga, Edwin German, 2018) y describía el proceso de electrificación así: Esta máquina funciona mediante la rotación; entonces, el objeto que se quiere electrificar, es decir, la esfera de cristal de la máquina, no está quieta y es frotado por otro cuerpo, sino que la esfera de cristal que se quiere electrificar, ahora rota sobre un eje, y es la mano de Hauksbee quien provee al cuerpo de virtud eléctrica. Es la forma contraria de realizar la electrificación de como lo hacía Gilbert. Ya no es la mano de la persona la que hace el movimiento de frotación, ahora quien se mueve es el objeto permitiendo conservar la electrificación por más tiempo debido a que se electrifica toda la esfera, esto implicó un avance significativo en la electrostática ya que proporcionó una manera más efectiva de electrificar objetos rápidamente, Así como producir fenómenos.

Respectivamente lo que se comprende del proceso de electrificación, toma otra perspectiva, porque Hauksbee estaba interesado en las explicaciones de Gilbert para la atracción, caracterizando los efluvios eléctricos como causa de la atracción entre un objeto electrificado,

y otro objeto liviano en la cercanía. Como se expuso en un apartado anterior llamado: *La Causa de la atracción es la frotación.*

Hauksbee, en aras de entender a Gilbert y observar experimentalmente los efluvios, realizó la siguiente experiencia: colgó hilos metálicos encima de la esfera de vidrio que se encontraba en un estado de rotación, y electrificada debido a la frotación, entonces, Hauksbee esperaba que con la rotación de la esfera de vidrio, el efluvio también se desplazara, acorde con las ideas de Gilbert, el efluvio debía arrastrar los hilos en la dirección de su movimiento, pero esto no ocurrió, los hilos no se movían, que experimentalmente era lo que se predecía de la idea del efluvio de Gilbert; lo que sí ocurrió, es que los hilos se mantenían rígidos apuntando hacia el centro de la esfera de cristal manifestando una atracción, entonces no había presencia de ningún efluvio o atmósfera como lo establecía Gilbert, que fuera la explicación de estos fenómenos. Entonces la concepción de efluvio perdió vigencia (Garcia Arteaga, Edwin German, 2018)

## 2.7 ¿Cómo se electrifican los cuerpos cuando no son frotados?

Cuando se empezó a describir las diferencias entre la atracción de la piedra imán y el ámbar una diferencia notoria, era que la atracción generada por el ámbar sólo se registraba en la zona donde se había frotado y la piedra imán por su parte atraía por sus polos. Pues bien esta suposición realizada por William Gilbert, Gerolamo Cardano, Niccolo Cabeo entre otros era básicamente porque aún no lograban electrificar abundantemente. Con la construcción de las máquinas y con el entendimiento de las cualidades eléctricas y no eléctricas de los materiales se logro entender que había dos maneras de comunicar la capacidad de electrificación una por medio del contacto y otra por medio de la influencia de un objeto electrizado.

## 2.8 Comunicación de la electrificación por contacto

Teniendo en cuenta las experiencias acerca de la comunicación de la electrificación entre materiales que se encuentran en contacto, el científico Sthepen Gray estableció que la electricidad se comunica entre distintos materiales al respecto:

Frotando un tubo de vidrio de aproximadamente tres y medio pies de longitud y sosteniendo una pluma ligera hacia el borde superior del tubo, halle que se dirigía hacia el tapón del corcho. Primero atraía luego rechazada por éste, así como por el tubo mismo. Me sorprendió mucho y concluí de ello que había sin duda alguna virtud atractiva comunicada al tapón por el tubo excitado (Garcia Arteaga, Edwin German, 2018, pág. 77).

algo fortuito que ocurre en la experiencia y que le permite hablar a Sthepen Gray de la comunicación de la virtud eléctrica en diferentes materiales es que el corcho que utiliza, fue pensado inicialmente para evitar que entre suciedad al tubo cuando, pero al acercar su detector, es decir, la pluma al tubo, observa que aunque el tubo atrae la pluma el corcho también lo hace, haciendo que Gray piense que de alguna manera la virtud eléctrica se comunico del vidrio al corcho por el contacto existente entre ellos.

Al establecer que existía la comunicación de la electrificación está se convirtiera en un problema en esa época, en particular el propio Sthepen Gray realizó experiencias con distintos materiales para poder encontrar de que factores podía depender la calidad de la comunicación de la electrificación.

## 2.9 Los experimentos de Sthepen Gray (1666 - 1736)

Sthepen Gray realizó el siguiente montaje: un palo de madera que tenia en un extremo una bola de marfil y en el otro extremo un corcho se encontraba suspendido de un hilo de seda. La experiencia consistía en electrificar por frotamiento un tubo de vidrio y ponerlo en contacto con el palo de madera, luego en los extremos del palo se acercaba un objeto que hacia el papel de detector el cual era una pluma. Gray observó que si bien en ambos se comunica la electrificación no es igual de intensa en el corcho y en el marfil. Al respecto dice: “Encontré que la bolita atraía y repelía la pluma con más intensidad de lo que hace el corcho”. (Garcia Arteaga, Edwin German, 2018, pág. 78)

Gray siguió experimentando para establecer de que dependía la calidad de la comunicación de la electrificación y considero el mismo ejemplo del marfil y el corcho pero sustituyó el palo de madera por otros materiales, primero una varilla de hierro y luego una de bronce he encontró el mismo efecto el marfil atraía con más intensidad la pluma que el corcho.

Por otra parte para caracterizar la comunicación de la electrificación Gray realiza dos montajes en donde el fin es el mismo: observar la calidad de comunicación de la electricidad. el primero consistía en extender un hilo metálico desde una máquina electrostática hasta una distancia considerable, el hilo era soportado por varillas de metal. Gray determinó que al final del hilo metálico donde esperaba observar electrificación no observo nada. Por el contrario en su segunda experiencia el hilo metálico no estaba soportado sobre varillas de metal sino suspendido mediante hilos de seda, al final del hilo metálico Gray observó electrificación.

Experiencias como está le permitieron a Sthepen Gray concluir que había materiales en donde se podía observar mejor la comunicación de la electrificación los cuales denomino conductores entre los que se encontraban los metales y otra clase de materiales donde la comunicación no se observaba y denominó no conductores entre los que estaban el ámbar, vidrio, el corcho. Sthepen Gray entonces determinó que la calidad de la comunicación sólo depende de los materiales en contacto.

