

**“CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍA,  
EXPERIMENTO Y ACTIVIDAD DEL SUJETO:  
EL CASO DEL MAGNETISMO”**

**MARTHA LUCÍA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ**



**MARIA MERCEDES AYALA MANRIQUE**

**Asesora**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**“CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍA,  
EXPERIMENTO Y ACTIVIDAD DEL SUJETO:  
EL CASO DEL MAGNETISMO”**

**MARTHA LUCÍA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado como requisito para optar el título de  
Master en Docencia de las Ciencias Naturales**

**MARIA MERCEDES AYALA MANRIQUE**

**Asesora**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ, 2014**


## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda.

A la profesora María Mercedes Ayala por su paciencia y el tiempo dedicado para el desarrollo del trabajo que presento a continuación.

A mi hermana Luz Dary Rodríguez y a su esposo Ángel Romero quienes a pesar de la distancia me colaboraron con sus consejos y apoyo para terminar este proceso.

*Dedico este trabajo a mi Familia, por su  
paciencia, colaboración y apoyo  
incondicional durante el tiempo que he  
dedicado a mis estudios en beneficio de  
todos para construir un mejor futuro.*

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>República de Colombia</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página v de 90</b>	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Tesis de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Construcción de Fenomenología, Experimento y Actividad del sujeto: El caso del Magnetismo.
<b>Autor(es)</b>	Martha Lucía Rodríguez Rodríguez
<b>Director</b>	María Mercedes Ayala Manrique
<b>Publicación</b>	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2014, Págs. 90
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	Fenomenología, experimento, observación, experiencia, ampliación de la experiencia, sensación, lenguaje, polos, polaridad, líneas de fuerza.

<b>2. Descripción</b>
<p>En este trabajo se describe la problemática en el contexto de la enseñanza de la física y en particular del campo del magnetismo en un nivel introductorio, especificando la imagen de ciencia que esta problemática involucra.</p> <p>Esta imagen de ciencia, caracterizada por la firme convicción en la objetividad de la naturaleza y sus leyes, las prácticas de laboratorio como estrategia neutral para observar fenómenos y el privilegio que se le da al lenguaje especializado frente al lenguaje común que convierte la familiarización con los términos científicos y uso de algoritmos en el centro de la enseñanza de las ciencias, elimina al sujeto en los procesos desarrollados en el aula. Las implicaciones y limitaciones que se derivan para la formación de los estudiantes y con ello para la construcción de un futuro de nuestra sociedad lleva a tomarlo como un problema que amerita ser abordado y</p>

superado en nuestras prácticas pedagógicas.

Como punto de partida se considera que el enfoque fenomenológico da respuesta a esta problemática. Se fundamenta y caracteriza la forma como es asumida la perspectiva fenomenológica adoptada en la investigación, mostrándola como una manera de reivindicar el sujeto en los procesos cognitivos desarrollados en las clases de ciencias, en particular en la construcción de la fenomenología del magnetismo en su fase introductoria: caracterización del imán.

Se destacan aspectos fundamentales para abordar la fenomenología en torno a la caracterización del imán como prototipo de lo magnético, realizando un estudio histórico-crítico basado en planteamientos de Gilbert y Faraday y el análisis de un ejercicio de recontextualización de éstos y de ampliación de la experiencia sobre lo magnético con estudiantes de sexto grado.

Las consideraciones teóricas elaboradas en torno al enfoque fenomenológico y los siguientes interrogantes orientaron el análisis histórico crítico de los autores mencionados así como el estudio efectuado sobre el trabajo desarrollado con los estudiantes acerca de la explicitación y ampliación de la experiencia en el caso de la caracterización del imán y con ello de lo magnético: ¿Cuál es la fenomenología en torno a la caracterización del imán como prototipo de lo magnético que se puede elaborar a partir de la recontextualización de las propuestas de los pensadores que contribuyeron a conformar una primera fase de ésta, y qué elementos epistemológicos se pueden derivar para construir estrategias de aula que posibiliten la ampliación y organización de la experiencia alrededor de lo magnético?

### 3. Fuentes

- ARCA, M., GUIDONI, P., MAZZOLI, P. (1992) Enseñar ciencia. Paidós Educador.
- ARCA, M., GUIDONI, P. (2000) Guardare per sistemi, guardare per variabili. AIF Editore.
- AYALA M., MALAGÓN, F., SANDOVAL, S., “Magnitudes, Medición y Fenomenologías”, Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 24, Nº 1, 2011, pp. 43-54, Argentina.
- AYALA M., MALAGÓN, F., SANDOVAL, S., y otros. (2011) El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Universidad Pedagógica Nacional.
- AYALA M., MALAGÓN, F., SANDOVAL, S., (2013) La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Universidad Pedagógica Nacional.
- DUHEM, Pierre. (1906) La teoría física: Su objetivo y su estructura. Herder, Editorial.

- EINSTEIN, Albert. (1936) "Física y realidad". The journal of the Franklin Institute. Vol. 221, No. 3.
- FARADAY, Michael. (1852) "Sobre las líneas físicas de fuerza magnética". En Seminario de profundización historia y filosofía de la física (2004), Depto. Física Universidad Pedagógica Nacional, Selección de J.C.Orozco.
- FARADAY, Michael. (1853) "Observaciones sobre la fuerza magnética" . En Seminario de profundización historia y filosofía de la física (2004), Depto. Física Universidad Pedagógica Nacional, Selección de J.C.Orozco.
- GILBERT, William, De Magnete, Dover publications, inc., New York, 1983.
- PELSENEER, J. (2011) "Gilbert, Bacon, Galileé, Képler, Harvey et Descartes: Leurs relations". Chicago journals History of Science Society.
- MACH, Ernest. (1987) "Análisis de las Sensaciones". Ed. Alta Fulla, Barcelona.
- RODRÍGUEZ, Luz Dary. (2008) "De la mecánica racional a la termodinámica general o energética: la física de Pierre Duhem". Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. Editorial Kimpres. Colombia.
- ROMERO, ANGEL y RODRÍGUEZ, LUZ DARY. (2006) "El concepto Magnitud como fundamento del proceso de medición. La cuantificación de los estados de movimiento y sus cambios". En: Revista Educación y Pedagogía, Medellín, Universidad de Antioquia, V O L. XVII, núm. 43, pp.127-140.
- WITTGENSTEIN, Ludwig. (1976) Los cuadernos azul y marrón. Editorial Tecnos. Madrid.

#### 4. Contenidos

El trabajo se recoge en los siguientes capítulos.

**CAPÍTULO 1. LA AUSENCIA DEL SUJETO EN LA ENSEÑANZA DEL MAGNETISMO:** Se caracteriza esta problemática destacando los aspectos que se consideran tienen mayor impacto en su configuración y que se pueden sintetizar en lo siguiente: la creencia en las leyes de la naturaleza como verdades absolutas, las implicaciones del privilegio que se le da al lenguaje especializado frente al lenguaje común en el aula y las consecuencias que se derivan de una concepción sobre una experiencia objetiva independiente del sujeto con la que se supone queda

verificado el conocimiento científico.

## **CAPÍTULO 2. ASPECTOS FUNDAMENTALES PARA ABORDAR UNA PERSPECTIVA**

**FENOMENOLÓGICA:** Se plantea la relación existente entre la construcción de la fenomenología, la experimentación y actividad del sujeto, iniciando con un análisis histórico acerca de las diferentes concepciones de *realidad* y precisando la forma como son asumidos aspectos como observación, experiencia, experimento y el papel del lenguaje en el contexto del proceso de ampliación de experiencia, construcción de fenomenologías y de reivindicación del papel central que ha de jugar el sujeto en dicho proceso..

## **CAPÍTULO 3. LA REPRESENTACIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO Y LA AMPLIACIÓN DE**

**LA EXPERIENCIA:** Se presenta la postura particular del experimento desde una mirada fenomenológica y a partir de allí se analiza las posturas de Gilbert y Faraday, y los planteamientos de un grupo de estudiantes, teniendo como núcleo central el imán como prototipo de lo magnético que permite su caracterización en una primera fase.

## **5. Metodología**

**METODOLOGÍA:** Para abordar el problema planteado se ha realizado una aproximación histórica de algunos autores tratando de establecer diferentes concepciones de realidad, experiencia, representación, experimento y lenguaje. Desde estos elementos se contextualizan los planteamientos de Gilbert, Faraday y un grupo de estudiantes para caracterizar el imán; para finalmente proponer actividades para ser desarrolladas en el aula. Esta caracterización hace parte de un enfoque de investigación cualitativa porque busca la subjetividad y explicar y comprender las interacciones y los significados subjetivos individuales o grupales. En un marco interpretativo basado en un método fenomenológico para el caso de la investigación caracterizado especialmente por un lenguaje de ampliación de la experiencia y los modos de hablar en los procesos de señalar nuevos efectos.



## 6. Conclusiones

- El análisis acerca de la concepción de la realidad a lo largo de la historia permite ubicar y caracterizar la perspectiva fenomenológica, para reivindicar al sujeto en los procesos cognitivos.
- Tres aspectos característicos de la experiencia ameritan ser destacados aquí: uno, si bien el sujeto la conforma en su interacción con su entorno físico y cultural, esta hace parte de él y lo define; dos, la experiencia constituye un todo organizado; y, tres, la experiencia es la base de la constitución del mundo exterior por parte del sujeto.
- Los objetos de los que hablamos son objetos de nuestra experiencia, lo que decimos de ellos, las maneras como procedemos con ellos y la organización que hacemos de los mismos hace parte de los procesos cognitivos en un papel activo del sujeto en los que éste tiene necesidad de cuestionarse, explicitar su experiencia por medio de un lenguaje para socializarla y luego tener la capacidad de reorganizar experiencias anteriores con nuevas vivencias complejizando y ampliando así sus explicaciones y conocimientos, conformando y enriqueciendo así, mediante este proceso subjetivo e intersubjetivo, aquello que denomina realidad o mundo real externo.
- Es importante tener en cuenta que la observación tiene un carácter que pone de manifiesto la actividad del sujeto en tres sentidos: primero, sólo se observa aquello que se busca (forma de mirar), segundo, lo que se ve depende de las formas de pensar y, tercero, es necesario, en general, generar condiciones para observar, para producir los efectos que se quieren observar.
- La observación es entonces una actividad intencionada susceptible de grados variables de sistematización, pero siempre organizada por la intención y por las formas de mirar y de pensar; es decir, siempre está ligada a la actividad intelectual, al pensamiento.
- No es la precisión lo característico de la observación; la orientación de la acción es lo que le da sentido a la misma. No se trata de describir las cosas y eventos en todo su detalle, se trata de observar para saber cómo actuar, para predecir lo que puede ocurrir, para anticiparse a los hechos.
- Para una propuesta de aula la observación debe ser intencionada provocada por interrogantes, las experiencias se conforman desde las sensaciones previas que se tienen, por lo tanto el experimento reúne estos elementos y un aspecto esencial como el lenguaje.
- El lenguaje desempeña un papel importante en la ampliación de la experiencia porque es el que permite comunicar las construcciones conceptuales que en el proceso los sujetos desarrollan.
- Al comparar el análisis histórico críticos realizado en la investigación con los apartes históricos que aparecen en los textos a nivel introductorio se observa que los primeros aportan elementos cruciales para ser abordados en las prácticas pedagógicas mientras que en los segundos se observa una serie de relatos sin significado dentro de un proceso.
- Desde el análisis de los planteamientos desarrollados por Gilbert y Faraday se confirma la triada de

Guidonni: experiencia, conocimiento y lenguaje. Como cada autor a partir de diferentes experiencias con el imán, lo caracterizó por ejemplo Guidonni hablando de los polos de imán y Faraday desde las líneas de fuerza. Y haciendo uso de lenguajes diferentes Gilbert en una forma muy detallada mediante relatos y dibujos describe efectos y procedimientos para obtenerlos y magnificarlos. Faraday acudiendo a las organizaciones de ciertos efectos y comportamientos ya establecidos vincula nuevos efectos y elabora nuevas conceptualizaciones sobre lo magnético. Hace uso de formas argumentativas y su referencia a las situaciones experimentales es constante. Su trabajo ilustra la íntima relación entre la conceptualización y el trabajo experimental.

- A partir del análisis histórico crítico de los planteamientos de Gilbert y Faraday se estableció que el prototipo de lo magnético es el imán y su caracterización no es una operación aislada, se debe estar en relación con otros elementos para poder hablar de polos magnéticos o líneas de fuerza.
- Por medio de la recontextualización de las experiencias de Gilbert y Faraday se evidencia que el comportamiento magnético de los polos de un imán surgen ante la necesidad de caracterización del propio imán en relación con ciertos materiales del contorno del mismo. De esta manera se anula la idea pedagógica que entorno a la escuela se encuentra como si el imán tuviese vida propia por eso atrae o repele, el imán hace parte de un sistema.
- En el trabajo de aula, se evidencia la necesidad de ofrecer espacios para cuestionarse por medio de una observación intencionada y actividades que permitan organizar y ampliar la experiencia de cada sujeto.

<b>Elaborado por:</b>	Martha Lucía Rodríguez Rodríguez
<b>Revisado por:</b>	María Mercedes Ayala Manrique

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	21	02	2.014
--	----	----	-------

# CONTENIDO

---

<b>INTRODUCCIÓN</b>	14
<b>LA AUSENCIA DEL SUJETO EN LA ENSEÑANZA DEL MAGNETISMO</b>	16
1.1. IMPLICACIONES DE LA OBJETIVIDAD DE LA NATURALEZA EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA: EL CASO DEL MAGNETISMO	17
1.2. PRÁCTICAS DE LABORATORIO, ESTRATEGIA PARA OBSERVAR FENÓMENOS	21
<b>ASPECTOS FUNDAMENTALES PARA ABORDAR UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA.</b>	26
2.1. SOBRE LA CONCEPCIÓN DE REALIDAD.	26
2.2. ACERCA DE LA EXPERIENCIA.	33
2.2.1 EXPERIENCIA, OBSERVACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN.	38
2.3. SOBRE LA EXPLICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y REPRESENTACIÓN DE LA ACTIVIDAD COGNITIVA.	43

2.3.1 ACERCA DE LA REPRESENTACIÓN.	47
2.4. EL LENGUAJE COMO DINAMIZADOR EN LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO.	51
<b>LA REPRESENTACIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO Y LA AMPLIACIÓN DE LA EXPERIENCIA.</b>	55
3.1. SOBRE EL EXPERIMENTO	56
3.2. LA REPRESENTACIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO EN LOS TEXTOS A NIVEL INTRODUCTORIO.	61
3.3. EL IMÁN COMO PROTOTIPO DE LO MAGNÉTICO Y COMO CARACTERIZAR SU COMPORTAMIENTO.	64
3.3.1 PLANTEAMIENTOS DE GILBERT	64
3.3.2 PLANTEAMIENTOS DE FARADAY	72
3.3.3 PLANTEAMIENTOS DE LOS ESTUDIANTES.	79
3.4. PROPUESTA PEDAGÓGICA	82
<b>CONCLUSIONES</b>	83
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	86

---

---

## **INTRODUCCIÓN**

---

---

A partir de la práctica docente surge la preocupación acerca de la imagen de ciencia que se ha difundido en la escuela, reflexionando sobre el papel que desempeñan los sujetos en los procesos de conocimiento, ya que se evidencia un privilegio por la existencia objetiva de la Naturaleza y sus leyes por encima de las formas de conocer de los sujetos.

Por ello, se abordará la fenomenología que implica hablar de magnetismo como pretexto para reivindicar la importancia del sujeto en la actividad de construcción de conocimiento y transformar la imagen de ciencia que se ha hecho hegemónica culturalmente: aquella que presenta una Naturaleza ontológica que se debe conocer.

Así pues, se describe la problemática desde el contexto de la enseñanza de la física y en particular en el campo del magnetismo, caracterizando la imagen de ciencia que esta problemática implica, resaltando los elementos constructores de una fenomenología en la primera parte del presente trabajo.

En la segunda parte se plantea los aspectos fundamentales para abordar una perspectiva fenomenológica realizando un análisis de las diferentes concepciones de realidad, observación, experiencia y experimento; resaltando la postura con la que se asumen estos elementos en la investigación presente.

En la tercera parte se realiza un análisis histórico-crítico por medio del cual se pretende resaltar los elementos organizadores anteriormente analizados para dar cuenta de la fenomenología del magnetismo en cuanto a la caracterización del imán en autores como Gilbert y Faraday. De la misma manera se hizo un análisis

de los aportes de un grupo de estudiantes de grado sexto con los que se desarrollaron algunas experiencias relacionadas con el imán.

Finalmente, se presenta una propuesta para desarrollar teniendo en cuenta otros núcleos del magnetismo para leerlos desde los aspectos propuestos en la segunda parte.

---

## **LA AUSENCIA DEL SUJETO EN LA ENSEÑANZA DEL MAGNETISMO**

---

En el contexto de las ciencias y de su enseñanza es usual la aceptación de una realidad objetiva, caracterizada por la existencia de la Naturaleza y leyes que rigen su comportamiento (fenómenos) en sí mismos. Asumir esta imagen de ciencia implica tener una concepción de conocimiento limitada por el descubrir o abstraer en esa “realidad” existente los fenómenos físicos y las leyes que los regulan o describen relaciones entre ellos; concepción que reduce el papel del sujeto a observar comportamientos en la Naturaleza y hablar de las cosas en sí mismas por medio de experiencias propuestas para validar las teorías científicas.

Para orientar estos descubrimientos se hace uso de prácticas experimentales que se basan en la observación. Se espera, por un lado, que la realidad objetiva hable por sí sola, que al observarla se la pueda conocer. Y por otro lado, se espera que con el experimento compruebe lo que la teoría dice, utilizándosele, entonces, para validar el conocimiento establecido en esas teorías sobre los fenómenos estudiados.

En cuanto a la enseñanza de las ciencias, además de la familiarización con términos, procedimientos y algoritmos científicos, la explicación ocupa un lugar importante en los desarrollos escolares. Esta actividad consiste, en términos generales, en construir discursos que describan o den cuenta de lo observado, y cuya validez se examina según el parecido que puede establecerse con la teoría científica sobre la situación analizada a partir de un proceso argumentativo. A su vez el lenguaje utilizado suele desarrollarse en torno a la construcción de modelos, proceso que se valora por la semejanza o vínculo que pueda encontrarse con lo planteado en el conocimiento científico. En este contexto, se cuestiona la pertinencia y utilidad de esta imagen de ciencia en la labor pedagógica, dado que

tanto profesores como estudiantes cumplen un papel pasivo frente al conocimiento. Se encuentra una separación entre el sujeto y la “realidad”. Lo que prima es la naturaleza y sus leyes. A propósito de lo dicho, Granes señala:

Las formas usuales de enseñanza de las ciencias suelen presentar los principios y postulados como verdades más o menos evidentes cuyos orígenes y limitaciones no son objeto de una tematización explícita. De esta manera no sólo se ocultan los procesos reales en la constitución del conocimiento científico sino que implícitamente se transmite una determinada imagen de la ciencia según la cual sus verdades son el fruto inamovible de un proceso continuo de desarrollo progresivo. En el peor de los casos la ciencia deja de ser pensada como un proceso racional cuidadoso y coherente de apropiación de la realidad para convertirse en un conjunto de recetas y conclusiones inmutables. (Granes J., 1984, p.24)

Las implicaciones y limitaciones que se derivan de esta imagen de ciencia, de conocimiento y de naturaleza para la formación de los estudiantes y con ello para la construcción de un futuro de nuestra sociedad nos lleva a tomarlo como un problema que amerita ser abordado y superado en nuestras prácticas pedagógicas.