Otro aspecto relevante que aporta Sthepen Gray al entendimiento del fenómeno eléctrico tiene que ver con la visión del efluvio como explicación de la atracción, ya que el efluvio era entendido como aquella atmósfera que se liberaba desde los cuerpos; y con las ideas nuevas de Gray pasa a entenderse como un fluido. Un fluido eléctrico que se desplaza en una dirección determinada por los objetos.

Con esta interpretación Sthepen Gray establece un nueva clasificación entre materiales que se comportaban como buenos conductores donde estaba la madera, el hierro y el cobre, aluminio etc; y materiales que no eran buenos conductores o aislantes como el corcho, la seda, el vidrio, ámbar. Se determina que existe la comunicación de la electrificación, además

que se puede comunicar mediante distintos materiales, a su vez también que hay unos materiales que comunican mejor la electrificación que otros.

## 2.10 Electrificación por presencia de cuerpos ya electrificados

Stephen Gray al realizar sus experimentos evidenció un comportamiento algo extraño para él, dicho comportamiento se manifestaba cuando acercaba un tubo electrificado a una esfera de plomo que estaba suspendida; Gray observó que la esfera era capaz de atraer y repeler limadura de hierro sin que esta haya tenido contacto con el tubo electrificado (García Arteaga, Edwin German, 2018)

Este suceso, Gray lo describió señalando que el aire se comporta como un comunicador de la electrificación, la comunicación de la electrificación por medio de los materiales era la problemática que él quería resolver; encontrando entonces que al acercar un cuerpo electrificado a otro, es decir, al utilizar el aire como cuerpo intermedio, el segundo cuerpo también exhibe electrificación.

Este fenómeno de la electrificación de materiales denominados tiempo atrás como no eléctricos o metales fue predicho por William Gilbert, él asumió que los metales, así como eran capaces de percibir la electrificación también debían electrificarse. Gray lo hizo como se describió en la experiencia anterior: el hecho de que el plomo se comporte como un cuerpo electrificado sin haber sido frotado, implica que la electrificación llegó al plomo desde el tubo, utilizando como intermediario el aire electrificado. Además, observó que si el tubo electrificado se aleja de la esfera esta va perdiendo su electrificación y después de un tiempo la pierde por completo, Gray afirmó que el aire como medio conductor no era muy bueno, por eso al aumentar la distancia el efecto disminuye.

Así Stephen Gray muestra propiedades de electrificación del aire, que antes no se habían contemplado, y que ahora son importantes para explicar la electrificación de los metales. Del mismo modo, señala en sus experimentos que está frente a una sola forma de electrificación de los materiales: por un lado, establece que la comunicación de la electrificación no depende de la distancia sino de los materiales en contacto, para el caso de la electrificación por

contacto. Por otro lado, la electrificación por la presencia de un cuerpo electrificado sí depende de la distancia, porque, al alejar el objeto electrificado de la bola de plomo el efecto de atracción iba disminuyendo. Pero lo importante de estas experiencias es resaltar que, en los dos casos hay contacto, hay cuerpos intermedios: Palos, varillas, hilos o aire (García Arteaga, Edwin German, 2018). Por ende, se deduce que hay materiales buenos comunicadores de la electricidad y otros que no lo son tanto.

## 2.11 Todos los cuerpos se pueden electrificar por si mismos, los aportes de Charles François de Cisternay Dufay (1698 - 1739)

Dufay es un químico y físico francés que recoge los planteamientos de Gray sobre la comunicación de la electrificación y establece un hecho trascendental para el entendimiento de la electrostática, el cual consiste en pensar que todos los cuerpos se pueden electrificar por si mismos: es decir por frotación. William Gilbert si bien pensaba que todos los cuerpos se debían electrificar no encontró métodos para hacerlo con los metales, hecho que si logró Dufay, quien se encontraba al tanto de los trabajos de Gray e identificó que los metales se pueden electrificar por frotación al aislarlos correctamente.

Esta idea de aislar, se desprende de la comunicación de la electrificación, porque Dufay tenía claro que la electrificación se podía comunicar a través de materiales que fueran buenos para comunicar la electrificación. Teniendo en cuenta esto, pensó en que si suspendía una barra de metal sobre soportes de seda o corcho podría hacer que la electrificación que se le comunicaba al metal, por medio de la frotación, se quedaría sobre el metal, debido a que la seda no comunica la electrificación de manera eficiente, entonces el metal debería permanecer electrificado.

Este aspecto resulta importante porque permite pensar que todos los materiales se pueden electrificar por frotación, y de este modo, Dufay establece una nueva clasificación de los materiales de acuerdo a su grado de electrificación. Es decir, ya no se es posible pensar en una clasificación donde se tengan objetos que si se electrifican y otros que no, se encuentra que, no es lo mismo electrificar un pedazo de ámbar que un pedazo de metal, si bien, el

método es el mismo: la frotación, también hay que tener en cuenta cómo se establece la comunicación de la electrificación y cómo se combinan para conservar la electrificación. En otras palabras: todos los materiales son capaces de adquirir la electrificación teniendo en cuenta que hay formas de electrificar, es decir, aislar debidamente algunos materiales.

### 2.11.1 Repulsión eléctrica

Hasta ahora la atracción ha sido el efecto que permite la caracterización de la electrificación, sin embargo, había otro efecto: la repulsión, identificada por personajes como William Gilbert, Niccolo Cabeo, Otto Von Guericke y Hauksbee, entre otros. La repulsión fue considerada como un hecho fortuito para dichos autores, y no hacia parte de los fenómenos de la electrificación. Se infiere que no fue considerado un efecto importante porque no existía experimentación suficiente al respecto, además no era posible caracterizarlo puesto que la experimentación existente se centraba en el efecto de atracción. A continuación, presentaremos algunas experiencias de Dufay que permitieron mostrar que la repulsión era un efecto tan importante como la atracción, en la comprensión de los fenómenos electrostáticos.

Dufay tiene particular interés en una situación que describió Hauksbee, quien en uno de sus experimentos observó como un tubo de tamaño considerable que había sido electrificado era capaz de atraer unas laminas de latón y luego repelerlas para después volverlas a atraer, la situación se llamó el baile del latón con el tubo electrificado, pero al respecto Hauksbee no encuentra explicación alguna. Dufay, por su parte, observa un hecho particular en el experimento: el efecto de repulsión se manifiesta justo después del contacto entre los dos materiales, Dufay lo expresa así: “Al ser atraído por un eléctrico frotado y entrar en contacto con éste, cualquier otro objeto quedaba a su vez electrificado y aparecía una fuerza de repulsión entre ellos” (Garcia Arteaga, Edwin German, 2018, pág. 84)

La repulsión parece ser un efecto más de la electrificación. Así que, es necesario para Dufay hacer nuevos experimentos: una esfera suspendida con un hilo de seda a la cual se le acercaba un tubo electrificado se veía atraída hacia el tubo, cuando entre los materiales ocurría el

contacto, justo después se producía una repulsión. En otra situación análoga, suspende dos esferas de metal con hilos de seda, luego les acerca un tubo electrificado previamente y toca las esferas, esto implica que las dos esferas se electrifican, al acercar ambas esferas se observa repulsión entre ellas. Este hecho lo conduce a describir la repulsión como un efecto más de la electrificación, que ocurre cuando algunos materiales han sido electrificados con el mismo objeto, y esto lo lleva a redefinir el fenómeno de atracción.

### 2.11.2 La nueva forma de entender la atracción

Un aporte relevante de estos trabajos es la nueva forma de entender la atracción, antes la atracción existía si un objeto electrizado se acerca a otro objeto que en principio parece no estar electrificado y simplemente es atraído. Con las ideas de Dufay la atracción existe si ambos cuerpos están electrificados, ya no es simplemente un objeto neutro que es atraído, ahora se considera como un objeto electrificado que interactúa con otro objeto electrificado. Entonces si acercamos un objeto que ha sido frotado a otro que no lo ha sido frotado ocurre un efecto de atracción pero si ocurre contacto entre los objetos aparece otro efecto, el de repulsión. Dufay con sus ideas posiciona a la repulsión como el efecto que permite organizar el fenómeno electrostático desplazando a la atracción como efecto principal de la electrificación de los materiales

### 2.11.3 La comunicación de la electrificación

Estos experimentos llevaron a Dufay a pensar respecto a la comunicación de la electrificación y que esta se podía adquirir de dos maneras en el mismo sentido que Stephen Gray lo hizo, la diferencia es que Dufay parte del hecho de que la atracción y la repulsión solo existe entre objetos electrificados, entonces la electrificación que se adquiere por la frotación la denominó propia y aquella electrificación que era comunicada por presencia de un cuerpo electrificado la denominó ajena. El hecho importante es que un mismo objeto puede obtener electricidad propia o ajena dependiendo de como sea electrificado considerando que la atracción sólo es posible si están los dos cuerpos electrificados. Los cuerpos más aptos para adquirir

electricidad ajena son los conductores, mientras que los mas aptos para adquirir electricidad propia son los aislantes (Garcia Arteaga, Edwin German, 2018, pág. 86).

#### 2.11.4 El carácter dual de la electricidad

La dualidad que propone Dufay toma por hecho la existencia de dos tipos de electricidad una ajena y otra propia. Dufay sabia que dos esferas metálicas que son electrificadas con electricidad ajena por separado al ponerlas juntas se repelen; este hecho condujo a Dufay a plantearse una hipótesis en donde el problema principal era averiguar si la repulsión que se manifestaba entre las dos esferas también se manifestaba entre una de las esferas y otros objetos electrificados con electricidad ajena. Al respecto Dufay.

Un examen a estas cuestiones me llevó a un descubrimiento que nunca había previsto... este principio es que existen dos tipos de electricidad vítrea y a la otra electricidad resinosa. La primera es la del vidrio, cristal de roca, pelo de animales, lana y otros cuerpos, la segunda es la del ámbar, copal, goma, seda, hilo, papel y un vasto número de otras sustancias. La característica de estas electricidades es que los cuerpos con electricidad vítrea repelen a los de la misma electricidad y, por el contrario atraen aquello de electricidad resinosa (Garcia Arteaga, Edwin German, 2018, pág. 87)

Podemos entender la dualidad de Dufay estableciendo la siguiente situación: una esfera A con electricidad propia se acerca a una esfera B que esta aislada, inicialmente la esfera B adquiere electricidad ajena y sucede un efecto de atracción entre A y B; cuando hay contacto por la atracción generada aparece un efecto de repulsión entre A y B esta repulsión ocurre por tener electricidades iguales (vítrea o resinosa). Ahora una tercera esfera C que esta electrificada se acerca y entra en contacto con B. Entonces pueden ocurrir dos situaciones: Por un lado si se presenta una atracción implica que B y C tienen una electrificación diferente (vítrea o resinosa) que A porque la atracción ocurre entre objetos con distinta clase de electrificación. Por otro lado si ocurre una repulsión implica que B y C tienen la misma clase

de electrificación que A (vítrea o resinosa). Porque como estableció Dufay dos objetos con la misma clase de electrificación se repelen

## 2.11 Consideraciones de la teoría de campos como modelo explicativo de los fenómenos electrostáticos.

Hay dos formas diferentes de abordar los conocimientos en torno a los fenómenos electrostáticos: una con base en una concepción de acción directa, a distancia e instantánea, apoyada en la visión Newtoniana de la materia, y la otra, que niega la anterior, es la concepción de campos, fundamentada en la idea de acción contigua, es decir, la electrificación no reside en los cuerpos sino en el medio mismo, entendiendo el medio como otra forma de estar de la materia, entonces la materia y el medio comprenden entidades inseparables entre si. A continuación, se caracterizan ambas perspectivas para poner en evidencia sus diferencias, asimismo, cuál de estas está en estrecha relación con el desarrollo de la electrostática que se hizo en los numerales anteriores.

La teoría de acción a distancia parte de la existencia real del espacio, el tiempo y la materia. Además de considerarlos independientes entre si, la materia es la única susceptible de cambios y solo ella puede ser causa de los mismos. Para los fenómenos electrostáticos de entrada nos obliga a suponer y dar por real la existencia del átomo y sus partes, estableciendo que los efectos electrostáticos son producidos por los electrones, alejándose de la exploración sensorial, además se establece dos tipos de carga una positiva y una negativa a partir de la interacción entre partículas, donde los fenómenos de atracción y repulsión son hechos verificadores de la teoría.

En cambio, la perspectiva de campos tiene una base genuinamente experimental (Garcia Arteaga, Edwin German, 2018) en ese sentido, la experimentación en electrostática pone en primer plano la exploración sensorial, siendo los sentidos los primeros detectores de los fenómenos. Entonces, esta perspectiva teórica no tiene condiciones iniciales, y no permite asumir la existencia de conceptos como el átomo, como base para la explicación de los fenómenos electrostáticos.

Es importante tener en cuenta que los científicos recopilados en esta investigación, realizan sus experiencias sin tener a la base la idea de una teoría de campos, es decir, el desarrollo histórico de la electrostática ocurre de manera natural, como una forma de conocer el comportamiento de la naturaleza. Con los trabajos posteriores de Michael Faraday (1791 - 1867) Y James Clarck Maxwell (1831 – 1879), es donde se consolida la idea de campo, como el medio (espacio) que es capaz de comportarse como fuente y lugar de los fenómenos, y donde se determina que la acción de un cuerpo cargado sobre otro separado cierta distancia requiere un determinado tiempo y que la acción se transmite por medio de la perturbación de cada parte del campo como una acción continua.