A propósito de ello Bell y Pearson (1992) señalan: “... no es posible cambiar lo que los profesores y alumnos hacen en clase sin transformar su epistemología, sus concepciones acerca de cómo se construye el conocimiento y sus puntos de vista sobre la naturaleza de las ciencias”. Es por ello que este será el tema central del segundo capítulo que nos permitirá a la vez caracterizar el enfoque fenomenológico que se ha asumido en esta investigación.

### **1.1. IMPLICACIONES DE LA OBJETIVIDAD DE LA NATURALEZA EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA: EL CASO DEL MAGNETISMO**

---

Como ya se ha señalado, a lo largo de los años se ha promovido el imaginario que la ciencia está conformada por el conjunto de teorías, leyes, ecuaciones y experimentos que sujetos con “cualidades especiales”. Científicos, han



proclamado como verdades absolutas que se difunden en la escuela por medio de libros de texto o del discurso del profesor.

En este contexto los hechos son independientes de los sujetos involucrados en los procesos cognitivos en el espacio escolar y por lo tanto, en la enseñanza de la física, los maestros y estudiantes se encuentran subordinados a considerar el conocimiento como mera recopilación de verdades absolutas.

...en lo que al trabajo pedagógico se refiere, por cuanto se considera al maestro en su cotidianidad se le presentan dos tipos de problemas: Por una parte los relacionados con el conocimiento disciplinar que maneja y, por otra, los relacionados con la enseñanza. En este sentido, es un hecho que al maestro de ciencias se le presenten una serie de productos científicos –conceptos, leyes, principios, teorías- los cuales considera constituyen el conocimiento científico y asume que deben ser enseñados. (Romero, 1996)

La preocupación por cambiar esta imagen de ciencia surge ante la reflexión del papel que desempeña los sujetos (maestros y estudiantes) en los procesos de conocimiento, ya que en este contexto el sujeto se encuentra anulado y lo que toma importancia es la Naturaleza y sus leyes.

En fin, desde nuestra perspectiva, teniendo en cuenta las dinámicas de conocimiento en la enseñanza del magnetismo particularmente, se considera que la problemática se centra en tres aspectos: La objetividad de la naturaleza y sus leyes que ordinariamente se asume; el papel asignado a las prácticas de laboratorio como estrategia neutral para observar fenómenos; y el privilegio que se le da al lenguaje especializado frente al lenguaje común que convierte la familiarización con los términos y algoritmos científicos en el centro de la enseñanza de las ciencias .

Por ejemplo, bajo esta concepción en una clase de física donde se aborda el magnetismo en un nivel introductorio, esta se centra inicialmente en el trabajo con

los imanes<sup>1</sup>. Se presenta el imán como poseedor de dos polos con unos poderes propios de atracción o repulsión, que generan campos magnéticos representados por líneas imaginarias llamadas líneas de fuerza. En esta perspectiva no hay una preocupación por mostrar la manera como se construyen estas afirmaciones.

Al revisar libros guía de secundaria y planes de estudio, se encuentra que el capítulo de magnetismo se inicia describiendo el comportamiento de los imanes, haciendo énfasis en la ley que cumplen los polos magnéticos: “Los polos magnéticos iguales se repelen y los polos opuestos se atraen (Wilson, 1991, p. 487)”. Enseguida definen qué es un campo magnético y las líneas de fuerza: “Coloca una hoja de papel sobre un imán de barra y espolvorea limaduras de hierro sobre ella. Las limaduras tienden a trazar un patrón ordenado de líneas alrededor del imán. El espacio que rodea un imán, en el cual se ejerce una fuerza magnética, está ocupado por un **campo magnético**. Las *líneas de campo magnético* revelan la forma del campo. Las líneas de campo magnético se extienden a partir de un polo, rodean el imán y regresan al otro polo (Hewitt, 1999, p. 566)”. Todos los libros de texto coinciden en la misma presentación del tema, se inicia con lo expuesto anteriormente para luego presentar el electromagnetismo.

Estos son ejemplos de las tantas definiciones que se mencionan en la clase de física para abordar una gramática adecuada al magnetismo, de tal manera que es suficiente con que el estudiante exponga lo anterior para asumir que aprendió lo necesario acerca del magnetismo. La circulación de esta información no permite dar cuenta de la fenomenología alrededor del magnetismo, puesto que se asume cómo obvio por ejemplo la existencia de los polos del imán, no se puede dar cuenta de las formas diversas como un imán puede interactuar con materiales diferentes es decir, no se aborda el comportamiento magnético de los materiales,

---

<sup>1</sup> Aquí no se critica el trabajo con los imanes ya que se es consciente que el imán es un elemento clave para abordar la fenomenología que se puede construir alrededor del magnetismo, se cuestiona la forma como es usado, según la cual se muestran ciertas características del imán como “realidad objetiva”.

no se examina tampoco si en todos los imanes independiente de su forma es posible definir polos, cómo hacerlo y menos aún en que consiste la polaridad.

El maestro generalmente se basa en libros guías como los analizados anteriormente, que usa para que el estudiante verifique el discurso de la clase y en algunas ocasiones amplíe su información con nuevos datos.

Con el trabajo que se pretende desarrollar se busca generar condiciones para que tanto maestros y estudiantes puedan abordar interrogantes como los siguientes:

- ¿El reconocimiento de los imanes como fuentes de campo magnético es suficiente para caracterizar la fenomenología magnética?
- Generalmente los efectos del magnetismo son atractivo, ¿en qué condiciones se pueden observar efectos de repulsión?
- ¿La evidencia de las líneas de campo es la única manera de reconocer la existencia de los polos de un imán o de qué otra forma podría establecerse?
- En la literatura se encuentra que los polos de un imán están relacionados con los polos de la Tierra, sin embargo, la información brindada en el aula, ¿permite establecer relaciones de este tipo?
- La acción magnética que se observa cuando un imán está cerca de un objeto de cierto material ¿permite caracterizar el imán en todas sus regiones?, si se parte un imán ¿se puede seguir identificando sus polos?

Analizar los procesos de enseñanza aprendizaje en el campo del magnetismo a partir de estos cuestionamientos permite pensar en estrategias de aula que desarrollen procesos cognitivos caracterizados por la participación activa de los sujetos que intervienen en dicho proceso.

Desde la propuesta de este trabajo dichas estrategias exigen principalmente que las prácticas experimentales planteen problemas que establezcan un contexto de significación para guiar la observación y organizar efectos observados.

En síntesis el problema radica en que tanto el estudiante como el profesor no desempeñan un papel importante en el desarrollo de conocimiento de cada uno y por lo tanto, no pueden construir explicaciones alrededor del magnetismo en este caso; quedando no solo vacíos conceptuales sino un desconocimiento de todo el entorno que los rodea.

Bajo esta perspectiva se deriva otro problema que se presenta en torno al uso del lenguaje en la enseñanza y es lo concerniente al uso de palabras, especialmente cuando se asume que todos los sujetos tienen el mismo significado de ellas. Sin embargo, al permitir la argumentación en el aula, se nota por un lado, que se hace referencia a representaciones ajenas a la palabra nombrada y por otro, los sujetos la utilizan para hacer referencia a cosas distintas entre ellos. En esta problemática también se observa un divorcio entre el lenguaje que presentan los textos, que es “traducido por el maestro” en el aula y se encuentra el lenguaje del estudiante que es la acomodación del lenguaje del texto y el que le expone el maestro; en la mayoría de los casos el lenguaje de los textos es asumido como un lenguaje científico. Se plantea así un problema de comunicación difícil de abordar que tanto maestros como estudiantes tienen que aprender a tratar.

## **1.2. PRACTICAS DE LABORATORIO, ESTRATEGIA PARA OBSERVAR FENÓMENOS**

---

Usualmente como parte del desarrollo de las clases de física, se realizan prácticas de laboratorio para complementar el estudio de algún fenómeno en particular. Es frecuente encontrar que los propósitos de las prácticas de laboratorio tienen un sentido de observar la naturaleza externa y de evidenciar o corroborar las leyes de la naturaleza. Sus procedimientos coinciden en seguir una serie de pasos para obtener un resultado previsto o encontrar verdades ocultas en la realidad.

Al proponer prácticas de laboratorio con estas intenciones, se pretende que el estudiante sea capaz de evidenciar los conceptos teóricos expuestos anteriormente por el profesor o de elaborar definiciones de conceptos relacionados con algún fenómeno. En el planteamiento de la actividad no se le brinda la oportunidad por un lado de hacer uso de sus experiencias cotidianas y por otro de reflexionar, reorganizar, analizar a partir de sus elaboraciones acerca del fenómeno que se está abordando. En este contexto, se considera que el conocimiento está dado por la observación de una naturaleza externa al sujeto, sintetizada en las teorías y las ecuaciones. Así pues, el uso de actividades experimentales se limita a comprobar teorías y llegar a productos establecidos de antemano.

A propósito de lo anterior Inhelder y Piaget (1958) plantean lo siguiente: “El estímulo para alcanzar el desarrollo conceptual es reconocer que entre las ideas existen contradicciones e incongruencias y sin embargo los profesores de ciencias concentran su atención en lo concreto, a través de los omnipresentes ejercicios de laboratorio ofreciendo escasas oportunidades a los estudiantes para poder examinar los conceptos subyacentes.”

Siendo conscientes que no es fácil pensar en elaborar propuestas de prácticas de laboratorio que permitan ampliar y organizar la experiencia sensible (establecer relaciones entre efectos observados, diferenciar aspectos hacer analizados, etc); es definitivamente necesario cuestionar las intenciones con las que generalmente se presentan las prácticas de laboratorio y resulta pues indispensable desarrollar estrategias donde el estudiante desempeña un papel activo en las dinámicas de conocimiento; para ello se debe transformar las prácticas docentes que aún se utilizan en la escuela.

Una de las prácticas que frecuentemente se realizan cuando se aborda el magnetismo es la siguiente:

*“En esta primera experiencia vamos a utilizar limaduras de hierro para “visualizar” las líneas de fuerza del campo magnético.*

#### Material necesario

- Limaduras de hierro
- Imanes
- Un papel
- Un salero para rellenar con las limaduras de hierro y poder espolvorearlas más fácilmente

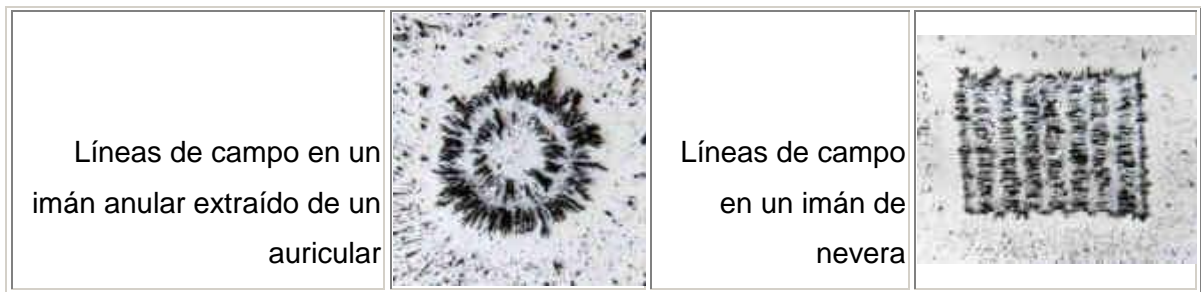


#### ¿Qué vamos a hacer?

Vamos a cubrir un imán con una hoja de papel y vamos a espolvorear lentamente las limaduras sobre el papel.

Observa como las limaduras se van orientando y dibujando las líneas de campo.”





No se cuestiona, el uso de este tipo de actividades, sino la intención con la que se hace. Por un lado se asume la polaridad del imán, que es lo que genera un campo representado por líneas de fuerza, y cabe preguntar por la pertinencia de observar la distribución de las limaduras al entrar en contacto con el imán. Además se cuestiona ¿qué pasa con estas configuraciones al cambiar el tamaño del imán y qué sucede con estas líneas cuando hay varios imanes presentes?

Esta práctica de laboratorio no plantea ningún problema desde el cual el estudiante tenga la necesidad de analizar y cuestionarse desde lo que observa; no se pueden establecer comparaciones para realizar organizaciones y caracterizar la acción magnética; pero sí permite clasificar entre acertado o erróneo el trabajo que adelante el estudiante de acuerdo con que tanto se parece el resultado de la práctica con la teoría o con las expectativas del maestro.

Como conclusión se puede decir que esto se debe en parte, a que se suele hacer uso de experiencias realizadas por otros sujetos los “científicos” quienes las desarrollaron en un contexto particular con unas intenciones propias y se trasponen en el aula para que los estudiantes logren alcanzar el mismo nivel de comprensión y análisis que aquellos sujetos lograron en su momento. Esta forma descontextualizada de trabajar no permite que los sujetos se cuestionen, reflexionen y menos hagan uso de sus ideas previas que poseen, pues si observamos en la vida cotidiana se hace uso de los imanes (al interior de los electrodomésticos, el cierre de carteras, figuras para adherir en la nevera, juegos

didácticos, entre otros) lo que supone que todos los sujetos tengan sus propias vivencias y es necesario hacer uso de ellas para los procesos de aprendizaje.

..., el papel asignado al experimento ha oscilado entre dos posiciones extremas: El experimento es visto como un medio para validar el conocimiento que se tiene de los fenómenos naturales o como base para la elaboración del conocimiento sobre los mismos. (Ayala, y otros)

Así pues, como se ha planteado con anterioridad la falta de reconocimiento de los procesos cognitivos que puede tener los sujetos que participan en la construcción de conocimiento conlleva a que las experiencias propias no resulten ser significativas para estos procesos, por eso el aprendizaje no resulta ser exitoso.

La importancia de reivindicar la existencia de un sujeto exige para las prácticas experimentales en el aula el planteamiento de problemas que establezcan un contexto de significación para guiar la observación y organizar los efectos observados.

En este contexto, toma importancia la construcción de la fenomenología en este caso del magnetismo en relación con la experimentación y la actividad del sujeto; conceptualizando sobre el proceso involucrado para dicha construcción.

Uno de los objetivos que se desarrolló en la investigación para abordar la problemática descrita fue re contextualizar los problemas que en el campo del magnetismo ofrece el análisis de la obra de Gilbert y Faraday, entre otros en pro de las organizaciones de las experiencias en este campo y de esta forma determinar experiencias significativas en el campo del magnetismo.



---

## **ASPECTOS FUNDAMENTALES PARA ABORDAR UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA**

---

Para contribuir a superar la problemática anteriormente descrita, la presente investigación se centrará en una primera instancia en el examen de las relaciones existentes entre la construcción de la fenomenología, la experimentación y la actividad del sujeto. Se iniciará mostrando una panorámica de la discusión sobre la concepción de realidad desarrollada a lo largo de la historia con el propósito de ubicar y caracterizar la perspectiva fenomenológica que anima esta investigación. Se continuará con una presentación de la concepción de experiencia y su papel en la construcción del conocimiento, haciendo énfasis en conceptos relacionados como la observación intencionada orientadora de la acción, la representación en la construcción fenomenológica, el lenguaje y su papel en la elaboración de la misma.

### **2.1. SOBRE LA CONCEPCIÓN DE REALIDAD**

---

En la enseñanza de las ciencias se suele asumir una realidad objetiva, caracterizada por el supuesto de una existencia de la Naturaleza y leyes que rigen su comportamiento independiente del sujeto que la conoce; a pesar de que los discursos filosóficos y epistemológicos de por lo menos el último siglo han cuestionado profundamente esta imagen de ciencia.

La preocupación acerca del problema del conocimiento ha conducido a filósofos y científicos desde el siglo XIX e historiadores en el siglo XX a cuestionar la imagen de ciencia que se ha difundido desde la antigüedad, porque como afirma Glaserfeld “lo que entendemos por “conocimiento” ya no puede ser más la imagen o representación de un mundo independiente del hombre que hace la experiencia (Glaserfeld, 1991)”

Así por ejemplo, J.Granés (1.999) retoma el planteamiento de Heidegger (1.889-1.976) acerca de las concepciones de la imagen de mundo centrada en la significación del “ente” en cada época histórica, comenzando en la antigüedad griega, pasando por el medioevo y finalizando con la edad moderna. Se puede resaltar como en la edad antigua y en la media lo “ente”<sup>2</sup> se encontraba en el exterior, en la primera conocer indicaba como descubrir lo que se daba en el entorno a partir de lo que se percibe; lo ente es aquello que surge y se abre y que, en tanto que aquello presente, viene al hombre cómo aquel que está presente desde el momento en que lo percibe (Granés, p.15). En la segunda, dado que Dios es el creador de todo y en los libros sagrados se revelaba el orden de lo creado, conocer el ente estaba limitado a interpretar las sagradas escrituras.

La edad moderna a diferencia de las otras dos empieza por intentar modificar la imagen de ciencia colocando el acento en el conocer de los sujetos: “la esencia de lo ente se comprende ante todo como posibilidad de ser representado y la verdad es entendida como “la certeza de la representación”<sup>3</sup>(Granés, p.16).

Si bien Heidegger ubica el cambio de un ente externo por uno construido por los sujetos en el paso de la edad media a la edad moderna en el siglo XVII con los trabajos de Galileo y Newton, se evidencia lo contrario. Así, autores como Cassirer consideran que la física clásica: “... está convencida de que la razón y la experiencia son capaces de penetrar en la esencia de las cosas y de ir descubriendo paulatinamente ante nosotros. Jamás se pone seriamente en duda, aquí, el valor *ontológico* de las teorías físicas por mucho que éstas se diferencien en su contenido (Cassirer, p.3)”.

La defensa de una ciencia arraigada en el conocer de una Naturaleza existente por sí misma, y sobre todo de un conocimiento objetivo cuya validez reside en su contrastación con los hechos en los cuales se funda la convicción humana de

---

<sup>2</sup> Lo ente era concebido como la esencia de la naturaleza.

<sup>3</sup> Para Heidegger representación no significa copiar o transcribir lo dado.

realidad, sigue siendo la concepción imperante en el siglo. “ XVIII. Es en el siglo XIX, cuando—según Cassirer— opera un cambio de rumbo:

El anterior “realismo” de la ciencia física es desplazado por un “fenomenismo” que no pone en tela de juicio solamente la posibilidad de solución, sino incluso el sentido, la razón de ser de determinados problemas que el pensamiento físico se venía planteando. Si preguntamos a Mach y Planck, a Boltzmann y a Ostwald, a Poincaré o a Duhem lo que es una teoría física y lo que puede aportar, obtendremos de ellos respuestas, no ya distintas, sino opuestas. Estamos, pues, ante algo que no es simplemente un cambio de la intención y el designio de la investigación. (Cassirer, p.3).”

El cambio implicado en la revolución científica al hacer de la matematización y la experimentación los rasgos característicos del conocimiento científico significa para Heidegger, filósofo alemán del siglo XX, el paso a un mundo imaginado, razonado y matematizado, disponible a ser intervenido, y por lo tanto asequible por la razón y el trabajo de exploración experimental. El paso de un mundo accesible en condiciones espontáneas, a uno que sólo se puede acceder en condiciones preparadas de acuerdo a la comprensión que se tenga del fenómeno estudiado.

Heidegger (1995:78) rescata el sentido original que para los griegos posee lo matemático: “aquello que el hombre ya conoce por adelantado cuando contempla lo ente o entra en trato con las cosas.”

El carácter matemático no se descubre en las cosas, sino que se proyecta desde afuera sobre ellas como conocimiento previo. Sobre este conocimiento, la física moderna construye una representación particular de lo real según rasgos cuantificables y medibles. (Granés, p, 18).