A continuación, por medio de un cuadro identificamos aspectos relevantes de la perspectiva de campo, y la perspectiva atómica; estos aspectos permiten caracterizar ambas perspectivas y diferenciarlas entre si. Este cuadro también se hace con la intención de reconocer por parte del autor las diferencias ontológicas, epistemológicas que tienen ambas posturas.

<b>Elementos de orden teórico</b>	
<i>Elementos de la teoría de campos</i>	<i>Elementos de la teoría atómica</i>
Los procesos y cambios no se efectúan solamente en los cuerpos materiales; el espacio existente entre ellos también es sede de cambios. Esta interacción se ejerce paso a paso a través del medio. Ello es coherente con la interpretación de que el espacio es prolongación de la materia y, así, interviene en la interacción.	La concepción newtoniana entiende el espacio como sede de las acciones, es decir, el espacio es homogéneo e isotrópico. Donde el cuerpo es a la vez sede y origen de la acción eléctrica o el efecto mecánico que se observa. Dando pertenencia a pensar que las acciones suceden sin importar el espacio donde se encuentren.
Tiene una base netamente experimental, la experimentación es la que permite la organización de los fenómenos.	La materia, el espacio y el tiempo son entidades separadas, absolutas e independientes.
La electrificación existe a partir de una interacción entre materiales, interacción que no puede ser instantánea porque depende del medio, entonces, no es posible pensar en la	Las fuerzas son consideradas como aspectos particulares de las interacciones entre los materiales, sin explicaciones procedimentales, es decir, sin pensar en la causa de la fuerza.

existencia de objetos electrificados de forma aislada.	
La electrificación por inducción permite pensar en la comunicación de la electrificación por distintos materiales puesto que el aire se considera un medio	La interacción eléctrica se ejerce instantáneamente y a distancia, de acuerdo con la ley de Coulomb del inverso del cuadrado.
La electrificación es asumida como un modo de estar más que como una propiedad inherente a la materia.	Se acepta de forma general que los fenómenos eléctricos de atracción y repulsión entre cuerpos cargados eran debidos a uno o dos fluidos eléctricos

## Capítulo tercero: La física desde una perspectiva fenomenológica.

### 3.1 Perspectiva fenomenológica.

La perspectiva fenomenológica para la enseñanza de la física que se quiere visibilizar, en aras de comprender los fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión, se caracteriza por basarse en la exploración sensorial como forma de conocer, es decir, el estudiante comprende estos fenómenos de atracción y repulsión en la medida que los identifica, los observa y los caracteriza, por medio de su experiencia; permitiendo que el estudiante conozca en la medida que organiza y extiende sus experiencias. Entonces, el conocimiento no se recibe pasivamente, ni a través de los sentidos únicamente, ni por medio de la comunicación, sino que es construido activamente por el sujeto que quiere conocer. Al respecto:

En primer lugar, señalamos que fenómeno y sujeto constituyen una unidad. No aceptamos el fenómeno como una realidad en sí misma, ni tampoco que la conciencia existe en sí misma: consideramos que hay una relación de doble vía entre ellas. Como se plantea en la fenomenología de Husserl y Heidegger: 'Detrás' de los fenómenos de la fenomenología, por esencia no hay ninguna otra cosa. [...] Y precisamente se requiere de la fenomenología porque los fenómenos inmediata y regularmente no están dados (Osorio Sandoval, Sandra; Malagon Sanchez, Jose Francismo; Garzon Barrios, Marina; Ayala, Maria Mercedes; Tarazona Vargas, Liliana, 2018)

Entonces en la fenomenología, lo característico es la posibilidad de conocimiento del mundo a partir de la percepción establecida por el sujeto. Los objetos no son los que están ahí afuera, externos al sujeto, sino al contrario, son objetos cuando está en su pensamiento con características y cualidades con las cuales se le puede referir, son referencias posibles ya que el objeto se muestra ante sus percepciones (Sanabria, Juan Sebastian, 2018).

El perfil fenomenológico que proponemos, visibiliza la relación sujeto - objeto, en ese sentido, el fenómeno se establece en la medida que el sujeto puede generar explicaciones sobre lo que observa, para posteriormente organizar esa experiencia que lo conduce a nuevas formas de hablar, cada vez más elaboradas. Un grupo de investigación de la universidad pedagógica hablan de la importancia de la relación sujeto - objeto. Al respecto:

A propósito de la relación sujeto-objeto: Esta relación se entra a significar de una manera particular superando la separación entre sujeto y objeto, es decir, entre conciencia perceptora y ser percibido, que caracteriza los enfoques tradicionales empirista, realista e idealista; y en virtud de la cual toda experiencia de conocimiento suele desplazarse a un plano de exterioridad frente a la realidad. Por ello se plantea, en consonancia con las ideas Husserlianas, que la necesidad del conocimiento se relaciona con la intención de dar cuenta de las cosas que aparecen a nuestra conciencia, de aquello que se nos da como «cosa misma». De allí que no se juzgue pertinente entrar en el terreno de preguntas fundamentales para la filosofía clásica tales como la existencia de las «cosas en sí» o la existencia de las «cosas para mí»; por lo tanto, el acto de conocer se remite inicialmente y en lo fundamental a la descripción de la cosa misma en cuanto nos es dada, en cuanto aparece a nuestra conciencia, es decir el fenómeno (Chaparro, Orozco, Gonzales, Pedreros, & Vallejo, 1996, pág. 122).

Estos planteamientos son sustento para esta investigación, porque para nosotros es en ese sentido que entendemos el conocimiento y su construcción; entonces el conocimiento es una construcción del ser humano que se transforma en formas de hablar que se nutren con la experiencia; experiencia que debe tener una orientación la cual está determinada por el profesor y su intención en el aula, nuestra intención es generar formas de hablar de los fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión por medio de actividades experimentales.

Cabe resaltar que, no aceptamos perspectivas de orden positivista, es decir, donde el conocimiento es entendido como un objeto que se descubre y que tiene características

propias, como el átomo, que se considera un objeto presente en la naturaleza y no como una idea de los científicos en aras de explicar sus observaciones (Guzman , Ricardo, 2005). Si bien, son teorías que han permitido el desarrollo de la sociedad y la propia ciencia, en una educación inicial en ciencias como la de grado sexto, estas teorías no son entendidas, ni tienen un valor pedagógico para los estudiantes, en la medida que ellos no pueden generar formas de hablar coherentes con la teoría y en relación a hechos de su cotidianidad.