Pero es importante tener en cuenta que ésta no es la concepción de los pensadores, científicos y filósofos, de la así llamada revolución científica. De una parte tanto para Galileo como para Newton, la naturaleza es matemática y por lo tanto el lenguaje matemático es el que permite acceder a la naturaleza tal cual es. “La naturaleza está escrita en caracteres matemáticos” dice Galileo. Newton, por su parte, equipara lo absoluto, lo que debe ser aprehendido por la razón y entendimiento, a lo matemático, y lo sensible a lo aparente. Para Newton se debe

trascender la experiencia sensible para alcanzar la verdad; en el Escolio comienza diciendo:

Hasta aquí he expuesto las definiciones de las palabras menos conocidas, explicando el sentido en que deberían entenderse para lo sucesivo. Tiempo, espacio, lugar y movimiento son palabras conocidísimas para todos. Es de observar, que el vulgo sólo concibe éstas cantidades partiendo de la relación que guardan con las cosas sensibles. Y de ello surgen ciertos prejuicios, para cuya remoción será conveniente distinguir allí entre lo absoluto y lo relativo, lo verdadero y lo aparente y lo matemático y lo vulgar. (Newton, principios matemáticos de la filosofía natural, editora nacional, Madrid, 1982, p.228).

Es decir, lo relativo y aparente es que se liga solamente con lo sensible y lo empírico, se debe trascender la experiencia; de hecho cuando habla de tiempo y espacio absoluto no las ubica en ningún campo de experiencia posible.

De otra parte, es importante tener en cuenta que aquello que nos aparece ante nuestros sentidos extendidos por los aparatos (telescopio, microscopio, etc.,) debe ser interpretado e intervenido por la razón. Por ejemplo, las sombras y zonas luminosas observadas por Galileo en la luna son vistas a la luz de la razón como cráteres y montañas. Para Newton, por su parte, la mancha en forma de óvalo que obtuvo en la pared al hacer atravesar un rayo de luz solar por un prisma en un cuarto oscuro –mancha que nadie había percibido o al menos detenido en ella – fue lo que le permitió afirmar que la luz blanca se descompone con diferentes desviaciones.

Habiendo oscurecido mi cuarto y abierto un pequeño orificio en las persianas para dejar entrar una cantidad conveniente de luz solar, coloqué mi Prisma a la entrada de la luz de tal manera que pudiese ser refractada en la pared opuesta. Al comienzo constituyó una diversión muy placentera observar los vívidos e intensos colores así producidos; pero después de un rato, aplicándome en considerarlos de manera más circunspecta, me sorprendí de verlos en una forma oblonga, forma que, según las leyes conocidas de la refracción, yo esperaba que hubiese sido circular. (Granés y Caicedo, 2.005, pag.122).

Este texto, según Granés y Caicedo, marca con toda claridad la orientación del trabajo de Newton.

Es una discrepancia entre una previsión teórica — mancha de forma circular cuando el prisma se encuentra en la posición de desviación mínima— y la observación del fenómeno —mancha de forma oblonga—, la que motiva la investigación de Newton sobre los colores. Todo su esfuerzo estará orientado a disolver esta contradicción, sin renunciar a la validez de la ley de la refracción. En manos de Newton el problema a resolver ha cambiado: Ya no se pregunta por la causa de la aparición de los colores sino por la forma de la mancha sobre la pared. (Granés y Caicedo, 2.005, pag.122).

En el siglo XVIII, las discusiones entre racionalistas y empiristas se centran en el origen y validez del conocimiento y la necesidad de ubicar el mundo sensible. Es decir, al mundo “caótico” de nuestra experiencia sensible en relación al conocimiento válido y certeza de nuestro conocimiento, tal como lo plantea Romero:

No obstante, en la últimas décadas han surgido análisis históricos y epistemológicos de la mecánica que, reconsiderando las cuestiones centrales que orientan el desarrollo y las contribuciones de esta ciencia durante el siglo XVIII, no sólo han permitido identificar pensadores representativos sino que han contribuido a constatar que tales pensadores tenían también fuertes preocupaciones epistemológicas, relativas tanto a la organización de la experiencia sensible como al grado de validez y certeza de nuestro conocimiento, característicos del mundo físico desde la segunda mitad del siglo XIX. (Romero, 2007, P. 385)

Estas preocupaciones son retomadas y dirimidas por Kant (1724-1804) en su *Crítica a la Razón Pura*, con la cual establece los fundamentos de la ciencia: la cosa en sí, no es objeto ni es accesible a nuestro conocimiento, sólo lo son los fenómenos. El mundo que aparece ante el sujeto cognoscente, está definido por sus formas de sensibilidad y entendimiento. Así:

Kant distingue tres modos de saber: la sensibilidad, el entendimiento discursivo y la razón pura; la *razón pura* se basa en principios *a priori*, independientemente de la experiencia. Puro en Kant significa *a priori*, y la razón pura no es la razón humana, sino la de un *ser racional* simplemente; son las condiciones racionales de un ser racional en general. Es la *razón especulativa* referida a una *teoría*, a un puro saber de las cosas. La *Crítica de la razón pura* (1781), de Kant, es una preparación para el conocimiento filosófico, *a priori*, es decir, para la metafísica. (Diccionario de filosofía, 1998, p.481)

Para Kant hay una razón y formas de sensibilidad universales, que garantizan un conocimiento universal, válido para todos.

En este contexto, se puede decir que hasta mediados del siglo XIX, la ciencia newtoniana imperaba aún en el campo científico, sin embargo, desde el siglo XVIII comenzaron a consolidarse otras ramas de la física que no eran explicadas desde la mecánica como la termodinámica, la óptica, la electricidad y el magnetismo lo que provocó un cambio radical a partir de esta época, reemplazando el realismo imperante por el fenomenismo, expresado en las concepciones de los nuevos científicos y filósofos de la época, como lo afirma Cassirer, y cuyas posturas difieren radicalmente de las de Galileo, Newton y muchos de sus seguidores .

A lo largo de este análisis se puede observar que el proceso e imagen de conocimiento han estado en continuo cambio y de la misma manera la concepción de “realidad” o “naturaleza”. Con el fenomenismo el objeto de las ciencias cambia, ya no es conocer el mundo tal cual es, sino por el contrario entrar a cuestionar su verdadera existencia: *Siempre es un síntoma importante que una ciencia, en vez de marchar derecha y resueltamente hacia su objeto, cambie de pronto esta actitud “natural” por otra, que sea vea obligada, en vez de investigar la naturaleza de su objeto, a indagar su propio concepto y su propia “posibilidad”.* (Cassirer, p.3) De tal manera que referirse a la naturaleza y a los fenómenos adquiere una significación íntimamente ligada a la actividad de conocer del sujeto, cuestionando de ésta manera la posición de concebir la realidad como un objeto que existe independiente del sujeto cognoscente, como puede verse en posturas de eminentes pensadores de los albores del siglo XX. Las siguientes palabras de Einstein de su célebre conferencia “Física y Realidad “son muy ilustrativas al respecto: vemos en particular como hace referencia al “mundo exterior real” en

términos de experiencias sensibles y de representaciones<sup>4</sup> que realizan los sujetos.

Nuestra experiencia psicológica nos ofrece experiencias sensoriales, imágenes de ellas, recuerdos y sentimientos. A diferencia de la psicología, la física se ocupa en forma directa sólo de las experiencias sensoriales y de la “comprensión” de sus conexiones. Pero con todo, el concepto de “mundo real externo” que existe en el pensamiento de cada día reposa en forma exclusiva sobre impresiones sensoriales. En primer término debemos subrayar que la diferenciación entre impresiones sensoriales e imágenes no es posible o, al menos, no es posible establecerla con absoluta seguridad. Con la discusión de este problema, que también afecta a nuestra noción de la realidad, no adelantaremos mucho, de modo que consideraremos como un hecho dado la existencia de experiencias sensoriales, o sea unas experiencias psíquicas de tipo especial. **Creo que el primer paso para el establecimiento de un “mundo exterior real” es la formación del concepto de objetos materiales y de objetos materiales de distintos tipos.** De entre la multitud de nuestras experiencias sensoriales, mental y arbitrariamente, escogemos ciertos conjuntos de impresiones sensoriales que se repiten (en parte en conjunción con impresiones sensoriales que son interpretadas como signos de experiencias sensoriales de otros) y relacionamos con ellos un concepto: el concepto de objeto material. Si lo **consideramos desde el punto de vista lógico, veremos que este concepto no es idéntico a la totalidad de las impresiones sensoriales que a él se refieren; se trata de una libre creación de la mente humana (o animal).** Por otra parte, este concepto debe su significado y su justificación, en forma exclusiva, a la totalidad de las impresiones sensoriales que asociamos con él. ... El segundo paso nos lleva a considerar que, en nuestro pensamiento (que es el que determina nuestras expectativas), **atribuimos a ese concepto de objeto material una significación que en muy alto grado es independiente de las impresiones sensoriales que originalmente lo han conformado. A esto hacemos referencia cuando atribuimos al objeto material “una existencia real”.** El proceso hasta aquí descrito se justifica en forma exclusiva por el hecho de que, mediante esos conceptos y las relaciones mentales existentes entre ellos, nos hallamos en condiciones adecuadas para orientarnos en el laberinto de las impresiones sensoriales. Aun cuando son creaciones mentales libres, estas nociones y relaciones nos parecen más sólidas y más inalterables que la experiencia sensorial individual en sí misma, a la que jamás se le puede garantizar por completo que no sea una ilusión o fruto de una alucinación. Además, estos conceptos y relaciones, y también la postulación de objetos reales y, hablando de manera general de la existencia del “mundo real”, están justificados exclusivamente en la medida en que se conecten con impresiones sensoriales entre las cuales configuran una conexión mental. (Einstein, 1.936)<sup>5</sup>

En este contexto, lo sensible adquiere una importancia sin precedentes como bien lo expone Rodríguez (2008) al mostrar los planteamientos de P. Duhem filósofo y

---

<sup>4</sup> Este término no hace referencia a representar la imagen de algo existente externo al sujeto sino una forma que tiene el sujeto para dar cuenta de las imágenes que tiene de los objetos por medio de la experiencia sensible.

<sup>5</sup> La negrilla con la que se destacan ciertas ideas es nuestra.

científico de la época, que hace una fuerte crítica al mecanicismo por basarse en un reduccionismo fundamentado en la idea de “lo aparente”, y quien junto con E. Mach son reconocidos como filósofos del energetismo y del fenomenismo, tendencia emergente en las postrimerías del siglo XIX.

Lo sensible, nuestras percepciones y las leyes experimentales **no son considerados como apariencias de la verdad que se oculta tras ellas; pues no interesa la indagación por causas últimas, sino se limita nuestro conocimiento a los efectos, a lo observable, a lo medible.**<sup>6</sup> Aquello que no tenga asidero en la experiencia pierde sentido lógico. Claro está se trata de una experiencia entendida en el sentido complejo del término en el que la interpretación juega un rol fundamental, no se trata de la empiria pura. (Rodríguez, 2008, p. 59)

Al cambiar la mirada hacia la “naturaleza” se rescata el papel fundamental del sujeto en los procesos cognitivos, lo que permite abordar una visión fenomenológica, que implica plantar nuevas formas de mirar, de hablar, de construir conocimiento.

En este punto es pertinente revisar las diferentes concepciones que se tiene de experiencia para entender mejor lo que se esboza a través de los planteamientos anteriores de Einstein y Duhem, y a su vez reflexionar acerca de las implicaciones que en la enseñanza de las ciencias tiene el asumir o no la experiencia a partir de una realidad existente independiente de los sujetos.

## **2.2. ACERCA DE LA EXPERIENCIA**

---

Usualmente en la vida cotidiana el término “experiencia” se asume de diferentes formas. Por ejemplo, con el sólo hecho de vivir se concibe que ya se posee experiencia: se aprende algo desde alguna circunstancia de la vida, “el viaje nos dejó una experiencia fabulosa”. También se asume como el tener alguna habilidad para realizar algún oficio, “tiene mucha experiencia para utilizar el computador”. Se utiliza también este término cuando se hace referencia al conocimiento adquirido

---

<sup>6</sup> El resaltado es nuestro.



mediante la observación al interactuar con el mundo natural o social, o también con el hecho de desarrollar prácticas de laboratorio para corroborar alguna ley.

Pero, específicamente cuando, en la escuela, se tiene en cuenta la experiencia de los sujetos se hace desde dos formas: desde la experiencia propia de los estudiantes, o desde la experiencia vivenciada por los científicos. En la primera se trata de clasificar la experiencia que se tiene de lo cotidiano entre lo que aporta para mostrar que la teoría es cierta y lo que no sirve para ello y por ende desecharlo. En cuanto a la de los científicos, se presenta las experiencias que se realizaron buscando que los estudiantes obtengan las mismas conclusiones y los mismos resultados.

Bajo esta forma de asumir la experiencia, no hay reconocimiento de los procesos cognitivos que pueden tener los sujetos que participan en la construcción de conocimiento en el ámbito escolar. Lo cierto es que, como ya se dijo, cuando se tiene en cuenta las ideas intuitivas de los estudiantes, ello se suele limitar a clasificarlas entre erróneas y correctas de acuerdo con su parecido a las proposiciones que se pueden derivar de la teoría que se enseña aplicadas a la situación analizada; proceder que conlleva a que las experiencias propias de los estudiantes no resulten ser significativas para estos procesos. Esta es una de las causas por las cuales el aprendizaje no resulta ser exitoso.

Es importante tener en cuenta que todos los seres humanos basados en su experiencia realizan actividades que les permite moverse exitosamente en su vida cotidiana: unas, si el día está frío y otras si el día está caluroso, frente a la electricidad se tiene cuidado con cables sin protección porque se teme sentir el paso de corriente, se encienden las luces en la oscuridad para evitar tropezar con los objetos, se tiene cuidado con la fecha de vencimiento de los alimentos para evitar sentir sabores desagradables. Estas actividades, entre otras, ponen de manifiesto el papel que tienen las propias vivencias de los sujetos en su quehacer

cotidiano y la necesidad de tenerlas en cuenta para los procesos de aprendizaje, ya que estas configuran, como se mostrará, el trasfondo que da sentido y significado a nuevas experiencias y nuevos conocimientos.

Por otra parte, cuando se hace uso en la escuela de experiencias realizadas por otros sujetos -los “científicos”, quienes las desarrollaron en un contexto diferente con unas intenciones propias- y se trasponen en el aula buscando que los estudiantes logren aproximarse al nivel de comprensión y análisis que aquellos sujetos lograron en su momento; esta forma descontextualizada de trabajar no permite que los estudiantes se cuestionen, reflexionen y, menos aún, hagan uso de ideas previas que poseen para orientar sus acciones, como bien lo han señalado diversos autores (véase por ejemplo D. Hodson, *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*, Enseñanza de las Ciencias, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994). Vincular la experiencia de los estudiantes a sus procesos cognitivos en el aula es, pues, una necesidad que se impone si se pretende hacer de la enseñanza de las ciencias una actividad más significativa para estudiantes, para la escuela y para el país.

Para profundizar sobre el papel de la experiencia en la actividad cognitiva, consideramos pertinente presentar, ahora, los planteamientos de P. Guidonni y E. Mach. El primero plantea que esas vivencias que tiene el sujeto en la interacción con su entorno físico y cultural quedan en el recuerdo convirtiéndose en experiencia; cuando el sujeto se encuentra frente a situaciones similares hace uso del recuerdo del resultado de la situación y no precisamente de la situación particular en que la obtuvo; se evoca, entonces, el producto de la situación más no la situación como tal. Cuando se evoca estos recuerdos es porque hay una necesidad de confrontarlas con nuevas vivencias, lo que permite ampliar la experiencia para realizar procesos cognitivos.

Por su parte Mach resalta la importancia de las sensaciones en los procesos de conocimiento y en particular en la formación de la experiencia; y más que recuerdo, asociación y organización de vivencias, a lo que hace referencia Guidoni para la construcción de la experiencia, Mach considera el recuerdo, la asociación y organización de sensaciones.

Antes de profundizar la visión de Mach acerca de las sensaciones es conveniente revisar las definiciones que usualmente se le da a la palabra “sensación”; así, se encuentran las siguientes connotaciones: *1. Impresión que las cosas producen en la mente por medio de los sentidos: sensación de frío, de oscuridad. 2. Emoción producida en el ánimo por un suceso o noticia: la novela causará sensación. 3. Presentimiento, intuición: me da la sensación que volverá pronto.*<sup>7</sup>

Poniendo atención en la primera definición se podría concluir que la sensación es el producto de una acción externa al sujeto que lo impresiona desde una realidad externa, así pues, se estaría reforzando la problemática que se ha venido criticando, el de una Naturaleza existente independiente de los sujetos que es capaz de ejercer acciones sobre ellos. Pero para Mach, lo mismo que para Einstein, la sensación le permite “construir” las cosas externas, el “mundo real externo” y no necesariamente lo contrario.<sup>8</sup>

Supongamos un cuerpo que termina en punta S. Si tocamos esta punta S recibimos un pinchazo. Pero en el momento que recibimos el pinchazo, vemos la punta S tocar nuestra piel. Así, pues, la punta visible [sensación también]<sup>9</sup> es un núcleo permanente al cual se une el pinchazo como una cosa accidental. En todos los demás casos análogos a éste, nos habituamos a considerar todas las propiedades de los cuerpos como efectos que, partiendo de estos núcleos permanentes, llegan a nuestro yo por mediación del cuerpo, y los llamamos sensaciones. Pero con ello, este núcleo pierde todo su contenido sensible y pasa

---

<sup>7</sup> <http://www.wordreference.com/definicion/sensaci%C3%B3n>

<sup>8</sup> Claro está que el sujeto se enfrenta a un mundo organizado previamente por su cultura mediante el lenguaje, en la cual él se configura como tal; mundo que supone exterior a él.

<sup>9</sup> La explicativa es nuestra.

a la categoría de mera idea simbólica. Es según esto, cierto que el mundo sólo consiste en nuestras sensaciones. (Mach, 1.987, p. 117)

Tal como lo muestra Mach el sujeto queda con la sensación del pinchazo vinculado a la sensación visual de un objeto puntiagudo más no con el evento particular. Hay, pues, sensaciones que permanecen en nuestro recuerdo neto y que se suelen considerar como fuente o articuladora de otras sensaciones a las cuales permanecen adheridas; por ejemplo el olor de amoníaco, es una sensación que permanece en la memoria, la sola presencia del frasco que contiene el amoníaco nos recuerda su olor. “El conjunto de las sensaciones anteriormente experimentadas y conservadas por el recuerdo, actúa y se articula a cada nueva sensación”. Así, según Mach, las sensaciones son propias del sujeto y son construidas desde la experiencia, ya que se dan y organizan en el proceso de asimilación y vinculación a la red de sensaciones elaborada anteriormente.

Se puede afirmar entonces la necesidad de proponer un trabajo en el aula a los estudiantes que les permita hacer uso de los recuerdos de vivencias (en el sentido de Guidoni) o de sensaciones para articular nuevas vivencias o sensaciones y de esta forma ampliar su experiencia y desarrollar procesos de conocimiento.

Tres aspectos característicos de la experiencia ameritan ser destacados aquí: uno, si bien el sujeto la conforma en su interacción con su entorno físico y cultural, esta hace parte de él y lo define; dos, la experiencia constituye un todo organizado; y, tres, la experiencia es la base de la constitución del mundo exterior por parte del sujeto.

Resulta pues necesario reivindicar que existe un sujeto que es el eje de la construcción de conocimiento; es el sujeto quien puede dar cuenta de las organizaciones propias de sus sensaciones y vivencias como acertadamente lo expresan Mach y Guidoni.

### **2.2.1. EXPERIENCIA, OBSERVACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN**

Contrario a lo expresado anteriormente, la experiencia se suele ligar al mundo exterior y la conceptualización a la actividad del sujeto que conoce. Desde la perspectiva fenomenológica que se está intentando mostrar, ésta dicotomía desaparece o difumina.

En primer lugar, es importante tener en cuenta que no es posible tener un acceso directo a la realidad, si se quiere hablar de ésta. Como se ha dicho, usualmente se asume que al entrar en relación con el mundo físico real, éste genera en los sujetos sensaciones, detrás de las cuales se oculta la realidad; se considera que detrás del mundo caótico de las impresiones sensoriales existe una realidad ordenada a la cual se debe acceder. Sin embargo, como bien lo señala P. Duhem a través de la observación sólo se accede a las apariencias sensibles en contextos particulares. Al respecto Duhem afirma:

La observación de los fenómenos físicos no nos pone en relación con la realidad que se oculta bajo las apariencias sensibles, sino que nos pone en relación precisamente con esas apariencias sensibles, contempladas de forma particular y concreta. (Duhem, 1914, p.6).

Las sensaciones en el sentido que Mach propone, son propias del sujeto y construidas desde la experiencia, en la medida que asimila y articulan nuevas sensaciones a la red de éstas elaborada anteriormente; por lo tanto, se podría decir que la observación no permite relacionarse con la “realidad”, por lo menos no una independiente del sujeto, pues ésta no existe, en sentido estricto, sin las sensaciones que organiza el sujeto para construir conocimiento.

Nuestra reflexión, por ende, no se refiere entonces a ese algo externo que se considera es causa de nuestras sensaciones con las que edificamos los hechos de nuestra experiencia, se refiere a nuestra experiencia como tal. ¿Qué relación existe entre esa red de sensaciones y vivencias que conforman nuestra

experiencia y el conocimiento de un mundo que se supone real y externo? es un interrogante que surge.

Un eje estructural del planteamiento de Guidonni sobre la dinámica cognitiva es la relación de la experiencia con el lenguaje y el conocimiento. Al respecto afirma:

Como primer punto podemos reflexionar sobre experiencia, lenguaje y conocimiento... Estas palabras y esta disposición quieren significar que, por lo que se sabe, y en cualquier nivel... el sistema cognitivo es analizable según estos mismos tres términos...Vemos pues, que hay experiencias, hay modos de hablar, hay cosas de las que se pueden hablar, y hay conocimientos. El problema, más complicado es, quizás cómo entender "conocimiento" respecto de "experiencia" y "lenguaje": si experiencia es aquello que se vive en la interacción directa con la realidad, conocimiento es aquello que viene como "desprendido" de la realidad misma, y reconstruido, a través de un lenguaje, de manera autónoma. (Arca y otros, 1990, p. 27).

Los objetos de los que hablamos son objetos de nuestra experiencia, lo que decimos de ellos, las maneras como procedemos con ellos y la organización que hacemos de los mismos hace parte de los procesos cognitivos en un papel activo del sujeto en los que éste tiene necesidad de cuestionarse, explicitar su experiencia por medio de un lenguaje para socializarla y luego tener la capacidad de reorganizar experiencias anteriores con nuevas vivencias complejizando y ampliando así sus explicaciones y conocimientos, conformando y enriqueciendo así, mediante este proceso subjetivo e intersubjetivo, aquello que denomina realidad o mundo real externo.

Algunas observaciones o sensaciones se quedarán en el nivel personal, y tendrán valor como opinión de cada uno; otra parte, en cambio, se convertirá en patrimonio de todos cuantos acepten su significado, comprendan sus conexiones internas, la identifiquen mediante nombres apropiados, y se sirvan de ella para explicar y comprender otras situaciones. De este modo, se puede llegar desde las observaciones particulares a la construcción de un «conocimiento común a la clase»; a la identificación con las «reglas generales» que en cuanto tales son esquemáticamente reproducidas por los libros y propuestas por los enseñantes como «resumen» de las experiencias de todos los hombres. (Arca, Guidonni, Mazzoli, 1.990, pag.83)

Mach, por su parte, plantea la relación experiencia conceptualización en los siguientes términos:

Es de las sensaciones y de sus combinaciones de donde surgen los conceptos; en un caso dado, su papel es el de conducirnos por los caminos más cómodos y más rápidos a las representaciones sensibles que estén en perfecto acuerdo con las sensaciones. Así toda la vida intelectual parte de las sensaciones para volver a ellas. Las representaciones sensibles son por así decir, los verdaderos obreros; pero los conceptos son los organizadores y los vigilantes que asignan a los obreros su lugar y su tarea. (Mach, 1.948, pag.126).

Ahora bien, la observación es una actividad central en el proceso de conformación y ampliación de la experiencia. No obstante la observación pareciera ser en primera instancia un acto eminentemente pasivo y dependiente del mundo exterior e independiente del sujeto que observa, asumiéndosele como el acto de dejarse impresionar por el mundo exterior; es importante tener en cuenta que tiene un carácter que pone de manifiesto la actividad del sujeto en tres sentidos: primero, sólo se observa aquello que se busca (forma de mirar), segundo, lo que se ve depende de las formas de pensar y, tercero, es necesario, en general, generar condiciones para observar, para producir los efectos que se quieren observar.

La observación es entonces una actividad intencionada susceptible de grados variables de sistematización, pero siempre organizada por la intención y por las formas de mirar y de pensar; es decir, siempre está ligada a la actividad intelectual, al pensamiento. La observación intencionada permite clasificar, discriminar, comparar rasgos del fenómeno que establece el sujeto para luego a partir de discusiones con otros sujetos que realizan el mismo ejercicio –con planteamientos propios- se pueda explicitar las experiencias y por ende construir conocimiento.

La relación pensamiento y observación en el proceso de conocimiento es planteada clara y sintéticamente por Mach (1948) de la siguiente manera: la observación es la adaptación de los pensamientos a los hechos, y la adaptación de los pensamientos entre sí, la teoría.

La adaptación de los *pensamientos* a los *hechos*, es para decirlo mejor, *la observación*; la adaptación de los *pensamientos entre sí*, la teoría. (Mach, p.142).

El reconocimiento de la imposibilidad de desligar la observación del contexto cultural en que se da y por tanto de las formas de pensar e intencionalidades que la movilizan le permite a Heidegger hacer una crítica a la validez absoluta del conocimiento científico y su progreso.

Por eso, carece completamente de sentido decir que la ciencia Moderna es más exacta que la de la Antigüedad. Del mismo modo tampoco se puede decir que la teoría de Galileo sobre la libre caída de los cuerpos sea verdadera y que la de Aristóteles, que dice que los cuerpos ligeros aspiran a elevarse, sea falsa, porque la concepción griega de la esencia de los cuerpos, del lugar, así como de la relación entre ambos, se basa en una interpretación diferente de lo ente y, en consecuencia, determina otro modo distinto de ver y cuestionar los fenómenos naturales. (Heidegger),

Las consideraciones sobre la observación de J. F. Malagón en su escrito sobre *Teoría y experimento, una relación dinámica: implicaciones en la enseñanza de la física* destacan también y muy apropiadamente la íntima relación entre esta actividad y la actividad conceptual.

Podemos decir que observar no es pasar la vista por encima sino buscar unos elementos de juicio siguiendo un cierto orden conceptual, ya que el que unos datos “desnudos” constituyan elementos de juicio, presupone ya que están inscritos en un cierto marco conceptual. La recolección de datos a ciegas es probablemente imposible, puesto que incluso a los niveles más elementales de la percepción existe siempre ya funcionando algún marco racional selectivo. No cabe la menor duda de que al nivel de la observación científica, lo que llamamos observación y lo que denominamos actividad teórica están indisolublemente ligados. Para que una observación científica sirva de algo ha de ser en contra o en favor de una idea: la razón de ser del observar no está únicamente en recoger y acumular observaciones sino en “buscar” y “sacar a la luz” un cierto orden existente en los hechos; de ahí que el observable siga en su desplazamiento a los intereses y finalidades de la indagación y haga que los resultados que obtengamos acompañen a las intenciones que nos guían...En la estructuración de las teorías, los físicos no realizan cualquier experimento y observación que se les ocurra, sino que la clase de experimentos y observaciones que se realiza se sigue obviamente de lo que están tratando de encontrar o de mostrar. Así por ejemplo, si se piensa que se está en presencia de una nueva clase de rayo, se experimentará para saber si puede ser desviado por un campo magnético o eléctrico, si puede ser reflejado o refractado, si es polarizable y así sucesivamente. Así todas estas actividades surgen de suponer que el nuevo rayo puede ser descrito en términos de teorías ondulatorias, y los experimentos realizados servirán para apoyar o contradecir



esta idea (Malagón, 2003).<sup>10</sup>

El desconocimiento de la íntima relación entre los esquemas conceptuales y la observación es lo que les permite a muchos asumir la experimentación y observación como actividades que juzgan la validez de las teorías, al considerar que hay una independencia entre estas actividades y la teórica. Por ejemplo, M. Bunge cuando presenta la diferencia entre ciencia formal y ciencia fáctica<sup>11</sup> propone que una de las diferencias es que esta última necesita de la observación y experimentación para comprobar sus conjeturas. Es decir, las ciencias fácticas tienen que mirar las cosas, y, siempre que les sea posible, deben procurar cambiarlas deliberadamente para intentar descubrir en qué medida sus hipótesis se adecuan a los hechos. (Bunge,).

Y ¿qué decir de la relación entre los esquemas conceptuales y la experiencia? ¿Hasta qué punto las formas de organización y de pensar son independientes de la experiencia? Al respecto M. Arcá y P. Guidoni (1987) llaman la atención sobre cómo esquemas básicos para la organización de la experiencia y por lo tanto del mundo como pueden ser los números o los conceptos espaciales elementales dependen de la experiencia. La aritmética y geometría elementales, por ejemplo pueden ser consideradas como sistemas primarios de formas y relaciones entre formas “abstraídas” de lo “concreto”, que han sido adaptados para dar forma a nuestras percepciones y conocimiento sobre aspectos fundamentales espaciales y físicos de la realidad, *“sin que haya confusión por ello entre el número- que da forma a la multiplicidad de los objetos- y los objetos; ni entre las formas de los objetos y sus relaciones, y los objetos mismos.”* (Arcá et al.1987, p.138). Si se viviera en un mundo gaseoso, por ejemplo, donde no se pudieran diferenciar objetos, resultaría muy difícil pensar en números enteros o en números naturales o manejar las nociones geométricas que se manejan; conceptos basados a su vez

---

<sup>10</sup> *Teoría y experimento, una relación dinámica: implicaciones en la enseñanza de la física. Pre-impresos, Depto. de Física, UPN. 2003.*

<sup>11</sup> Bunge plantea que las ciencias formales son las que se caracterizan por sólo la lógica como la matemática pura mientras que las ciencias fácticas son aquellas que necesitan de la matemática para su formalización como la física.

en la idea de objetos permanentes rígidos, que conllevan a suponer una estabilidad temporal y espacial de las sensaciones.

En este orden de ideas, es importante destacar también que no es la precisión lo característico de la observación; la orientación de la acción es lo que le da sentido a la misma. No se trata de describir las cosas y eventos en todo su detalle, se trata de observar para saber cómo actuar, para predecir lo que puede ocurrir, para anticiparse a los hechos.

En el contexto de la construcción fenomenológica, el observar tiene un significado muy particular, debe ser intencionada, con la que se busca responder a preguntas planteadas por cada sujeto, desde su experiencia. Las prácticas de laboratorio deben ser, entonces, un medio para que se produzcan unos efectos y poder reflexionar sobre ellos, enriqueciéndolos a partir de lo que se quiere indagar, delimitándolos, comparándolos y de esta manera avanzar en la caracterización de un fenómeno.

### **2.3. SOBRE LA EXPLICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y REPRESENTACIÓN EN LA ACTIVIDAD COGNITIVA**

---

Desde una perspectiva que privilegia la existencia objetiva de la Naturaleza y sus leyes por encima de las formas de conocer de los sujetos, es común encontrar como objetivo de la enseñanza de las ciencias, cuando se quiere reivindicar la actividad del estudiante, construir explicaciones. Dado que se parte de la premisa de que los hechos sobre los cuales se basa la idea de naturaleza y realidad están dados per se; es de esperar que la actividad cognitiva se centre, además de descubrirlos, en encontrar la forma de dar cuenta de éstos y para ello se considera hay que tener como premisa las leyes que regulan la naturaleza.

No es extraño, entonces, que conocer la verdad, se constituya, quizás, en el principal motor de la actividad pedagógica al enseñar ciencias; pero como la

formación del estudiante también es un objetivo importante en la educación, la preocupación por la comprensión que logran los estudiantes de lo que aprenden ha venido adquiriendo cada vez más relevancia, en especial, a partir del auge del constructivismo.

Pero como dice G. Guerrero (2012)<sup>12</sup>, mientras la comprensión es una categoría psicológica, subjetiva y contextual, la verdad es una categoría epistemológica, que se presupone universal e independiente de los contextos. .

Explicar un hecho es hacerlo inteligible o comprensible: solicitar una explicación es querer entender o comprender algo; el propósito de la explicación es producir ese entendimiento o comprensión que se desea. La comprensión es una categoría psicológica, no epistemológica; mientras que la verdad es una categoría epistemológica. Esta diferencia hace que la comprensión sea contextual...mientras que la verdad no lo es. (Guerrero, 2012)

Al ser estas dos pretensiones antagónicas para quienes mantienen posturas realistas y constructivistas a la vez, en cuanto asumen, de una parte, al conocimiento científico como el conocimiento que describe la realidad objetiva y, por otra, se busca promover la actividad del estudiante en el aprendizaje de las ciencias, plantean una situación difícil de abordar.

Así por ejemplo, refiriéndose a la enseñanza de las Ciencias la perspectiva constructivista hace énfasis en la importancia del papel activo de los sujetos en los procesos cognitivos, tal como lo expresa Pozo:

...la perspectiva constructivista plantea que el conocimiento es subjetivo, una construcción de los sujetos, quienes se consideran como agentes activos y no pasivos. El conocimiento no se transmite, el papel del sujeto no es de receptor, que repite y reproduce sistemas de conocimiento ya elaborados. (Pozo, 1.996).

En general, en el constructivismo el papel activo del sujeto del que se hace referencia está limitado por el uso de las ideas previas que se tiene y que son el punto de partida para la construcción de conocimiento, las cuales se clasifican entre apropiadas o no apropiadas teniendo en cuenta su “acomodación” al

---

<sup>12</sup> Tomado de la conferencia titulada *Pragmática de la explicación científica. Una reflexión pertinente para la enseñanza de las ciencias*. II Encuentro Nacional de Grupos de Investigación de la Enseñanza de las Ciencias, Cali, 2012.

conocimiento científico para la situación analizada. Entonces, para realizar esta clasificación se suele comparar con las teorías científicas existentes, de modo que una idea previa se considera apropiada si coincide con las conclusiones que se pueden derivar de la teoría científica para la situación estudiada. “En algunos casos las ideas previas de los estudiantes no guardan relación con la concepción científica y puede ser necesario construir un modelo alternativo.”(Driver, 1.987)

Es posible afirmar que en esta perspectiva se asume que lo verdadero –lo correcto- es lo que se encuentra o se infiere desde las teorías científicas vigentes, de tal manera que la explicación construida a partir de las ideas previas es correcta si “guarda relación” con la teoría; en otras palabras, el grado de validez de las explicaciones construidas dependería de su cercanía a las “verdades” ya establecidas o por lo menos más aceptadas de acuerdo al conocimiento científico; si no es así, se haría necesario promover un cambio conceptual, dado que se considera que la verdad y la realidad está dada de antemano en las teorías científicas.

Teniendo en cuenta lo que plantea Guerrero, se observa cómo desde ciertas perspectivas, comúnmente aceptadas en el medio escolar, existe una estrecha relación entre la explicación y lo verdadero:

La ciencia busca explicaciones, pero nada es una explicación a menos que sea verdadera; como [se considera que]<sup>13</sup> una explicación es un argumento, entonces las premisas del argumento tienen que ser verdaderas; y como las explicaciones científicas se hacen desde una teoría, entonces la teoría ha de ser verdadera. Del hecho que una teoría explique, se infiere que la teoría es verdadera. (Guerrero, 2012)

Pero, es importante resaltar, prosigue Guerrero (2012), que las explicaciones dependen del contexto, el cual define la pregunta, su pertinencia y la forma como se responde. Mientras que con la teoría se establece una relación binaria teoría–hecho, con la explicación se establece una relación ternaria “*entre el hecho (a explicar), teoría (desde lo que se explica) y contexto (los usuarios de la teoría)*”. El

---

<sup>13</sup> La aclaración es nuestra.

contexto desde el cual se da la explicación involucra normalmente *“la orientación e intereses de aquellos para quienes la explicación es significativa, aspectos que desde luego no hacen parte de la verdad... Una explicación no es un argumento sino una respuesta a una pregunta por qué, y en esa medida será por completo contextual: la misma pregunta puede ser respondida de maneras distintas en contextos distintos, incluso en alguno de ellos puede no ser pertinente...”*. Así pues, a lo largo de la historia se pueden nombrar muchos casos en los que una teoría física explica un hecho pero que en otro contexto se considera que no lo hace.

Por otro lado, si bien se suele dar por sentado que la teoría tiene una función explicativa es importante tener en cuenta que esta postura no es compartida por todos. Para Duhem (1914), por ejemplo, *una teoría física no es una explicación. Es un sistema de proposiciones matemáticas, deducidas de un pequeño número de principios cuyo objeto es representar de la manera más simple, más completa y más exacta posible un conjunto de leyes experimentales* o de regularidades que se pueden establecer en la organización de la experiencia en torno a una cierta clase de eventos o fenómenos. Vistas así las cosas, la representación comienza a ser una categoría central en la actividad cognitiva.

Ahora bien, más que centrarnos en una polémica en torno a la función explicativa, descriptiva o representativa de una teoría, que podría darse cuando se mira el conocimiento como un producto, es decir, como un corpus organizado de conceptos, principios, leyes, etc.; o en una disertación sobre la explicación y los tipos de explicación que pueden considerarse<sup>14</sup>, nos interesa ubicarnos en el

---

<sup>14</sup> J.Gilbert.citado por S.B. Concari, en *Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza* de las ciencias (<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n1/06.pdf>) plantea cinco categorías de explicación: 1) Por qué se solicita la explicación, es decir, cuál es el problema al que se responde (explicación intencional); 2) Cómo se comporta el fenómeno explicado (explicación descriptiva); 3) De qué se compone el fenómeno (explicación interpretativa); 4) Por qué el fenómeno se comporta como lo hace (explicación causal); y 5) Cómo debería comportarse en otras circunstancias (explicación predictiva).

contexto de la actividad de ampliación y organización de la experiencia y producción de conocimiento.

Las consideraciones desarrolladas hasta el momento llevan a pensar la actividad cognitiva en el aula como una actividad que ha de orientarse primordialmente a ampliar el mundo de nuestra experiencia y a elaborar representaciones del mismo. El asumir que la actividad cognitiva en el aula no ha de centrarse ni en la familiarización con los términos y algoritmos científicos, ni en la construcción de explicaciones a la luz del conocimiento científico, implica asumir nuevas posturas frente al significado e importancia que tienen otros aspectos como la observación, la experiencia, el experimento, el fenómeno, el lenguaje, las representaciones, así como reconocer la relevancia de consideraciones como las planteadas anteriormente al respecto y otras que desarrollaremos a continuación sobre la representación y el lenguaje, con las que se ha pretendido caracterizar una visión fenomenológica de las ciencias y su enseñanza; intención propia de esta investigación.