### 3.2 Estructura fenomenológica para la construcción del fenómeno electrostático.

Cuando se deben ejecutar estrategias que vinculen al estudiante con el conocimiento, se busca encontrar situaciones que permitan establecer la relación del conocimiento con situaciones del mundo real, un ejemplo lo podemos encontrar en el estudio del movimiento. Cuando se trabaja este tipo de temáticas asociadas a la mecánica de los cuerpos, como lo es el movimiento, entonces, los fenómenos mecánicos tienen una relación más directa con los estudiantes en la medida que ellos pueden observar el movimiento en distintos objetos, asimismo, tener experiencias propias con el movimiento, esto es, para el estudiante una referencia fenomenológica a partir de la cual le da sentido a los términos utilizados en la teoría, los estudiantes pueden establecer referentes fenomenológicos que vinculan la teoría con el saber práctico, por el contrario en lo que respecta a los fenómenos electrostáticos no se tiene dicha experiencia.

En ese sentido, en el caso de la electrostática no existen unos referentes fenomenológicos, a pesar de todos los aparatos eléctricos que rodean a las personas, asimismo, experiencias con los sentidos que involucran la electricidad estática, como atracción de papelititos, corrientazos, chasquidos al quitarse un saco de lana, etc. Estos hechos que en la cotidianidad se suelen explicar desde otros semblantes poco o nada relacionados con la actividad científica, conforman una base fenomenológica insuficiente para el estudio de la electrostática.

Entonces se vuelve pertinente construir con los estudiantes una base fenomenológica para el entendimiento de la teoría electrostática, la cual se desarrollará entorno a los siguientes situaciones problema.

- Un primer aspecto problemático para abordar es la distinción entre lo eléctrico y lo magnético, para lo que se recurre a un acercamiento de los fenómenos de atracción, con la intención de observar, y luego establecer, que la atracción que genera un objeto frotado tiene unas características particulares a la atracción que genera el imán.
- El segundo aspecto problemático que se debe abordar, es el de la electrificación por el frotamiento entre los materiales, para lo cual se recurre a su efecto más evidente el de atracción,
- El tercer aspecto problemático se refiere a las condiciones del paso de electricidad, el carácter dual de la electricidad y la identificación de la repulsión como otro efecto de la electrificación.

### 3.3 Relación teoría - experimento para la enseñanza de la electrostática.

El avance del conocimiento que concierne a la física se ha desarrollado de distintas maneras, pero, se caracterizan dos: por un lado, un desarrollo desde el mundo de las ideas y las abstracciones, dando origen a modelos explicativos, donde se indica el carácter matemático de los planteamientos teóricos, que expresan alto grado de coherencia, es decir, la física se caracteriza por sus teorías y su validez a través de las matemáticas, por otro lado, se hace énfasis en el acuerdo o concordancia entre los planteamientos teóricos y la forma como funciona el mundo físico, o, en otros términos, en la validez empírica de dicho conocimiento, (Malgon, Jose Francisco; Ayala, Maria Mercedes; Sandoval Osorio, Sandra, 2011).

Esta última, se ajusta a la perspectiva fenomenológica planteada, porque se puede evidenciar que en la historia de la ciencia para el desarrollo de la electrostática, hay una relación entre el experimento y la teoría, asimismo una forma de proceder, en donde el experimento sobresale como método de construcción de la teoría, y no la teoría organiza los experimentos, esta última situación muy recurrente en la institución de práctica, lo cual induce a los estudiantes a una visión errada de la actividad científica.

Lo que queremos significar no es la importancia del experimento sobre la teoría, lo cual es evidente en la electrostática, por el contrario, queremos hacer explícita la pertinencia de esta relación en la construcción de conocimiento, al respecto: La ciencia es filosofía y técnica, un híbrido de teorización y experimentación, que no podría sobrevivir sin la riqueza que le otorga la mestiza interacción entre ambas fases o dimensiones. Con base a esta relación se hace posible una ruta adecuada bajo la cual se organiza intencionalmente el experimento, y el conjunto de fenómenos a analizar”. (Malgon, Ayala, & Sandoval Osorio, 2011, pág. 19).

### 3.4 El experimento en el aula escolar

Las prácticas docentes, si bien, pueden ser muy variadas hay una tendencia en la enseñanza de la física, estas tendencias tienen que ver con la forma en la que se entiende y se utiliza el experimento en el aula. Aunque el experimento para el profesor representa una parte fundamental para la enseñanza, el enfoque con el que se trabaja regularmente lo ubica como un elemento secundario en la actividad científica, es decir, el experimento aparece en el escenario educativo sujeto a tres perspectivas principales: una, en la que se considera que la actividad experimental en las clases de ciencias debe recrear las condiciones en las cuales se da la actividad de las comunidades científicas; otra, en la cual se asume una distancia entre la experiencia en el campo de la actividad científica y la educación en ciencias (Malagon Sanchez, Ayala Manrique, & Lugo, 1992) y una tercera, en la cual se ve que la actividad experimental está en estrecha relación con la comprobación de teorías científicas, entonces, el experimento es un elemento verificador de teorías.

Estas posturas se deben a las consideraciones epistemológicas y pedagógicas que se encuentran a la base, en donde el punto de partida para la enseñanza de las ciencias son los resultados producidos al interior de las comunidades científicas y estandarizados en los currículos de ciencias, en ese sentido el experimento se ubica en un segundo plano en la medida en que aparece o bien sea al inicio de las explicaciones en el aula como elemento demostrativo, o al final de las explicaciones como elemento verificador, en cualquiera de las

dos circunstancias considero que es entendido como una actividad ajena a la construcción del conocimiento.

### 3.5 El papel del experimento en el desarrollo de la electrostática

En la caracterización de los episodios históricos que permitieron la construcción de las explicaciones para los fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión se evidenció que los experimentos planteados por los científicos buscaban generar nuevos efectos, o mejorar los existentes, entonces, se infiere de estos episodios históricos que el experimento tiene un papel fundamental en la producción de efectos sensibles, es decir, hacer que el fenómeno sea visible y de alguna manera se pueda controlar. Además la organización que resulta permite construir posteriores explicaciones de los comportamientos de la naturaleza.

El papel del experimento en la electrostática es comprendido como base para la elaboración del conocimiento sobre los fenómenos de atracción y repulsión por medio de métodos y dispositivos que permiten establecer un vínculo entre el mundo de las ideas y el mundo de lo sensible. Entonces el experimento fue rara vez llevado a cabo con el objetivo de verificar hipótesis, por el contrario era diseñado para obtener conocimiento a partir de la observación y la experimentación, para saber como se comporta la naturaleza en condiciones que difícilmente se darían en ella de manera espontánea, en las que no se encontraría sino se actuara sobre ella

### 3.6 La actividad experimental para la enseñanza de la electrostática

Analizando los numerales (3.4) y (3.3) se puede establecer que hay una diferencia sustancial entre el papel que desempeña el experimento en el desarrollo de los conocimientos acerca de electrostática, y el papel que ocupa en la enseñanza en el aula escolar. En ese sentido, plantear el papel del experimento en el aula implica pensarlo como una actividad que permite la ampliación de la experiencia de los estudiantes para la formalización de relaciones y para la concreción de supuestos conceptuales (Malgon, Ayala, & Sandoval Osorio, 2011) es decir,

el experimento crea condiciones propias de la naturaleza, que en condiciones normales son difíciles de observar.

Como sucede en los fenómenos electrostáticos que si bien, estos se manifiestan en la naturaleza y en la cotidianidad, estas experiencias no permiten su estudio en el aula, mientras que por medio del experimento se pueden hacer observaciones dirigidas en aras de otorgarle características a los fenómenos. Por eso desde el punto de vista pedagógico, la actividad experimental es poco relevante cuando se la reduce a la verificación de relaciones conceptuales construidas en el campo de la ciencia.

Entonces el experimento debe estar presente durante toda la actividad en el aula, en la medida que el experimento también se modifica conforme se modifica la experiencia de los estudiantes, es decir, un mismo experimento permite hacer diferentes observaciones, que están sujetas a una intención. En el caso de la electrostática, la atracción de papelitos por un globo frotado, es un experimento que permite estudiar la electrificación de los materiales, como también el efecto de atracción entre materiales, lo cual reiteramos va determinado por la intención de la observación. Entonces el experimento está presente como un elemento que permite cuestionar el conocimiento, o sea plantear hipótesis, asimismo, buscar su solución que en muchos casos terminan derivando en nuevas experiencias y nuevas observaciones que amplían y nutren la experiencia de los estudiantes. De otra manera, el experimento debe estar presente en la enseñanza de la electrostática como un elemento que permite la producción, análisis y organización de efectos sensibles.

## Capítulo cuatro: propuesta de actividades para la construcción de explicaciones a los fenómenos electrostáticos: la atracción y la repulsión.

En este capítulo se plantea la secuencia de actividades en concordancia con la investigación realizada en capítulos previos, esto es, darle un sentido pedagógico a los episodios de la historia de la ciencia que se identificaron como relevantes en la construcción de explicaciones de los fenómenos electrostáticos desde una perspectiva fenomenológica, además, en los episodios identificados el papel del experimento está direccionado a la construcción de conocimiento y no como validador del mismo.

## Actividad numero 1: lo eléctrico y lo magnético.

### Objetivo de aprendizaje:

Caracterizar que el efecto de atracción que genera un imán es diferente al que genera un globo frotado.

### Preguntas orientadoras.

¿Puede el imán atraer objetos de distintos materiales como papel, lana, algodón, cabello?

¿Puede el globo frotado generar atracción de papelitos, si se interpone entre ellos una pantalla de acrílico?

¿Puede el imán generar atracción de un objeto, si se interpone entre ellos una pantalla de acrílico?

### Episodio de la historia de las ciencias

Los estudios de Gerolamo Cardano, para el autor de esta propuesta son considerados como el punto de partida para el estudio de la electrostática porque permite, mediante la observación, que el estudiante evidencie que la atracción que genera un imán es diferente a la que genera un objeto frotado, desligando la idea que tienen algunos estudiantes de que ambos fenómenos son de naturaleza similar, por su carácter atractivo.

# Diferenciando las atracciones

## PARTE 1

### Materiales.

- Globo
- Paño
- Imán
- Papel cortado
- Puntillas de hierro pequeñas
- Puntillas de acero pequeñas
- Un cuadrado de acrílico de 10x10
- Cabello
- Plástico cortado
- Lana
- Algodón
- Tuercas
- Tornillos
- Broches

1. Con el paño frota un globo, después de frotarlo intenta atraer: Papel cortado, cabello, lana, algodón, plástico cortado

2. Ubica la placa de acrílico entre el globo frotado y el objeto que deseas atraer.

1. Con el imán intenta atraer: puntillas de hierro, puntillas de acero, broces, tornillos, tuercas.

2. Ubica la placa entre el imán y los objetos, he intenta atraer: puntillas de hierro, puntillas de acero, broces, tornillos, tuercas

## PARTE 2

### De acuerdo con nuestras observaciones

1. Frota el globo he intenta atraer: Papel cortado, cabello, lana, algodón, plástico cortado  
¿Por qué crees que se atraen?

---

---

---

Ubica el acrílico entre el globo frotado y los materiales.

2. ¿puedes atraer el globo frotado papel cortado, cabello, lana, algodón, plástico cortado, cuando ubicas la lamina de acrílico entre el globo y los materiales? ¿Por qué crees que pasa?

---

---

---

### De cuerdo con nuestras observaciones:

1. Con el imán intenta atraer: puntillas de hierro, puntillas de acero, broces, tornillos, tuercas.

¿Por qué crees que se atraen?

---

---

---

Ubica el acrílico entre el imán y los materiales.

2. ¿puedes atraer con el imán puntillas, broches, tornillos, tuercas, cuando ubicas la lamina de acrílico entre el imán y los materiales? ¿Por qué crees que pasa esto?

---

---

---

## Actividad numero 2: Comportamiento de los materiales a causa de la frotación

### Objetivo de aprendizaje

Caracterizar que la acción de frotar el globo es lo que permite observar el fenómeno de atracción de papelitos.

### Preguntas orientadoras.

- ¿Puedes atraer papelitos con el globo sin haberlo frotado?
- ¿Si frota un gancho de ropa, un esfero, una regla, con un paño y lo acercas a unos papeles pequeños observas atracción?
- ¿Si se frota un tubo de PVC con un globo, puedes atraer papelitos con el tubo de PVC?
- ¿ Si se frota un tubo de PVC con un globo, puedes atraer otros materiales como, plástico, lana, cabello?

### Episodio histórico

Las investigaciones de William Gilbert, en torno a la producción de efectos sensibles y su descripción, permiten establecer que los materiales pueden cambiar su comportamiento si, y solo si, son frotados con otro material. Este cambio se evidencia cuando: el material es frotado, evidentemente no cambia pero si lo acerco a objetos como papelitos éste los atrae, en cambio, sino lo froto evidentemente no observo nada y al acercarlo a los papelitos tampoco, entonces, la frotación se establece como causa de la electrificación, asimismo la atracción.