### **2.3.1. ACERCA DE LA REPRESENTACIÓN**

A partir de la reflexión histórica que se ha hecho sobre la concepción de la realidad en el primer apartado de este capítulo y las consideraciones posteriores sobre la experiencia y la observación, se ha dejado en claro que la actividad cognitiva no se despliega sobre una realidad externa e independiente del sujeto cognoscente, el mundo al que se refiere nuestro conocimiento es el mundo de nuestra experiencia, o en términos de Kant no es la cosa en sí sino los fenómenos, es decir, lo que se nos aparece o representamos a través de nuestra sensibilidad.

¿Cómo podría ser despertada a actuar la facultad de conocer sino mediante objetos que afectan a nuestros sentidos y que ora producen por sí mismos representaciones, ora ponen en movimiento la capacidad del entendimiento para comparar esas representaciones, para enlazarlas o separarlas y para elaborar de

ese modo la materia bruta de las impresiones sensibles con vistas a un conocimiento de los objetos denominado experiencia? (Kant, p.1).

Los sentidos representan los objetos tal como se manifiestan, mientras que el entendimiento los representa tal y como son. ... El entendimiento y la sensibilidad que nosotros poseemos sólo pueden determinar objetos si actúan conjuntamente. Si los separamos tendremos intuiciones sin conceptos o conceptos sin intuiciones. (Kant, p. 314).<sup>15</sup>

La representación es una noción central en la perspectiva fenomenológica. Usualmente se supone que la representación supone una dualidad entre el representante y lo representado y más aún que uno es una imagen especular del otro.

Representar es sustituir, dar presencia a un ausente y, por tanto, confirmar su ausencia. La representación supone en este caso una dualidad representante representado. Se representa para hacer presente algo, pero ese algo es distinto y existente, a lo cual la representación sustituye. En la noción de representación subyace el supuesto de un algo objetual que se representa. (Rico, L., 2009).

De acuerdo a lo trabajado anteriormente el fenómeno es una elaboración que hace el sujeto a partir de efectos sensibles que dependen de sus formas de mirar y de pensar. En ese sentido el fenómeno es dependiente del sujeto y es cambiante como también lo es el sujeto cognoscente: fenómeno y sujeto se conforman entre sí en un juego dialéctico y dinámico; el sujeto cambia en la medida que sus formas de organizar lo sensible dependen a la vez de su experiencia y si estas cambian también varía la organización de su experiencia. El carácter dinámico y cambiante del sujeto y del fenómeno nos lleva necesariamente a re significar lo que se entiende por representación.

La representación como reflejo especular o, expresado en términos matemáticos, la representación como isomorfismo, es un caso especial poco relevante de la representación. (Ibarra y Morman)

Uno de los autores que plantea estos cuestionamientos es S. Woolgar, que afirma: “Los objetos del mundo natural **se constituyen**, en virtud de la representación, en vez de ser algo pre-existentes a nuestros esfuerzos por

---

<sup>15</sup> Rico, L. (2009). Sobre las nociones de representación y comprensión en la investigación en educación matemática. PNA, 4(1), 1-14

‘descubrirlos’” (Woolgar,1991); Woolgar junto con otros sociólogos de la ciencia B. Latour, entre ellos, plantean la etnometodología que se basa en la descripción del trabajo de los científicos en el laboratorio (Echeverría, 1.998) por medio del cual dan cuenta del mundo natural a través de las representaciones que elaboran. Es así como Woolgar y Linch comienzan a valorar los diferentes medios de representación como: gráficos, tablas, dibujos, huellas ecuaciones, textos, fotografías, entre otras. La actividad científica gira, entonces, en torno a la producción, selección, re arreglos y discusión en torno a esas representaciones y no a los objetos naturales como tales. (Suarez, 2.007).

Entonces, podemos afirmar que representar no es nunca elaborar una copia, es ante todo una actividad constructiva intencionada, de organización, mediada por el lenguaje, de formación de esquemas, donde se busca resaltar y nombrar lo relevante. La representación, define lo representado. Más aún la representación representa tanto formas de mirar y pensar del sujeto como formas de ser del fenómeno.

Considerar la representación como un juego del lenguaje, en el sentido planteado por Wittgenstein elimina la separación entre objeto representado, dispositivo de representación y representación (Granés, J. y Caicedo, L. M., 1999). Desde esta perspectiva se podría pensar que los modelos y representaciones a la vez que modelan y representan con el lenguaje algunos rasgos de nuestras formas de razonar, de nuestras imágenes y experiencias, son modelos y representaciones de aquello que elaboramos y consideramos como el “mundo real”, el mundo que habitamos.(Ayala et al., 2008)<sup>16</sup>

Mirada la representación desde este enfoque, con este término se hace, entonces, referencia a los modos lingüísticos de diferente tipo, verbales y no verbales (palabras, signos, dibujos, fórmulas algebraicas, procedimientos, etc.) con los cuales los sujetos comunican sus experiencias y caracterizan los comportamientos y fenómenos que se buscan destacar (Malagón, et al. 2013). *Como afirma Gooding, es claro que los modos lingüísticos de representación*

---

<sup>16</sup> Ayala, M. et al. (2008). *Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos.*



*influyen en los pensamientos formulados en ellos y más aún que no podemos pensar sin ese sistema de representación. Eso también es válido para las formas no verbales de representación. Algunas veces – dice Gooding - “las referencias a un nuevo fenómeno están articuladas procedimentalmente antes de que pueda ser expresado en un conjunto de imágenes verbales o visuales. Estas representaciones se pueden articular como conceptos instrumentalmente útiles antes de que sean incorporados en un marco teórico, de modo que es posible suponer que dan forma a las teorías para interpretar y explicar los fenómenos que describen.”<sup>17</sup>*

En conclusión para estos autores la ciencia es una construcción de los sujetos y mientras unos colocan el acento en la actividad social inherente en la ciencia, en cuanto las representaciones que se realizan en los laboratorios por los científicos siempre son motivos de debates discusiones y acuerdos de diversos tipos, otros, lo hacen en otros aspectos. Hacking, por ejemplo “concede más importancia a los instrumentos científicos, en donde se materializan los saberes teóricos y prácticos de los científicos, que a los debates y a la retórica que éstos puedan utilizar ulteriormente.” (Echavarría, 1998).

El carácter realista que se le puede asignar al conocimiento por la coincidencia o acuerdo que se puede establecer entre diferentes representaciones reposa, desde nuestra perspectiva en la comunicación, en la posibilidad de que la representación de uno tenga significado para otro, y no en que haga referencia a algo exterior independiente de los sujetos involucrados. Más aún, independizarla de sus gestores, es un producto del esfuerzo comunicativo y de socialización: lograr que otros vean lo que uno ve y le encuentren sentido y den el significado que uno le da.

---

<sup>17</sup> Tomado de Malagón et al., (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias. UPN, Introducción.

## 2.4. EL LENGUAJE COMO DINAMIZADOR EN LA CONSTRUCCION DE CONOCIMIENTO

---

En el contexto de ésta investigación el lenguaje construido por los sujetos es esencial cuando se hace referencia a las dinámicas de construcción de la fenomenología en este caso del magnetismo. Se quiere especificar el lenguaje desde dos aspectos: el proceso interno que realiza el sujeto antes de expresar de forma escrita o verbal sus organizaciones y la importancia de entrar en diálogo con otros sujetos para ampliar o complejizar dicha organización.

Teniendo en cuenta el primer aspecto en la enseñanza de las ciencias se puede plantear la siguiente problemática, en cuanto al uso del lenguaje, se observa, por lado, un afán por hacer uso de lenguajes especializados -técnicos- que son ajenos al estudiante y carecen de significado para él; por otro, se usa términos sin tener en cuenta que tiene o puede tener diferentes significados para quienes están involucrados en el proceso educativo. Esto conlleva a que se utilizan términos haciendo referencia a representaciones ajenas a la palabra nombrada o que un mismo término hace referencia a cosas distintas.

En el lenguaje se evidencian dos aspectos claros, que los define Wittgenstein en su libro azul (1976): un lenguaje inorgánico, que hace referencia al uso de los meros signos y un lenguaje orgánico, que hace referencia al comprender, significar, interpretar esos signos. Tal como la problemática anterior plantea en la enseñanza en muchas ocasiones se le da mayor relevancia al lenguaje inorgánico, es decir, frente a una situación el profesor queda satisfecho si el estudiante contesta con términos como fuerza, energía, velocidad por ejemplo. Pero en realidad ¿en qué está pensando el estudiante al hacer uso de estas palabras? ¿el involucrarlas en su discurso permite establecer si está comprendiendo el fenómeno en estudio o no?

En este sentido, Guidonni a los signos los denomina nombres que hacen referencia a los objetos, situaciones o individuos, pero al igual que Wittgenstein esos nombres son el producto de una organización de atributos que Guidonni lo denomina “estados”, porque es lo que se conserva en el tiempo, no obstante en algunos casos se sabe acerca de los atributos pero no el nombre. Sin embargo, la comunicación es posible.

Ahora bien, se ha observado que los signos o los nombres no se utilizan del todo fuera del contexto; de alguna manera el sujeto hace asociaciones a los objetos para poder designarle un signo, por lo tanto en los procesos de enseñanza son muy importantes.

Frente a una situación el sujeto habla de lo que observa, asociando los signos que usa a sensaciones y experiencias previas que tenga. Cuando no se tiene certeza en los signos para expresar la organización que realiza mentalmente utiliza los dibujos o las gráficas. Tener en cuenta este proceso permite guiar al estudiante con actividades que permitan concientizarlo que aunque el signo es importante tiene mayor trascendencia desde ésta propuesta la carga conceptual que tiene detrás de los signos. De acuerdo con esto se comparte con Wittgenstein cuando expresa que el experimento permite que la correspondencia de la asociación sea correcta o sea corregida, en este sentido, el experimento<sup>18</sup> brinda elementos que hacen posible organizar lo que se quiere decir acerca de la observación que se está realizando, una observación intencionada porque se tiene el objetivo de expresar de una manera más completa lo que se quiere decir.

Así pues, el lenguaje desempeña un papel dinamizador en el proceso cíclico de las sensaciones, la experiencia, la observación y el experimento; cada uno de estos aspectos permite reorganizar el discurso, pero sería imposible establecer cuál va primero y cual después.

---

<sup>18</sup> Definido como en el capítulo II.

Los planteamientos de Guidonni permiten argumentar el proceso inicial de los sujetos para expresar sus elaboraciones. Cada individuo tiene su propio modo de hablar que expresan modos de pensar por medio de los cuales hay modos de comunicarse y esto en conjunto se convierte en modos de vivir, en modos de ver que está relacionado con los modos de observar la realidad y modos de relacionarse con la realidad.

En este contexto expone el ejemplo de la Geometría, de la cual se conoce la analítica, vectorial, topológica, proyectiva, diferencial, entre otras y “todas representan proyecciones de la espacialidad”, sin embargo, cada una de ellas representan distintos modos de ver, distintos modos de actuar en el espacio, de relacionarse según su propio contexto.

Evidentemente no sabemos inventar una geometría única, omnicomprensiva que abarque todos los aspectos de la espacialidad; esto depende ya sea de nuestro complejo modo de pensar, o de la manera como se ha construido y definido históricamente el fit cultural entre nuestro modo de pensar y el mundo. (Guidonni, Seminario Didáctico de la Facultad de Ciencias).

Así pues, se confirma nuevamente que los sujetos tienen su propia dinámica de conocimiento y que a través del lenguaje se expresa un proceso de organización o reorganización de experiencias. Guidonni expresa:

...y en cualquier nivel hay un plano de experiencias de por sí “indescibles” hay cosas de las que se tiene experiencia y que no se consigue decir, o describir o representar, hay cosas que se saben decir y a las que no se consigue identificar con experiencias. (Guidonni, Seminario Didáctico de la Facultad de Ciencias).

El lenguaje es una forma de comunicación, y por ello su construcción es la expresión de imágenes, representaciones o recuerdos organizados por el sujeto.

Esto permite demostrar que en la problemática que se planteó al inicio del apartado no hay razón para obligar a usar los términos científicos ya que la experiencia permite establecer relaciones entre atributos en una determinada

situación. Guidonni plantea ejemplo desde la medicina, como se pronostica una enfermedad a partir de los síntomas, o a partir de la apariencia del paciente.

Otras veces nos servimos directamente del grado en que se presenta ciertas propiedades para dar -o no dar- un nombre preciso a ciertas situaciones (cuesta demasiado poco para ser piel legítima de una lagartija, ¡habrá sido una culebra!-; con esa glucemia alta podría ser diabetes...).Y en estos casos, se admite implícitamente que todas las otras propiedades están entrelazadas entre sí de tal modo que pueden confirmar la atribución. (Guidonni, Seminario Didáctico de la Facultad de Ciencias).

En el enfoque fenomenológico que se quiere caracterizar el manejo de los detalles, los rasgos y relaciones que establecen los sujetos en una situación determinada es fundamental para ampliar su experiencia y enriquecer su discurso cognoscitivo. Al respecto Mach no utiliza el término de “nombre” sino “palabra” como rótulo de la organización de estos atributos que para él serán las sensaciones, lo que permite a los sujetos comunicarse por medio de un lenguaje. Y la organización de estas sensaciones permite construir conceptos, plantea que el concepto es una elaboración no se forma de manera instantánea, como la impresión sensible, simple y concreta, mientras que cada organización tiene su historia, y su formación psicológica a menudo es muy larga.

Las representaciones sensibles son, por así decir, los verdaderos *obreros*; pero los conceptos son los *organizadores* y los vigilantes que asignan a los obreros su lugar y su tarea. (Mach, 1.948)

Muchos autores desde perspectivas filosóficas y psicológicas han intentado dar explicación a cerca del lugar y la forma como los sujetos construyen su lenguaje, sin embargo, para este trabajo se retoma por un lado la importancia que tiene el lenguaje en los procesos cognitivos construidos individualmente y colectivamente y por otro la relación que tiene el lenguaje con los otros aspectos que constituyen hablar de la fenomenología de un fenómeno natural o del proceso de configuración de un fenómeno.

---

## **LA REPRESENTACIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO Y LA AMPLIACIÓN DE LA EXPERIENCIA**

---

El enfoque que se está caracterizando como ya se ha expuesto anteriormente tiene como objetivo principal reconocer que los sujetos tienen una experiencia, que a partir de unos procesos cognitivos la organiza y de ésta manera amplia su experiencia construyendo simultáneamente lenguaje y conocimiento. Es claro que para desarrollar este propósito toma importancia **el experimento**. Y si bien se suele considerar el experimento como un elemento clave en la enseñanza de las ciencias, el papel que puede desempeñar depende en gran medida tanto de las ideas que tenga el profesor sobre esta actividad, el conocimiento y el fenómeno que aborda, como de la información disponible en los libros texto y otros medios de comunicación y divulgación de las ciencias.

Iniciaremos el desarrollo de este capítulo con la presentación de algunas consideraciones generales sobre el experimento. Luego, asumiendo los libros texto como fuente de primera mano en el aula tanto para maestros como para estudiantes, se realizará un análisis que permita detallar, por un lado, la forma como se aborda el tema de magnetismo y la manera cómo se establece relación con el experimento, y, por otra, el papel que puede desempeñar el estudiante al entrar en contacto con la información presentada por el texto.

En tercer lugar, se acude a revisar procesos adelantados por autores en textos originales que han consolidado la fenomenología del magnetismo para concretar elementos<sup>19</sup> fundamentales en la forma como se construyen representaciones de un fenómeno, en este caso lo relacionado con lo magnético.

---

<sup>19</sup> Elementos que se han descrito en la primera parte del trabajo.

Por último, se analiza la forma de proceder de un grupo de estudiantes de grado sexto que por primera vez analizan los efectos relacionados con el imán, con actividades propuestas en dos trabajos de grado<sup>20</sup>, centrándonos en el análisis de las respuestas de los estudiantes en aspectos como la forma de representación, de organización y de clasificación; que permite hacer un paralelo con los trabajos adelantados por Gilbert y Faraday, y avanzar en la caracterización del papel que puede jugar el experimento en la ampliación de la experiencia y construcción de la fenomenología del magnetismo por parte del estudiante.

### 3.1. SOBRE EL EXPERIMENTO

---

A través del discurso que se ha venido exponiendo se ha pretendido mostrar la concepción y relación entre sí de aspectos tales como realidad, observación, sensaciones, experiencia y representación, sin embargo en el ámbito de la enseñanza y en el trabajo de los científicos no se puede dejar de lado el papel del experimento.

Las teorías físicas, según Duhem, son representaciones y organizaciones de las leyes experimentales, y una ley física no es más que el resumen o síntesis de una infinidad de experimentos que han sido hechos o que podrán ser hechos (Duhem, p.190). Otros, *los empiristas constructivistas*, como los denomina D.Calvo Vélez (2006) en *Modelos teóricos y representación del conocimiento*<sup>21</sup> dirán, en el mismo sentido que las teorías representan los fenómenos, y nos permiten organizar y dar un significado cognitivo a los hechos empíricos conocidos y predecir otros. En este contexto es donde se cuestiona qué es el

---

<sup>20</sup> “Introducción al Magnetismo. Una propuesta con enfoque fenomenológico”, por Magali Bravo y “El estudio de las propiedades magnéticas de los materiales desde un enfoque experimental como contribución a la alfabetización científica”, por Luis Cuellar y Yecit Torres.

<sup>21</sup> Calvo Vélez, D. (2006) en *Modelos teóricos y representación del conocimiento*, Tesis de doctorado, Facultad de Filosofía, Universidad Complutense de Madrid.

experimento de física, cuál es su relación con la teoría, con la experiencia, con el fenómeno y con las representaciones que el sujeto elabora para dar cuenta de sus observaciones. Ahora bien, no obstante la actividad experimental se ha convertido en las últimas décadas en un objeto de análisis de la filosofía de las ciencias, al dejarse de considerar la teorización como la actividad central y más importante de la práctica científica y al hacer de esta última su objeto de estudio (Ferreiros, J. y Ordoñez, J. 2002) y (Malagón et al.,2011 y 2013)<sup>22</sup>, no nos interesa hacer una relación de las diversas posturas que se han elaborado desde las diferentes perspectivas filosóficas sobre el experimento. Nos interesa resaltar algunos rasgos del experimento cuando éste se realiza desde un enfoque fenomenológico con el ánimo de ampliar la experiencia.

Para Duhem, el experimento consta de dos partes, la primera, es la observación de ciertos “hechos” y, la segunda, consiste en la interpretación de los “hechos observados” a la luz de las teorías ya aceptadas. Al respecto, es pertinente destacar, aquí, dos aspectos importantes. Uno, toda observación se hace y sólo es posible hacerla desde esquemas conceptuales previos, formalizados en teorías o no; es decir, la observación es contextual movilizadora por intereses de diverso tipo y desarrollada de acuerdo a ciertas formas de mirar y pensar las cosas. Y dos, que no se trata de comprobar la verdad de una teoría, ni establecer una relación entre ciertos conceptos y datos sensibles para facilitar o mejorar su comprensión, sino de poner en juego esquemas conceptuales que permitan complejizar la experiencia propia y orientar el trabajo de indagación y de caracterización de un fenómeno. En síntesis, según la perspectiva fenomenológica que adoptamos no sólo se interpreta, sino se indaga, clasifica, ordena y se organiza a partir de unos hechos observados y de esquemas de organización elaborados previamente, ya sea a partir de la experiencia y actividad cotidiana o de una actividad teórica y de

---

<sup>22</sup> MALAGÓN, F. et al. 1) *Fenomenologías, Magnitudes y Medición. Experimentación en el Aula*, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá 2011 y 2) El experimento y procesos de formalización



formalización más sistemática, intencionada y compleja, todo ello con miras a enriquecer su experiencia y conocimiento sobre una cierta clase de fenómenos.

La diferencia entre la construcción usual y espontánea de conocimiento y los procesos cognitivos que se propone en la investigación se puede ubicar en las dos partes mencionadas del experimento por Duhem. Si bien todos los sujetos hacen observaciones de un hecho específico, las representaciones que cada uno elabora de un mismo hecho son distintas, es decir, dan su propia significación; cuando no se realiza esta segunda parte del experimento se reduce sólo a una mera observación. Así por ejemplo la experiencia que todas las personas tienen acerca del imán es que se pega por ejemplo a las puertas de las neveras, o que atrae puntillas, en una actividad libre propuesta en clase muy posiblemente lo único que les va interesar observar es que las limaduras de hierro fueron atraídas por el imán, lo que concuerda con su experiencia y conocimiento: “el imán atrae el hierro”, a menos que se abra el espacio y se genere un contexto para hacer nuevas observaciones.

Por otro lado, cuando el objetivo es utilizar el experimento para cuestionar el comportamiento y enriquecer la experiencia sobre los imanes, puede comenzar a observar, por ejemplo, que al atraer un imán un clip, éste también puede atraer otro y este otro a otro, hasta cierta cantidad ¿de qué depende?; para ser atraídos los clips no requieren estar en contacto directo con el imán; o que así como el imán puede atraer al clip a través del aire es posible que pueda hacerlo a través de otro material, una tabla de madera, por ejemplo y comenzar a examinar qué ocurre con otros materiales o también comenzar a ver cómo por un extremo se atrae con otro imán pero por el otro se repele, es cuando el experimento empieza hacer parte de un proceso cognitivo porque de cada observación se van elaborando diferentes representaciones: dibujos, discursos verbales o escritos, gráficas, expresiones matemáticas, por ejemplo y se generan nuevas preguntas y nuevas acciones.

En términos generales se podría afirmar que en la actividad experimental se elaboran diferentes representaciones, las cuales incluyen diversidad de medios o dispositivos de representación en la que se pueden distinguir tres diferentes tipos que están íntimamente ligados y que en muchos casos no es posible separarlos. Uno, *medios lingüísticos* con los cuales se comunica lo observado y se fijan las condiciones de observación: dibujos, fotografías, tablas, discursos verbales o escritos, gráficas, expresiones matemáticas, por ejemplo. Dos, *medios materiales*, dispositivos para la producción de efectos y registro de datos, para hacer posible la observación, que van desde indicadores hasta los materiales y aparatos con los que se concreta la producción de los efectos objeto de observación. Y, tres, *medios conceptuales* con los cuales, de una parte, se concretan los intereses e intencionalidades que mueven la acción experimental y la observación y sirven de intérpretes de la observación; y, de otra parte, los nuevos esquemas conceptuales para lograr articular la nueva experiencia con la previa que se expresan a través de nuevos términos (nuevas magnitudes) o nuevos relatos al hablar sobre lo que acontece en ese campo fenoménico.<sup>23</sup>

De acuerdo con lo anterior se comparte con Duhem:

Entre los fenómenos realmente constatados en el transcurso de un experimento, formulado por un físico, se intercala una elaboración intelectual muy compleja, que sustituye una relación de hechos concretos por un juicio abstracto y simbólico. (Duhem, p.210).

En la enseñanza de la física, el experimento se va concretando a partir de las intenciones del observador, y es la necesidad de organizar su

---

<sup>23</sup> Al respecto es interesante tener en cuenta las consideraciones de Conrari sobre el caso de los modelos conceptuales. “*La interpretación de las observaciones y resultados de fenómenos físicos es realizada a través de un proceso que incluye: la construcción teórica de ciertas entidades como sistemas objeto de estudio (por ejemplo luz, partícula, onda, fotón...), la descripción de esas entidades empleando conceptos asociados a ciertos atributos (energía, masa, carga eléctrica...), y otros que establecen relaciones entre aquellos conceptos (fuerza, trabajo, potencial...) que dan cuenta de los procesos y estados involucrados. Se construyen de este modo modelos conceptuales (cuerpo rígido, fluido ideal, orbital...) que, integrados en una teoría (teoría newtoniana, teoría cuántica...) sirven para explicar y predecir el comportamiento de los sistemas físicos que son objeto de estudio (Heisenberg, 1976; Gitterman y Harlpen, 1981; Hestenes, 1992)*”.

experiencia la que permite construir sus propios juicios abstractos o simbólicos, basados en sus representaciones.

En el proceso de ampliación de la experiencia y de construcción de fenomenologías, el lenguaje tiene entonces un papel crucial, especialmente en lo que hace referencia al aspecto comunicativo, a la socialización: cómo el sujeto expresa, comunica y argumenta las intenciones que orientan su propuesta experimental, los efectos observados, las relaciones que establece, etc.

En la actividad experimental en la clase de ciencias, el intercambio de las experiencias e ideas entre los estudiantes y entre ellos y el maestro tiene una gran importancia. La socialización como parte del proceso de construcción de fenomenologías y de conocimiento es lo que caracteriza una imagen cultural de ciencia. Es en las discusiones de grupo donde se encuentran puntos en común y se reafirma o se contradice una representación elaborada por el sujeto en forma individual. Al respecto Rodríguez y Bautista afirman que: *El conocimiento intersubjetivo sería aquel que surge del intercambio de ideas, es decir, de lo comunicable socialmente. En el proceso de comunicación el sujeto debe recurrir... al lenguaje y a través de él construir representaciones de sus imágenes y conocimiento individual. Estas representaciones son las que ponen en juego en el intercambio y sobre ellas es posible llegar a acuerdos...* (Rodríguez y Bautista, 1.996)

Con esta concepción de experimento desde el punto de vista fenomenológico se analizarán algunos libros de texto, posturas de Gilbert y Faraday y las elaboraciones que adelantaron un grupo de estudiantes.

### 3.2. LA REPRESENTACIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO EN LOS TEXTOS A NIVEL INTRODUCTORIO

---

En los libros texto se encuentra que el capítulo del magnetismo está a continuación del capítulo de electricidad, comenzando con aclarar que estos dos aspectos están relacionados, tanto así, que gran parte del capítulo lo dedican a hablar de fenómenos electromagnéticos, sin embargo, el capítulo se llama magnetismo del cual plantean específicamente: polos y campos magnéticos porque los demás temas se dedican a la relación entre el magnetismo y la electricidad<sup>24</sup>. El capítulo inicia exponiendo en unas pocas líneas la procedencia del imán y los científicos que a principios del siglo XIX establecieron la relación entre el magnetismo y la electricidad.

Luego, se inicia con la “caracterización” del imán, diciendo que tiene dos polos que se comportan como las cargas eléctricas; y proponen colgar un imán de un hilo, y dependiendo de su posición respecto a la tierra, se puede definir el polo norte o sur.<sup>25</sup> Se aclara que no se ha encontrado un monopolo magnético ya que si se divide un imán en dos partes cada parte tiene dos polos norte y sur, y así sucesivamente, como lo muestra la figura 1.

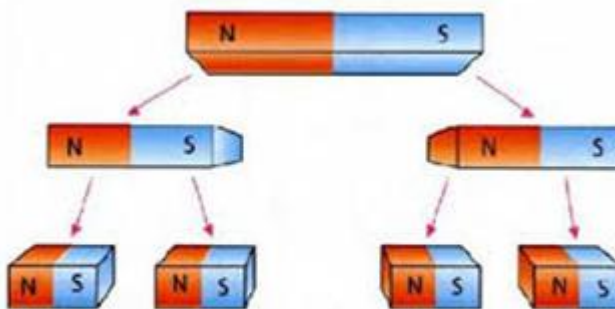


FIGURA 1

---

<sup>24</sup> El trabajo se concentra en los aspectos relacionados sólo con el magnetismo, no con la electricidad.

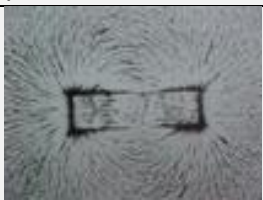
<sup>25</sup> Física conceptual. Física con aplicaciones

Se expone la **ley de polos**: Los polos magnéticos iguales se repelen y los polos opuestos se atraen, haciendo énfasis al mismo comportamiento de las carga eléctricas.

Para acercar un poco al estudiante a toda esta información nombran algunas experiencias cotidianas como: Un imán se pega a la puerta de un refrigerador, más no a un sartén de aluminio, los encontramos en las brújulas, en los juguetes.<sup>26</sup>

Al finalizar el capítulo se propone unos “experimentos” sencillos como juegos con una brújula centrándose en la ubicación espacial y configurar las líneas de campo magnético por medio de limaduras de hierro y el imán.

Para facilitar el análisis de los libros texto en torno a las **representaciones** que finalmente es el principal interés en esta actividad se presenta la tabla No.1, la cual está basada en el trabajo propuesto por García<sup>27</sup>.

Tema	Característica	Análisis
Polos magnéticos, ley de polos, campo magnético.	<i>Afirmación</i>	Estas afirmaciones caracterizan el comportamiento del imán de una manera muy obvia, siempre comparándolo con el comportamiento de cargas eléctricas. Cabe cuestionarse ¿qué hace que estos fenómenos se comporten de manera similar? ¿Dónde surge la necesidad no sólo de hacer estas afirmaciones, sino también de compararla con la electricidad? ¿Cuál es el uso de esta información en el proceso de conocimiento del estudiante y del maestro?
Líneas de campo magnético	<i>Ilustración</i>	 <p>Se utiliza para mostrar la organización de las limaduras de hierro alrededor de un imán de barra y de esta manera hablar del espacio de un campo magnético, haciendo precisiones de dónde es más intenso. Este tipo de gráficos no muestran más elementos sino lo que se observa.</p>
Al partir un imán	<i>Argumentación</i>	Para un estudiante ¿este argumento tendría sentido?, a

<sup>26</sup> Física conceptual

<sup>27</sup> García (2.009) en su trabajo de grado titulado “Retórica de los textos universitarios de física en la presentación de la electrostática”, propone una tabla para analizar los eventos que contiene los libros texto.

en varias partes, cada parte sigue teniendo dos polos, esto significa que los propios átomos son imanes.		partir de la información que se ha expuesto en el libro texto con anterioridad es suficiente para asumir esta conclusión? Desde el punto fenomenológico no, las imágenes de las observaciones que se hacen por medio del experimento es a partir de lo observado, luego, no es posible observar un átomo, se considera que está es una construcción más compleja que se hace con una mayor elaboración y que no es una imagen tan obvia como lo muestran estos textos.
Ley de polos y ley de cargas eléctricas	<i>Analogía</i>	Cómo ya se ha dicho el magnetismo se ubica después de hablar de cargas eléctricas, hacen énfasis en que dos polos iguales se repelen y contrarios se atraen de la misma manera que dos cargas del mismo signo repelen y de signo contrario se atraen. La experiencia sensible no permite observar - en términos de mirar un hecho- dos <b>cargas</b> atrayéndose o repelándose, mientras que el imán sí. La analogía en este caso no ayuda mucho.
Campo magnético <b>B</b>	<i>Símbolo</i>	Se introduce cómo vector caracterizando su magnitud, su sentido y dirección. Más allá del símbolo es necesario conceptualizar el campo magnético para luego poder relacionarlo con corrientes.
Líneas de campo magnético	<i>Experimento-experiencia</i>	En todos los textos proponen espolvorear sobre un papel limaduras de hierro y observar su organización al pasar por debajo del papel un imán. Pero y que sucede si en lugar de papel se tiene otro material, o se realiza la experiencia en otro medio, agua por ejemplo?
Imán y brújula. Pierre de Maricourt y William Gilbert	<i>Historia de las ciencias</i>	En este aspecto se muestra una breve narración acerca de la procedencia del imán y el funcionamiento de la brújula, para mostrar que el imán atrae el hierro y que tiene dos polos. La base para desarrollar el magnetismo. De alguna manera los sujetos poseen esta experiencia, aunque generalmente se está en relación con la atracción no con la repulsión. La historia mostrada de esta forma, se reduce a información de datos, no hay análisis, ni procesos realizados por los autores que se nombran, ni experimentos cruciales que brinden elementos para elaborar representaciones.

**TABLA No. 1**<sup>28</sup>

La problemática que se resalta en este análisis es ¿qué proceso de conocimiento desarrollan tanto profesores como estudiantes al acceder a esta información? De hecho no se puede desconocer las teorías, ni la experiencia que los sujetos tienen respecto al imán, el inconveniente es que uso le da, si para el profesor conocer

<sup>28</sup> La información analizada en la tabla fue analizada de los textos: Física conceptual, Hewitt, Física con aplicaciones, Wilson, Investiguemos, Villegas, Física General, Alvarenga, Física II, Serway.

significa repetir de memoria la información y comprobarla a través de la ejecución de los “experimentos”, el libro texto es el perfecto para esta actividad.

De acuerdo con los propósitos de esta investigación se cuestionaría hasta qué punto la experiencia sensible que se tiene con el imán, como las nombradas en el libro texto permite elaborar representaciones del fenómeno magnético donde sea una necesidad hablar de polos magnéticos por ejemplo.

### **3.3. EL IMAN COMO PROTOTIPO DE LO MAGNÉTICO Y COMO CARACTERIZAR SU COMPORTAMIENTO**

---

Para analizar el proceso de ampliación de la experiencia sobre el fenómeno magnético se tendrá en cuenta el imán como prototipo de lo magnético.

#### **3.3.1. PLANTEAMIENTOS DE GILBERT**

A partir de la búsqueda de los elementos cruciales en la construcción de una fenomenología del magnetismo como lo es el experimento, y su configuración respecto a la observación y el lenguaje, se analizan a continuación las posturas de Gilbert respecto al magnetismo.

Teniendo en cuenta que el imán es clave para abordar el estudio del magnetismo, su atracción, repulsión, y configuración de líneas de fuerza, entre otras como lo destaca los libros texto, cabe cuestionar: ¿en qué condiciones surge la necesidad de hablar de polos magnéticos, de líneas de fuerza o de campos magnéticos? ¿cómo examinar el comportamiento magnético de los materiales? ¿qué otros rasgos resultan ser relevantes en la caracterización del magnetismo y qué efectos sensibles están ligados a esto?

Gilbert inicia su trabajo haciendo un recuento sobre el origen y naturaleza del imán. Así, nombra los aportes por ejemplo de Plinio el Mayor (23-79 D.C.) quien transmitió la interpretación de Nicanor de Colofón (siglo II a. C), según la cual, el nombre de magnetita procedería de un cierto pastor llamado Magnes que llevando su rebaño a pastar, observó la atracción que el suelo rico en este mineral ejercía sobre las partes de hierro de sus botas y bastón. Al remover la tierra para encontrar la causa del fenómeno, descubrió una piedra con la muy extraña propiedad de atraer el hierro. También nombra a Lucrecio poeta latino que notó la aptitud de la piedra-imán de atraer varios anillos de hierro, uno adherido a otro, y se maravillaba del comportamiento peculiar de las limaduras de hierro en una cuenca de latón cuando se movía un imán por debajo. Estos son algunos de los autores que Gilbert hace referencia para mostrar un recorrido en la historia del imán aspecto que no tuvieron en cuenta todos ellos debido a que las magnetitas presentaban grandes diferencias, su disimilitud en la dureza, suavidad, pesadez, ligereza, densidad, firmeza, en color y en todas las cualidades. (Gilbert, 1600)

Cabe resaltar la pertinencia de Gilbert, de nombrar inicialmente estos dos hechos. Por un lado, la primera experiencia con el imán es de atracción, y éste efecto permite ir clasificando materiales, esta propiedad parece atribuirse particularmente al hierro, ya que no todos los objetos son atraídos por el imán. La siguiente experiencia es la de como el imán atrae un aro y a su vez este atrae otros. Es interesante estos dos hechos ya que al ofrecerle varios materiales a un grupo de estudiantes de grado sexto, para que libremente “jugaran” con el imán, ellos configuraron el mismo hecho, acercan el imán a diferentes objetos para establecer a cuales atrae y cuáles no, luego realizan un ejercicio parecido al de los aros y la piedra-imán, cómo lo muestra la foto 1<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> Los niños se sorprendieron bastante con este hecho porque suponían que si las esferas no se atraían entre sí, por qué si lo hacían cuando una era atraída por el imán. Ellos denominaban este efecto “el poder del imán”, lo que hizo que los indujo a proponer clasificar los imanes según su poder. Más adelante se desarrollará este planteamiento.





FOTO 1

Para Gilbert este hecho de atracción a distancia se lo atribuye a una continuidad del “poder magnético” del imán, es como si el primer objeto se convirtiera en parte del mismo imán y es lo que permite que atraiga otro y así sucesivamente; claro está que cada vez con menos fuerza, ésta se va debilitando a medida que se aleja del imán.

En este contexto Gilbert plantea la situación que muestra la figura 2: B, C y D son barras de hierro y en A se coloca un imán, el imán atraerá a B, B atraerá a C y C atraerá a D. Lo que se plantea en esta situación es que al unirse las barras se forman una línea continua de la acción magnética generada por el imán; la acción que el imán ejerce sobre D (manteniendo la misma distancia) es mayor que si se ejerciera a distancia es decir si no estuviera presente C y D, porque las barras del medio funcionan como medios magnéticos auxiliares del imán (ver, Gilbert, P.39)

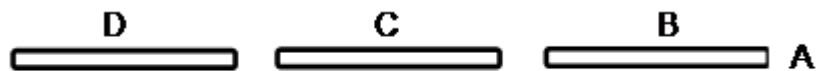


FIGURA 2

Es importante resaltar la forma como los sujetos actúan frente a una necesidad de caracterizar en este caso el imán, no basta con la experiencia de que éste atrae como le paso al pastor, sino que hay una necesidad de cuestionarse ¿qué pasa si...? Siempre con una intención, y es donde entra en juego la observación con un propósito.

En esta primera parte, se aprecian dos características del imán, por un lado lo relacionado con el mayor o menor grado de atracción que ejerce los imanes sobre el hierro y por el otro una atracción a distancia en cuanto no se requiere estar en contacto para observar el efecto.

A partir de estas dos características Gilbert establece una ruta para una aplicación particular del imán; es el funcionamiento de la brújula, sin embargo ¿qué rasgo del imán, es decir, de la aguja imantada es lo que permite establecer que dependiendo de su posición indique los polos de la tierra?. Para Gilbert también fue un interrogante e hizo el siguiente experimento para observar lo que sucedía en los polos de una esfera imantada que representara la Tierra.

“...Los polos se encuentran también en un piedra redonda (imán esférico o terella), con la ayuda de un versorium, una pieza de hierro tocado con un imán apoyado sobre un punto, de modo que este pueda girar libremente. En la parte superior de la piedra AB se establece el versorium de tal manera que su puntero pueda permanecer en equilibrio (figura 2): marque con tiza la dirección del puntero cuando está en reposo. Después mueva el instrumento (versorium) a otro lugar y de nuevo marque la dirección en la cual el puntero mira; repita esto muchas veces en muchos puntos diferentes y encontrara, la convergencia de la dirección de las líneas, encontrara un polo en el punto A, el otro en el B” (Gilbert, 1600). (Traducción de Magali Bravo)

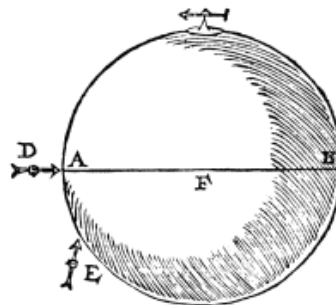


FIGURA 3

Esta experiencia de la ubicación de los polos magnéticos de la esfera se puede realizar en un imán de cualquier forma y siempre se observará una convergencia en dos partes opuestas o extremos. (Véase trabajo de grado de Magali Bravo, p. 23)

Hasta el momento se ha caracterizado el imán teniendo en cuenta dos aspectos:

- La relación del imán con el hierro en una acción de “atracción”.
- Establecer la polaridad del imán a través del uso del versorium, una aguja de hierro ubicada en un punto de apoyo libre para moverse detectando los puntos de convergencia A y B (figura 3 )de las direcciones de la acción atractiva del imán sobre la aguja que se han llamado polos.