## Produciendo atracciones.



### Materiales.

- Globo
- Paño
- Tubo PVC
- Papelitos cortados
- Plástico cortado
- Regla plástica
- Tubo de vidrio
- cabello

Ahora frota otros materiales con el paño, frota un globo, tubo de PVC, una regla que no sea metálica, un tubo de vidrio, un gancho plástico he intenta atraer otros materiales

### De acuerdo con nuestras observaciones

1. ¿Puedes atraer papelitos cortados, plástico cortado, cabello, lana, algodón, con el globo sin haberlo frotado? ¿Por qué crees que pasa esto?.

---

---

2. ¿puedes atraer papelitos cortados, plástico cortado, cabello, lana, algodón, con un tubo de PVC frotado? ¿Por qué crees que se atraen?.

---

---

3. ¿Puede el tubo de PVC atraer papelitos cortados, plástico cortado, cabello, lana, algodón sin haber sido frotado?.

---

---

4. puedes atraer papelitos cortados, plástico cortado, cabello, lana, algodón, con una regla frotada? ¿Por qué crees que se atraen.

---

---

5. ¿Puede el tubo de vidrio atraer papelitos cortados, plástico cortado, cabello, lana, algodón sin haber sido frotado?

---

---

6. ¿Cuál crees tú que sea la causa de que los distintos materiales puedan atraer a otros materiales?

---

---

### Actividad numero 3: Descubriendo la Repulsión

#### Objetivo de aprendizaje

Identificar la repulsión como otro efecto de la electrificación.

#### Pregunta orientadora

- ¿Qué ocurre cuando froto dos globos con el mismo objeto?

#### Episodio de la histórico

Las investigaciones de Sthepen Gray y Dufay, acerca del comportamiento de los materiales al estar en contacto, llevo al concepto de comunicación de la electricidad, a partir de este hecho, aparecía otro efecto importante en la organización de la electrostática, la repulsión

# Descubriendo la repulsión

## PARTE 2

### PARTE 1

#### Materiales.

- Paño
- Globo
- hilo
- Bola de icopor
- 2 esferos

En equipos conformados por parejas: amarrar una bola de icopor con hilo a un esfero. Este procedimiento lo harán dos veces para obtener dos bolas de icopor suspendidas con hilo luego con un paño frota las bolas y acércalas.

Juntando los extremos de los esferos

De acuerdo con nuestras observaciones

¿Qué ocurre cuando frota una bola de icopor y la acercas a otra bola de icopor que no ha sido frotada?

---

---

---

¿Qué ocurre cuando frota ambas bolas de icopor con un paño y las acercas? ¿Por qué crees ocurre?

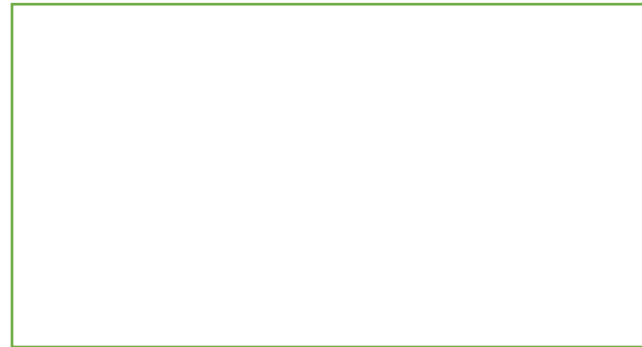
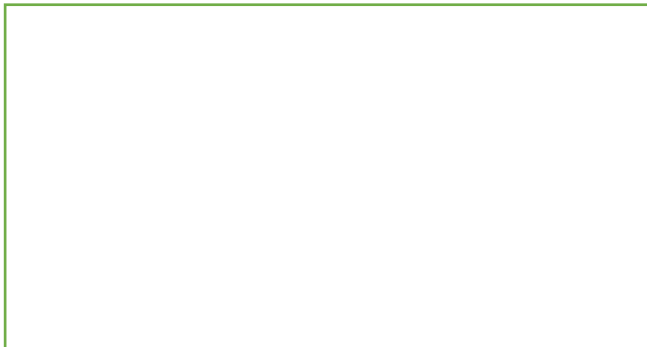
---

---

---

En los dos cuadros de la parte de abajo realiza los siguientes dibujos, uno mostrando el comportamiento de las bolas de la situación uno y otro mostrando lo ocurrido comen la situación dos

### PARTE 3



## Conclusiones

El desarrollo de este trabajo permitió configurar una mirada de los fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión, y la forma en la que estos se construyen a partir del análisis de episodios históricos de la física. El estudio histórico posibilitó, por un lado, reconocer la historia de las ciencias como ciencia complementaria, que contribuye a la comprensión del conocimiento científico, y que permite reflexionar en torno a aquellos problemas y situaciones que los científicos plantearon en aras de proveer explicaciones a sus experiencias y observaciones. Por otro lado, permitió por parte del docente en formación reconocer que la ciencia se construye en virtud de unos procesos de formalización debido a la experiencia, la observación y su sistematización.

El análisis de los episodios históricos de la ciencia también permitió caracterizar cómo se estableció el conocimiento sobre los fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión, en ese sentido, el conocimiento surge a través de la exploración sensorial, que modifica las experiencias, permitiendo comprender que el fenómeno no existe con identidad propia, sino que existe en la medida que los sujetos lo caracterizan y lo comprenden, configurando así una perspectiva fenomenológica que genera explicaciones sobre dichos fenómenos con base en la experiencia.

Se reconoce el experimento como una actividad que permite la construcción de situaciones de la naturaleza que difícilmente se presentan en la cotidianidad, como atraer objetos, éste efecto que visibiliza las propiedades eléctricas del medio. En ese sentido, en el estudio de los episodios históricos el papel del experimento es producir efectos, y ampliar experiencias que resultan en formalizaciones y/o explicaciones a los fenómenos observados. Entonces, el experimento es un generador de conocimiento en la medida que permite ampliar la experiencia de los estudiantes. Y no un validador de teorías como se le caracterizó en la institución de práctica.

Al final se consolidó una propuesta que recoge los episodios históricos, la perspectiva fenomenológica y el papel del experimento como generador de experiencias sensibles que acerca a los estudiantes al entendimiento de los fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión a través de la experiencia.