En la búsqueda de seguir la caracterización del imán, específicamente el comportamiento de los polos, Gilbert tomó un imán en forma oblonga y realizó la siguiente experiencia:

“Tome una mitad la piedra la cual ya haya designado los polos, N y S., y ponga este en un recipiente de tal manera que pueda flotar...tome en su mano otra piedra, la otra mitad, con los polos también conocidos, mantenga este de tal manera que su polo sur mire hacia el polo norte de la piedra flotando ...De la misma manera, si opone el polo norte de la piedra que tiene en su mano al polo sur de la piedra flotando, se une y siguen el uno al otro. Polos opuestos atraen polos opuestos (figura 4). Pero ahora, si en la misma manera plante N. hacia N. o S hacia S, una piedra repele a otra.” (Gilbert, 1600), (Figura 5). (Veáse, Bravo Magali, p.25)

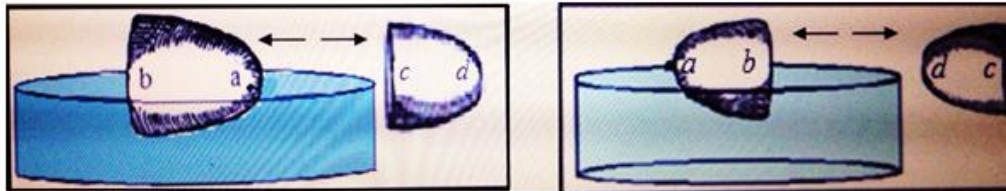


FIGURA 4

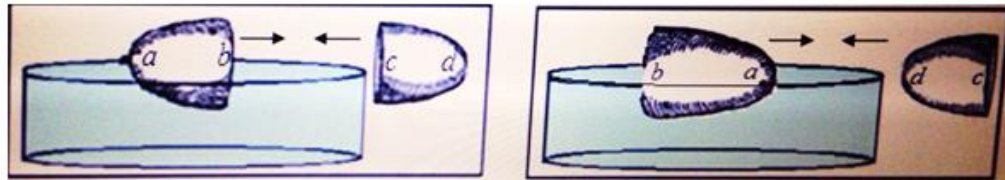


FIGURA 5

De la anterior experiencia se puede concluir que dos imanes se atraen al interactuar sus polos opuestos y se repelen al interactuar polos iguales<sup>30</sup>, pero también que el imán tiene la propiedad que al dividirse en varios segmentos, cada uno de esos segmentos tiene polo sur y norte, (ver capítulo 5, Gilbert) como lo muestra la figura 6.

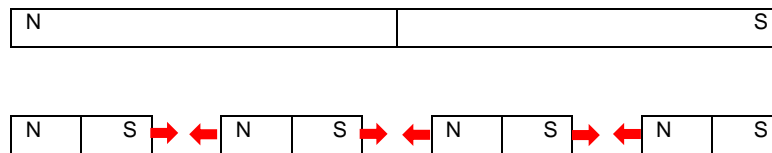


FIGURA 6

Esta situación muestra como dice Gilbert querer restaurar la continuidad original del imán. *Pero b y c, antes de conectar, separadas una de la otra, no son lo que eran antes: b es ahora hacia el sur mientras que c es hacia el norte, b atrae a c, anhelo de unión, para la restauración de la continuidad original. (Gilbert, p.12)*

No obstante, surge en esta nueva situación el siguiente interrogante: Inicialmente el imán tiene un cierto grado de imantación, al dividirlo, ¿Qué sucede con el grado de imantación de cada uno de los trozos que se obtienen, es mayor, menor o igual que el del imán inicial? Lo que permite hacer referencia al grado de imantación es el material del que está hecho el imán sin importar el tamaño de éste, luego al dividir un imán en varias partes cada una de ellas mantendrá el mismo grado de imantación que el imán completo. Al respecto Gilbert expone una experiencia inversa con tres imanes iguales donde concluye que el primero atrae el segundo con la misma fuerza que este atrae a uno tercero, quedando unidos como un sólo imán, con la misma fuerza que tenían individualmente (figura 7).

<sup>30</sup> El movimiento particular del versorium sobre la Terella representa fielmente el movimiento de la aguja de una brújula, aguja imantada, esta fue una de las experiencias básicas para determinar los polos magnéticos de la tierra: norte y sur



FIGURA 7<sup>31</sup>

En este contexto es importante resaltar que aparece otro aspecto que se podría denominar la fuerza de atracción o grado de imantación como se ha nombrado anteriormente que se clasifica como una magnitud intensiva ya que al unir imanes el grado de imantación no es aditivo.

Hasta el momento se ha mostrado la caracterización del imán y éste como representación de lo magnético. A continuación se presenta un análisis desde el punto de vista fenomenológico, teniendo en cuenta los aspectos que se delimitaron en el primer capítulo que están íntimamente ligados.

En el proceso que muestra Gilbert se ubica como sensación base “la atracción” que ejerce el imán al interactuar con el hierro, si bien esa atracción se manifiesta porque el pedazo de hierro queda pegado al imán, es decir, se da por contacto directo, a partir de ello se empieza buscar nuevos efectos; encuentra por ejemplo que la interacción no requiere contacto directo y esa posibilidad le permite avanzar en la caracterización del imán permitiéndole establecer ciertos lugares particulares en él que finalmente se reconocen como los polos del mismo, por medio del

---

<sup>31</sup> <http://dc205.4shared.com/doc/g6hrUUfQ/preview.html>

detector que denomina Gilbert como Versorium, el comportamiento de la aguja de hierro al inclinarse hacia unas zonas determinadas de la esfera imantada se evidencia que le permite construir diferentes formas para mirar y explorar.

Gilbert reconoce que dentro del proceso de caracterización este aspecto es fundamental pues se observan efectos familiares como los de la atracción pero que por medio de palabras y uso de aparatos *se pueden establecer muchas propiedades sutiles, aún recónditas y desconocidas* (Gilbert, capítulo 5). Así pues, la observación intencionada y el experimento surgen ante la necesidad de indagar por otras características de la interacción, donde se pueden ubicar dos situaciones: la primera, donde se evidencia el contacto directo, es decir, “se adhiere” ya sea un imán con otro o el hierro y el imán; la segunda: se muestra la atracción a distancia. Pero esta última se puede analizar en dos sentidos, por un lado se establece una atracción a distancia (figura 3) o se atrae a través de otros objetos que no son imanes (foto 1).

Cabe destacar que Gilbert muestra detalladamente como no todas las partes del imán tienen el mismo comportamiento, que es lo que permite definir la polaridad del imán; igualmente al dividir un imán muestra que cada parte se comporta como un imán y que si se unen por sus polos opuestos se obtiene igualmente un imán.

En el trabajo de Gilbert se pueden resaltar diferentes aspectos de que hace uso para representar sus elaboraciones a propósito de la caracterización del imán. Gilbert tiene una forma de comunicar muy particular, logra mostrar por medio de ilustraciones lo que se observa en cada una de las situaciones que propone, detallando por ejemplo, las condiciones de la observación<sup>32</sup>. Por otro lado, llama la

---

<sup>32</sup> Estas condiciones se pueden evidenciar cuando parte el imán en forma oblonga un imán y **sumerge una de las partes en agua** para poder observar con mayor claridad la forma como se atraen polos opuestos.

atención como por medio del relato escrito describe la forma como realiza el experimento, finalizando con un dibujo con el que ilustra el mismo<sup>33</sup>.

La forma como este autor expone su discurso acerca del magnetismo, en este caso, la manera como caracteriza el imán permite establecer que su principal objetivo no es el de realizar conceptualizaciones teóricas; sino mostrar detalladamente lo que se observa y los medios que utiliza para que sea eficaz esta observación intencionada.

En conclusión con Gilbert es posible evidenciar la triada de Guidonni del lenguaje, experiencia y conocimiento. Además, como se puede notar es muy difícil separar los aspectos característicos de una fenomenología, así pues, al hacer referencia a la observación es imposible desligarla del experimento y la representación que encaja en el lenguaje. Estos aspectos están íntimamente ligados como la triada de Guidonni que está relacionada con los demás aspectos mencionados.

En el análisis de esta primera fase en cuanto a la estructuración del fenómeno, una pieza clave para la caracterización del imán está dada por los polos, como producto de un proceso experimental.

### **3.3.2. PLANTEAMIENTOS DE FARADAY**

Faraday desarrolla su discurso en base a las posturas de otros científicos como Euler, Ampere, Coulomb, Tyndall y Matteucci entre otros, rescatando en cada uno de ellos las conclusiones de sus observaciones en los experimentos; para finalmente exponer su propio punto de vista estableciendo aspectos puntuales acerca del comportamiento del imán.

---

<sup>33</sup> Por ejemplo, la forma de ubicar el versorium alrededor de la terella e ir haciendo marcaciones para observar los polos de esta.

El imán—dice Faraday— es capaz de establecer sus propias relaciones, no necesita cuerpos externos para “mostrar su poder”. Es decir, un imán aislado establece una relación consigo mismo, un hecho que demuestra este efecto son las líneas de fuerza que se forman alrededor del imán, estas líneas pueden ser rectas o curvas, sin interrupciones, que van de un polo al otro, en la proximidad de otro imán o un cuerpo de hierro, esta continuidad de las líneas persisten dependiendo de la polaridad del cuerpo que se acerca.

Aclara que cuando interactúa con otro imán lo hace sólo con éste, para interactuar con un tercero se debe retirar el primer cuerpo, *de tal manera que si una fuerza de un imán **a** está relacionada a aquella de otro imán **b**, está no puede actuar sobre un tercer imán **c** sin ser alejado de **b**, en una cantidad proporcional a su acción sobre **c*** (Faraday, p.17).

Es decir, un imán puede actuar con un cuerpo a la vez o por lo menos directamente. Para Faraday el imán es *un centro de poder rodeado de líneas de fuerza que para él son líneas físicas de poder esenciales tanto para la existencia de la fuerza dentro del imán como para el transporte y ejercicio sobre los cuerpos magnéticos a distancia... El poder de conducción de un medio magnético puede ser expresado en términos de líneas de fuerza* (Faraday, p.20)

Compara el imán con el sol, porque siempre llenan el espacio alrededor de ellos a través de los rayos curvos en el caso del sol y las líneas de fuerza en el imán, sin embargo los efectos de atracción y repulsión sólo se evidencian en los polos del imán, a lo que lo atribuye a la polaridad magnética.

Faraday presenta toda una discusión de las causas de la polaridad y define específicamente dos posturas; por un lado hay quienes dicen que la acción polar se debe a una acumulación de fluidos magnéticos en los polos y otros que se



debe a una acción de corrientes eléctricas en una posición determinada alrededor de sus moléculas.

Faraday discute y muestra las limitaciones del concepto de polaridad comúnmente aceptado teniendo como referente fenomenológico del magnetismo además de la organización lograda por Gilbert y autores como Coulomb, Ampere, Weber, entre otros, los efectos producidos en materiales magnéticos o paramagnéticos y materiales diamagnéticos. Para Faraday, en el contexto del magnetismo los materiales se clasifican en paramagnéticos y diamagnéticos, es decir, con un comportamiento análogo a los materiales magnéticos como el hierro y aquellos con un comportamiento contrapuesto a éste: mientras que el hierro es atraído por un imán, el bismuto es repelido por éste; de otra parte una aguja de un material paramagnético se dispondrá axialmente entre dos polos y ecuatorialmente si es de un material diamagnético.<sup>34</sup>

Basado en estos comportamientos hace una presentación argumentada de su concepto de polaridad, mostrando las inconsistencias que surgen de pensar los polos como centros de acumulación de los fluidos magnéticos “los cuales actúan por el poder de atracción de uno al otro o de repulsión a su similar”. O la concepción de Ampere y Weber quienes consideraban el polo determinado por el sentido de la corriente eléctrica alrededor de las partículas del imán. A continuación y con el propósito de destacar su modo de hablar del fenómeno se cita en extenso parte de su argumentación

Algunos consideran que la mera disposición o atracción o incluso repulsión mostrada por un cuerpo cuando está sujeto a un imán dominante, es suficiente para marcar la polaridad y yo pienso que es una prueba tan buena como cualquier arreglo más refinado cuando solamente la vieja noción de polaridad está en consideración. otros requieren que dos cuerpos bajo el poder de un imán debieran presentar por sus acciones una relación mutuantes de que puedan ser considerados como polares.

Las visiones de acción polar y del magnetismo...han sido poderosamente agitadas por el descubrimiento del diamagnetismo....si un imán ordinario M, actuando sobre un trozo de hierro u otro material paramagnético lo vuelve polar poniendo su extremo más cercano en

---

<sup>3434</sup> Al respecto ver Bravo (2011) y Cuellar y Torres (2012)

el contrario o estado S en la manera usualmente entendida y actuando sobre un pedazo similar de materia diamagnética, como el bismuto B, lo vuelve también polar, pero con el extremo cercano en el mismo estado; entonces B e I, son por el momento dos imanes y deben actuar sobre el imán M; o si se puede retener sus estados después de que M sea removido (y este es el caso con I) actuarían como imanes sobre un trozo de materia magnética C. Cuando M actúa sobre I ejerce su influencia actuando sobre cada partícula del último llevándolas a una posición polar similar con él mismo y ésta, consistentemente con la suposición actúa sobre cada una de ellas como imanes particulares [corpúsculares] y exalta la polaridad de toda la masa en sus dos extremidades. En manera similar M debe actuar sobre B polarizando la masa y todas sus partículas.....pues nosotros sabemos experimentalmente que un tubo lleno de bismuto en polvo actúa como lo hace una barra de ese metal. ¿Pero, entonces, cual es la acción mutua entre estas partículas de bismuto? porque aunque puede suponerse que todas tienen una polaridad inversa a la de M, ellas no pueden en ese caso ser opuestas una respecto a las otras; todas deben tener polaridad similar y el norte de una partícula debe ser opuesto al sur de la próxima en la dirección de la polaridad. Que estas partículas actúan la una sobre la otra debe ser verdad y los resultados de Tyndall sobre el efecto de la compresión ha probado eso por medios correctos, nominalmente por experimento...Pero si el norte de una partícula corresponde y aporta a la sustentación y a la exaltación de la partícula próxima, toda la masa debe tener la misma clase de fuerza, de tal manera que, como un imán, su polaridad debe tener la misma clase de polaridad que las partículas mismas. Porque ya sea que una partícula distante de bismuto se considere actuando sobre una partícula vecina o sobre una partícula distante o que una masa de partículas se considere actuando sobre una partícula distante, la acción en ambos casos debe ser, precisamente, de la misma clase.

Pero por qué debiera una partícula polarizada de bismuto, actuando sobre otra partícula de bismuto, producir una polaridad similar y con una partícula de hierro una polaridad contraria? o por qué debieran las masas de bismuto e hierro cuando actúan como imanes producir tales efectos diferentes? Si tales fueran los casos, entonces el polo norte de un cuerpo paramagnético debería inducir el polo sur en el extremo más cercano de una barra de hierro, mientras que el polo norte de un cuerpo diamagnético debería inducir un polo contrario al primero, es decir un polo norte en el mismo extremo de la barra de hierro en la misma posición y lugar. Esto sería asumir dos clases de magnetismo, dos fluidos norte (o corrientes eléctricas) y dos fluidos sur y el norte del bismuto diferiría tanto del norte del hierro como un polo sur del otro. Más aún se encontraría que el norte del bismuto y el sur del hierro tendría cualidades similares en todos los puntos y que no difieren más que en nombre y el sur del bismuto y el norte del hierro también probarían ser absolutamente similares. De hecho ¿no es esto sino decir que son lo mismo?... (Faraday, p.25)

A continuación Faraday muestra el papel del medio en la determinación de la polaridad. Muestra como si una solución débil de proto sulfato de hierro,, **m** en un tubo fino de hierro dispuesto en aire horizontalmente entre dos polos N-se posiciona axialmente entre los dos polos, como lo hace una aguja de hierro y se comporta magnéticamente en otros aspectos como este material; pero cuando se realiza la experiencia sustituyendo el aire por una solución de la misma clase de **m** pero más fuerte, **n**, se ubica ecuatorialmente, como lo hace una aguja de un

material diamagnético, como el bismuto, en aire. Mientras que cuando el tubo en cuestión está lleno de una solución algo más débil que **m**, llamada **I**, se encuentra inmerso en agua el comportamiento es similar al bismuto en aire pero **como** el del hierro en agua (Faraday, p.26).

El análisis de estos comportamientos le plantea a Faraday el siguiente interrogante: el hecho de que la solución **I** se oriente y actúe como el bismuto en el aire y el hierro en agua conduce a concluir que tiene polaridades opuestas en estos dos casos? Si la respuesta es positiva, ¿a qué se un contraste tan singular en lo que debe ser considerado como dependiente de su estado interno o molecular. Al respecto Faraday afirma que el problema no es debido a la continuidad magnética porque una solución es tan continua magnéticamente hablando como el hierro mismo. Tampoco se puede pensar que cualquier impedimento del poder generado por el medio interpuesto entre el imán y el tubo que contiene la solución sea causa de su cambio de polaridad; puede pensarse en un cambio en la intensidad de la acción pero no en esto. De otra parte, la asignación de un carácter interno y estructural a la polaridad no podría dar cuenta de los comportamientos descritos. Aquellos que descansan sus ideas sobre fluidos magnéticos deben asumir que en los casos diamagnéticos y solamente en ellos la idea fundamental de su acción mutua no sólo debe ser dejada sino invertida.

La polaridad para Faraday es de una parte, ante todo, una dirección, que debe especificarse en cada punto o partícula del material y de otra parte, es un concepto relativo: depende de la relación existente del cuerpo polarizado magnéticamente y del medio que lo rodea. Para Faraday *la polaridad depende de la curvatura de las líneas de fuerza debido al mejor o peor poder de conducción magnética de las sustancias que presentan los fenómenos polares visuales.* (Faraday, p.24)

En este caso se pueden observar dos elementos que para Faraday son claves para caracterizar el imán:

- La acción de atracción y repulsión se encuentra en un imán aislado; es decir, no se necesitan objetos externos para evidenciarlo basta con las líneas de fuerza que se forman continuamente y van de un polo a otro.
- La polaridad está expresada por la dirección de las líneas de fuerza y depende de la curvatura de éstas.