Por último, se concluye que es pertinente enseñar la teoría electrostática a los estudiantes de grado sexto, pues estos temas aportan elementos conceptuales que les servirán para desenvolverse en ámbitos de estudios posteriores, reconociendo los fenómenos electrostáticos en virtud de unos procesos, y organización de las experiencias, y no en relación a las teorías, que resultan ser poco significativas para los estudiantes, como se evidenció en la institución de práctica.

## Bibliografía

- Acosta Ojeda, Diego Fernando. (2017). *de la actividad experimental y los textos de autoaprendizaje: un acercamiento a la comprensión de los fenómenos electrostáticos para estudiantes autodidactas*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Albornoz, Paola Andrea. (2019). *Análisis conceptual del tratado de J.C Maxwell desde la perspectiva de campos para la enseñanza de la electrostática*. Bogotá: Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- Álvarez , Camilo Andres, (2020). *Análisis histórico del trabajo de Cavendish con la balanza de torsión: una reconstrucción para pensar el papel del experimento*. Bogotá : Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- Becquerel; Becquerel, Edmundo. (1865). *Resumen De La Historia De La Electricidad y El Magnetismo*. Madrid: Imprenta Nacional.
- Candía, Alexis Fabián. (2019). *Estudio de la electricidad desde los trabajos realizados por Michael Faraday: historia y experimentación en el aula*. Bogotá: Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- Chaparro, Clara Ines; Orozco, Juan Carlos; Gónzales, José; Pedreros, Rosa Ínes; Vallejo, Jorge. (1996). introducción a la física de procesos desde una perspectiva fenomenológica. *Texto de la ponencia presentada al "III Simposio sobre la Enseñanza de las Ciencias en la Educación Básica y Media", Investigación y formación de docentes*, Bogotá.
- Cruz, Aldrin. (2017). *Propuesta didáctica para la enseñanza de algunos conceptos básicos de electrostática*. Bogotá: Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- De la Fond, M. Sigmaud. (1771). *Resumen Histórico y Experimental De Los Fenómenos Eléctricos*. Paris: Imprenta Real.
- Furio, C; Guisasola, J. (1998). Problemas Históricos y Dificultades De Aprendizaje En La Interpretación Newtoniana De Fenómenos Electrostáticos. *Enseñanza de las ciencias*, 165-188.
- García Arteaga , Edwin German. (2015). Análisis Histórico - Critico del fenómeno eléctrico. Hacia una visión de campo. *Física y Cultura*, 73-92.
- García Arteaga, Edwin German. (2018). *la actividad experimental en electrostática aportes históricos para la didactica de la física*. Cali: universidad del valle.

- Gilbert, William. (1956). *De magnete*. Mexico: Limusa.
- González, Antonio Moreno. (2006). atomismo vs energitismo: controversia científica a finales del siglo XIX. *Enseñanza de las ciencias*, 411 - 428.
- González, J. M. (2016). *El efecto Hall: hacia la conceptualización de la corriente eléctrica analisis historico y experimental* . Bogotá : universidad pedaoggica nacional.
- Guzmán, Ricardo. (2005). ¿Existen Los Electrones? *Revista Colombiana De Filosofia De La Ciencia*, 143-154.
- Jader cano; Juan Gomez; Ivan Cely. (2009). *La enseñaza del concepto de corriente eléctrica desde un enfoque histórico - epistemologico*. Medellin: Universidad de antioquia.
- Landrove, Rafael Martin. (9 de enero de 1997). *World Wide Web*. Obtenido de evolucion del pensamiento científico: <http://fisica.ciens.ucv.ve/~rmartin/hfishtm/heyml.html>
- Macías, Francisco Solano. (2003). *Enseñanza de la Electricidad desde una perspectiva constructivista en los diferentes niveles del sistema educativo: determinación de preconcepciones y propuesta de la utilización de nuevas metodologías didácticas para su corrección*.
- Malgón Sánchez, José Francisco; Ayala Manrique, María Mercedes y Lugo, P. (1992). Una Perspectiva Fenomenológica Para La Enseñanza Del Electromagnetismo a Nivel Introductorio. *Revista De Enseñanza De La Física*, 39-44.
- Malagón Sánchez, José Francisco; Ayala Manrique, María Mercedes; Sandoval Osorio, Sandra. (2011). *El experimento en el aula comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Fondo editotial Universidad Pedagógica Nacional.
- Osorio Sandoval, Sandra; Malagón Sánchez, Jose Francismo; Garzón Barrios, Marina; Ayala, María Mercedes; Tarazona Vargas, Liliana. (2018). *Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Poveda Ramos, Gabriel. (2003). *La electricidad antes de Faraday*. Medellin: Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia.
- Psillos, Dimitris. (s.f.). *Enseñar la Electricidad Elemental*. Grecia: Aristotle University of Thessaloniki.

- Ricardo Vanegas, Andrea Paola. (2014). *Diseño y construcción de prácticas experimentales para la enseñanza del movimiento de proyectiles*. Bogotá: Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- Rodriguez Ortiz, Erikson. (2017). *Propuesta de aula desde el experimento de Heinrich Hertz para la construcción de ideas alrededor de la existencia de las ondas electromagnéticas*. Bogotá: Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- Sanabria, Juan Sebastian. (2018). *El Aula Inclusiva como un Escenario de Reflexión para la Enseñanza de la Física: La Fenomenología del Sonido*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sandoval Osorio, Sandra; Malagon, Jose Francisco; Ayala, Maria Mercedes; (2014). El lenguaje y la construcción de fenomenologías: el caso del efecto volta. *revista brasilera de historia de las ciencias*, p 203-213.
- Triana, Diego Andrés. (2020). *Introducción a la teoría de campo electromagnético desde una perspectiva histórica. un papel para la historia en la formación de maestros en física*. Bogotá: Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- Ulloa Cataño; Peque Burgos Andrea Estefania; David Alexander. (2014). *Caracterización de los fenómenos electrostáticos desde una perspectiva de campos*. Bogotá: Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- Uribe, Angela Camargo. (2007). *La construcción de sentido en el discurso científico*. Tunja: Cuadernos de Lingüística Hispánica.
- Vargas, Viviana Marcela;. (2016). *El experimento como generador de conocimiento en el estudio de un sistema físico complejo. el caso del circuito eléctrico de corriente continua (ces-cc)*. Bogotá : Repositorio Universidad Pedagógica Nacional .
- Villanueva, José Antonio. (1995). Jean-Antoine Nollet y La Difusión Del Estudio De La Electricidad: Un Nuevo Léxico Para Una Nueva Ciencia. *L'«universalité» du français et sa présence dans la Péninsule Ibérique*, 1-10. Obtenido de <http://dfe.uab.es/neolcyt/images/stories/estudios/electricidad/mor1996.pdf>