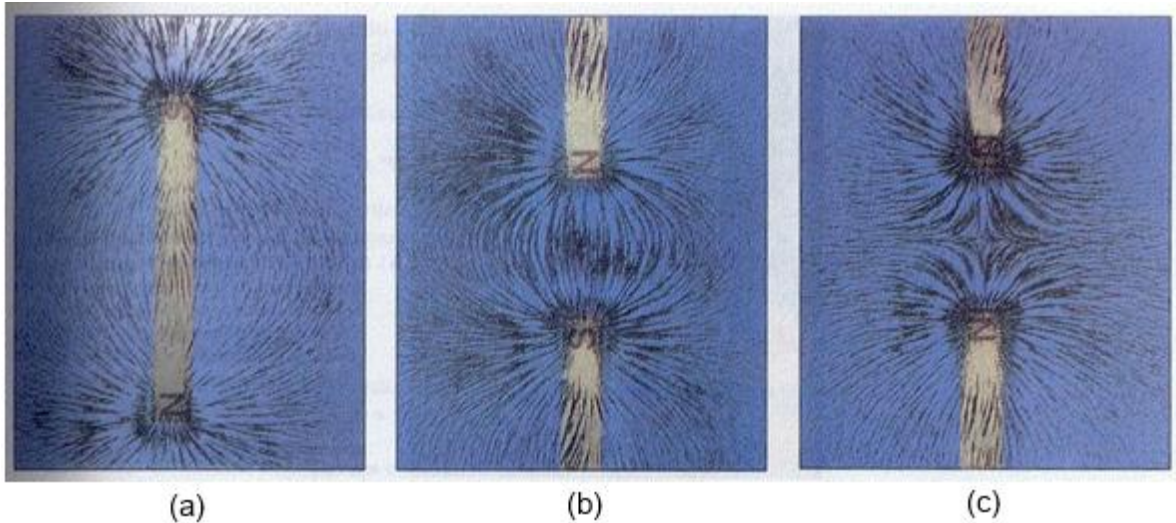
Comparando la caracterización que realiza Gilbert con la de Faraday se puede concluir que:

- La caracterización del imán está dada por la acción de atracción y repulsión a lo que Faraday complementa que un imán aislado presenta esta acción que se evidencia por medio de las líneas de fuerza.
- Este poder del imán para Gilbert destaca una continuidad de la acción magnética para Faraday esta continuidad se representa por medio de las líneas magnéticas.
- Las líneas de fuerza permiten clasificar imanes de acuerdo con el grado de imantación, según su curvatura.

De acuerdo con los aspectos que caracterizan lo fenomenológico, en la caracterización del imán según Faraday a pesar que no muestra un proceso juicioso en la forma de ubicar los polos de un imán si hace un gran énfasis en las líneas de fuerza, en donde su configuración le permite reconocer los polos. Estas líneas de fuerza le permiten a Faraday construir diferentes formas para mirar y explorar.

En los experimentos Faraday acentúa la observación en la configuración de líneas de fuerza. Al respecto, afirma: *Faraday expresa el incremento de poder en*

*términos de un incremento de densidad de líneas en la región de los polos, (Gooding, 1989, tomado Magali p. 30)*



**Figura 8**<sup>35</sup>

A partir de esta observación (figura 8a) Faraday representa la continuidad sin interrupciones de la que él habla, “líneas rectas al interior del imán y líneas curvas en las zonas circundantes”. Para continuar con las observaciones analiza la configuración de líneas de fuerza al acercar otro imán, como lo muestra la figura 8b y 8c. Esto también le permite concluir que un imán no puede actuar con otros dos simultáneamente pues la configuración de las líneas perdería su trayectoria natural.

En el discurso desarrollado por Faraday se puede evidenciar un lenguaje construido a partir de las observaciones realizadas basadas en la configuración de las líneas de fuerza. Luego de las elaboraciones realizadas a partir de las observaciones se estructura el fenómeno con la existencia de la polaridad por medio de la atracción y la repulsión.

---

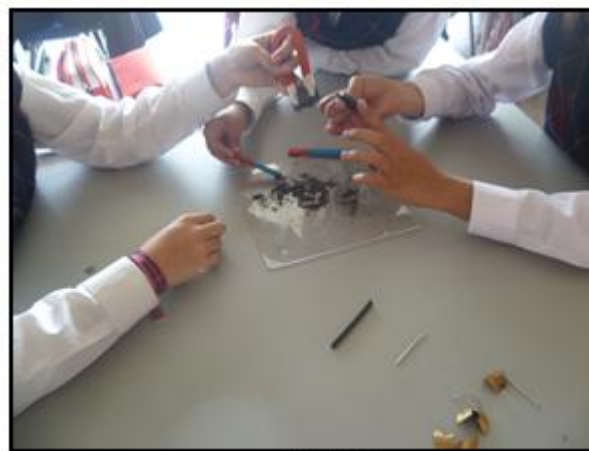
<sup>35</sup> <http://emilioescobar.org/u5/u5.htm>

### 3.3.3. PLANTEAMIENTOS DE ESTUDIANTES

En el Colegio Costa Rica I.E.D. con un grupo de estudiantes del grado sexto cuya edad oscila entre los 11 y 15 años y no han recibido clases de magnetismo, hablan desde la experiencia cotidiana que tienen con el imán.

ACTIVIDAD	DESARROLLO	CONCLUSIÓN
Se dispuso imanes de barra, imanes en forma de U, en trozos y limaduras de hierro, aluminio y cobre; para que establecieran alguna clasificación.	Los estudiantes se centran en la atracción que es lo evidente, acercan los imanes a diferentes objetos, describiendo como algunos objetos de sobre la mesa se acercan al imán, pero al acercarlo a la parte metálica de una silla, <i>“es como si la silla halara el imán”</i> .	A simple vista el aluminio y el cobre son metales iguales que el hierro, sin embargo, al acercarlos al imán no se atraen, concluyen que el imán no interactúa con todos los metales sino con el hierro. Luego, el imán permite identificar los metales como el hierro, dependiendo si se atrae con el imán. Además se aclara que el imán atrae el hierro únicamente en sus extremos. En el caso de los imanes redondos los objetos se “pegan” por todos lados.

**TABLA No. 2**

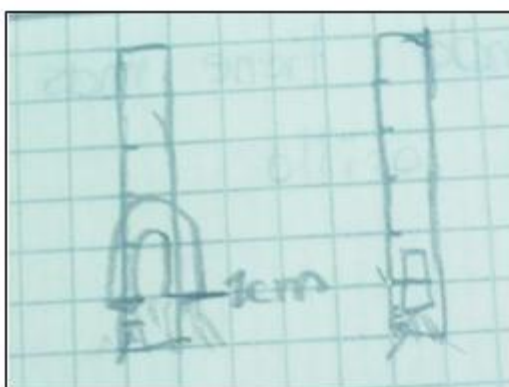


**FOTO 2**

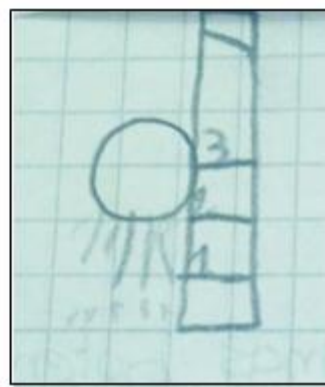
Luego de establecer con que material se evidenciaba el “poder” del imán, quisieron organizar los imanes de acuerdo con su grado de imantación.

ACTIVIDAD	DESARROLLO	CONCLUSIÓN
Organizar los imanes de acuerdo con su grado de imantación.	Colocaron verticalmente una regla sobre la mesa (Figura), junto con limaduras de hierro. Paralelo a la regla iban acercando un imán a las limaduras de hierro y registraban la distancia a la que el imán atraía las limaduras, de tal manera que el imán con mayor distancia para atraer las limaduras era el más potente.	El imán en U es más potente que el de barra (como lo muestra la figura 9a). El imán de bola (circular) levanta las limaduras a 3 cm (Figura 9b). Por lo tanto el imán más potente es el redondo, luego sigue el de U y finalmente el de barra.
Organizar los imanes de acuerdo con su grado de imantación.	Un imán atrae una esfera de hierro, al acercar este conjunto a otra esfera también se adhiere, y así sucesivamente, sin embargo, no todos los imanes atraen el mismo número de esferas. (Foto 1, arriba)	Al unir esfera con esfera no se unen y al poner un imán si se unen, es como si el imán produjera una "carga" <sup>36</sup> .

**TABLA No.3**



(a)



(b)

**FIGURA 9**

La atracción con el imán es igual por sus dos extremos, ahora se observa lo que sucede al interactuar dos imanes.

<sup>36</sup> El poder de atracción del imán pasa a través de las esferas, sin embargo, se va debilitando por eso las esferas que se adhieren entre sí son limitadas, depende del imán.

ACTIVIDAD	DESARROLLO	CONCLUSIÓN
Evidenciar la acción y repulsión al acercar dos imanes de barra.	Reconocen en los imanes de barra dos colores: azul y rojo. Acercan extremos de colores iguales y colores diferentes.	Los imanes se siguen atrayendo por sus extremos cuando son de color diferente, azul y rojo, mientras que se repelen cuando se acercan colores iguales, azul y azul, ó, rojo y rojo.

**TABLA No. 4**

Hasta el momento se ha caracterizado el imán teniendo en cuenta dos aspectos:

- La relación del imán con el hierro en una acción de “atracción”.
- Establecer el grado de imantación para organizar los imanes.

Los estudiantes hacen referencia de los polos del imán, algunos afirman que el imán tiene un polo positivo y uno negativo, y que de eso depende que se experimente la atracción y repulsión, sin embargo, no hacen mucho énfasis en este aspecto porque si bien lo evidenciaron en la actividad la repulsión no hace parte de su cotidianidad y no exponen muchas ideas acerca de esto.

Realizando el análisis desde el aspecto fenomenológico se destaca la importancia de la observación intencionada, pues las actividades fueron propuestas por ellos mismos, con el propósito de indagar. La sensación fundamental desde la cual desarrollaron cada actividad es la “atracción” a distancia mostrándose un poco los planteamientos que Gilbert hacía con los aros. La parte gráfica no es muy frecuente, se destacaban más unos grupos de otros que intentaban realizar los dibujos para explicar lo que observaban.

En cuanto al lenguaje hacían uso mucho de la palabra “fuerza” pues ellos relacionan este término con movimiento, luego si se presenta un movimiento obedece a la acción de alguna fuerza. En este caso la denominaban fuerza de



atracción que era sinónimo a la potencia del imán, es decir que tan lejos atrae los objetos.

### **3.4. PROPUESTA**

---

La investigación básicamente se centró en la caracterización del comportamiento del imán en un nivel introductorio rescatando la importancia de hablar de polos y líneas de fuerza aspectos mencionados en los trabajos de Gilbert y Faraday. Sin embargo, al mantener el imán como prototipo de lo magnético la caracterización del imán es mucho más amplia teniendo en cuenta otros núcleos para ser abordados; aunque es conveniente aclarar que otros trabajos de investigación han abordado núcleos como los que a continuación se mencionan, sería interesante hacer un análisis juicioso a partir de los aspectos conceptualizados en esta investigación para seguir indagando sobre nuevos efectos y ampliar para experiencia para proponer actividades en el aula caracterizadas por la fenomenología del magnetismo.

Los otros núcleos a ser abordados podrían ser:

- El comportamiento del imán con otros materiales diferentes al hierro, teniendo como interrogante: ¿cómo examinar el comportamiento magnético de los materiales? ¿qué rasgos resultan ser relevantes en la caracterización del magnetismo y qué efectos sensibles están ligados a esto?
  
- La influencia del medio donde se efectúa la interacción entre el imán y otro cuerpo, bajo el siguiente interrogante: ¿cómo influye el medio en la acción magnética?

---

## **CONCLUSIONES**

---

- El análisis acerca de la concepción de la realidad a lo largo de la historia permite ubicar y caracterizar la perspectiva fenomenológica, para reivindicar al sujeto en los procesos cognitivos.
  
- Tres aspectos característicos de la experiencia ameritan ser destacados aquí: uno, si bien el sujeto la conforma en su interacción con su entorno físico y cultural, esta hace parte de él y lo define; dos, la experiencia constituye un todo organizado; y, tres, la experiencia es la base de la constitución del mundo exterior por parte del sujeto.
  
- Los objetos de los que hablamos son objetos de nuestra experiencia, lo que decimos de ellos, las maneras como procedemos con ellos y la organización que hacemos de los mismos hace parte de los procesos cognitivos en un papel activo del sujeto en los que éste tiene necesidad de cuestionarse, explicitar su experiencia por medio de un lenguaje para socializarla y luego tener la capacidad de reorganizar experiencias anteriores con nuevas vivencias complejizando y ampliando así sus explicaciones y conocimientos, conformando y enriqueciendo así, mediante este proceso subjetivo e intersubjetivo, aquello que denomina realidad o mundo real externo.
  
- Es importante tener en cuenta que la observación tiene un carácter que pone de manifiesto la actividad del sujeto en tres sentidos: primero, sólo se observa aquello que se busca (forma de mirar), segundo, lo que se ve depende de las formas de pensar y, tercero, es necesario, en general, generar condiciones para observar, para producir los efectos que se quieren observar.

- La observación es entonces una actividad intencionada susceptible de grados variables de sistematización, pero siempre organizada por la intención y por las formas de mirar y de pensar; es decir, siempre está ligada a la actividad intelectual, al pensamiento.
- No es la precisión lo característico de la observación; la orientación de la acción es lo que le da sentido a la misma. No se trata de describir las cosas y eventos en todo su detalle, se trata de observar para saber cómo actuar, para predecir lo que puede ocurrir, para anticiparse a los hechos.
- Para una propuesta de aula la observación debe ser intencionada provocada por interrogantes, las experiencias se conforman desde las sensaciones previas que se tienen, por lo tanto el experimento reúne estos elementos y un aspecto esencial como el lenguaje.
- El lenguaje desempeña un papel importante en la ampliación de la experiencia porque es el que permite comunicar las construcciones conceptuales que en el proceso los sujetos desarrollan.
- Al comparar el análisis histórico críticos realizado en la investigación con los apartes históricos que aparecen en los textos a nivel introductorio se observa que los primeros aportan elementos cruciales para ser abordados en las prácticas pedagógicas mientras que en los segundos se observa una serie de relatos sin significado dentro de un proceso.
- Desde el análisis de los planteamientos desarrollados por Gilbert y Faraday se confirma la triada de Guidonni: experiencia, conocimiento y lenguaje. Como cada autor a partir de diferentes experiencias con el imán, lo caracterizó por ejemplo Guidonni hablando de los polos de imán y Faraday desde las líneas de fuerza. Y haciendo uso de lenguajes diferentes Gilbert en una forma muy detallada mediante relatos y dibujos describe efectos y procedimientos para

obtenerlos y magnificarlos. Faraday acudiendo a las organizaciones de ciertos efectos y comportamientos ya establecidos vincula nuevos efectos y elabora nuevas conceptualizaciones sobre lo magnético. Hace uso de formas argumentativas y su referencia a las situaciones experimentales es constante. Su trabajo ilustra la íntima relación entre la conceptualización y el trabajo experimental.

- A partir del análisis histórico crítico de los planteamientos de Gilbert y Faraday se estableció que el prototipo de lo magnético es el imán y su caracterización no es una operación aislada, se debe estar en relación con otros elementos para poder hablar de polos magnéticos o líneas de fuerza.
- Por medio de la recontextualización de las experiencias de Gilbert y Faraday se evidencia que el comportamiento magnético de los polos de un imán surgen ante la necesidad de caracterización del propio imán en relación con ciertos materiales del contorno del mismo. De esta manera se anula la idea pedagógica que entorno a la escuela se encuentra como si el imán tuviese vida propia por eso atrae o repele, el imán hace parte de un sistema.
- En el trabajo de aula, se evidencia la necesidad de ofrecer espacios para cuestionarse por medio de una observación intencionada y actividades que permitan organizar y ampliar la experiencia de cada sujeto.

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

- ARCA, M., GUIDONNI, P., MAZZOLI, P. (1992) "Enseñar ciencia". Paidós Educador.
  
- ARCA, M., GUIDONI, P. (2.000) Guardare per sistemi, guardare per variabili. AIF Editore.
  
- AYALA M.(2006) "Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. En: Revista Pro-Posições, v. 17, n. 1
  
- AYALA M., MALAGÓN, F., SANDOVAL, S., "Magnitudes, Medición y Fenomenologías". Grupo Física y Cultura, Universidad Pedagógica Nacional.
  
- AYALA M., MALAGÓN, F., SANDOVAL, S., y otros. (2011) El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Universidad Pedagógica Nacional.
  
- AYALA M., MALAGÓN, F., SANDOVAL, S., (2013) La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Universidad Pedagógica Nacional.
  
- ARCA, M. y GUIDONI, P., "Guardaré per sistemi y guardare per variabili". Suplemento al boletín trimestral de la Asociación de la Enseñanza para la Física, abril a junio, 2008.

- BRAVO, S., PESA, M. y CABALLERO, C.. (2009) “Representaciones de alumnos universitarios sobre propagación de ondas mecánicas”, Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 27. No.3, pp.405-420.
- BRAVO, Magali (2011) “Introducción al Magnetismo. Una propuesta con enfoque fenomenológico”. Trabajo de grado Licenciatura en Física, Universidad Pedagógica Nacional.
- BUNGE, Mario. (1972) La ciencia. Su método y su filosofía.
- CALVO VÉLEZ, D. (2006) en *Modelos teóricos y representación del conocimiento*, Tesis de doctorado, Facultad de Filosofía, Universidad Complutense de Madrid.
- CASSIRER, Ernst. (1986) Fin y Método de la Física Teórica. Fondo de Cultura Económica.
- CONCARI, Sonia. (2001) “Las teorías y modelos en la explicación científica: Implicancias para la enseñanza de las ciencias”. Revista Ciência & Educação. Vol. 7, No.1, pp. 85-94.
- CUELLAR, Luis y TORRES, Yecit (2012)“El estudio de las propiedades magnéticas de los materiales desde un enfoque experimental como contribución a la alfabetización científica”. Trabajo de grado Licenciatura en Física, Universidad Pedagógica Nacional.
- DUHEM, Pierre. (1906) La teoría física: Si objetivo y su estructura. Herder, Editorial.

- EINSTEIN, Albert. (1936) "Física y realidad". The journal of the Franklin Institute. Vol. 221, No. 3.
- FARADAY, Michael. (1852) "Sobre las líneas físicas de fuerza magnética". En Seminario de profundización historia y filosofía de la física (2004), Depto. Física Universidad Pedagógica Nacional, Selección de J.C.Orozco.
- FARADAY, Michael. (1853) "Observaciones sobre la fuerza magnética" . En Seminario de profundización historia y filosofía de la física (2004), Depto. Física Universidad Pedagógica Nacional, Selección de J.C.Orozco.
- FERREIROS, J., ORDOÑEZ, J., "Hacia una filosofía de la experimentación", Revista Hispanoamericana de Filosofía. Vol. 34, No.102, 2002, pp.47 -86.
- GARCÍA, Edwin. (2009) Retórica de los textos universitarios. Trabajo de grado de la Maestría de Investigación en Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales. Barcelona.
- GLASERSFELD, Ernest von. (1994) Despedida de la objetividad. pp. 19-31. Paul Watzlawick y Piter Krieg (Comps.) El ojo del observador. Contribuciones al constructivismo. Gedisa, Barcelona.
- GOMILA, Antoni, (2012) Verbal Minds: Language and Architecture of cognition. Book Reviews. University College London.
- GILBERT, WILLIAM, De Magnete, Dover publications, inc., New York, 1983.

- GRANES, J., CAICEDO, Y. Del context de la producción de conocimientos al context de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica. Departamento de Física. Universidad Nacional de Colombia
- GUERRERO, German, *Pragmática de la explicación científica. Una reflexión pertinente para la enseñanza de las ciencias*. Conferencia, II Encuentro Nacional de Grupos de Investigación de la Enseñanza de las Ciencias, Cali, 2012.
- HACKING, Ian. (1983) *Representing and intervening*. Cambridge University Press.
- HERNANDEZ, Oscar. (2002) "El convencionalismo de Pierre Duhem y Henri Poincaré". *Revista Filosofía Universitaria*. Vol. 45. No. 100, pp. 53-62.
- HERTZ, Heinrich. (1956) *Los principios de la mecánica*. Traducción realizada para el seminario de Tópicos de Mecánica Clásica de la Maestría en Docencia de la Física. Universidad Pedagógica Nacional.
- HODSON, D. *Investigación y experiencias didácticas. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*.
- HODSON, D. (1994). "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". *Investigación y experiencias didácticas. Revista Enseñanza de las ciencias*. Vol. 12, No.3, pp. 299-313.
- IBARRA, A., MORMANN, T., (2000) "Una teoría combinatoria de las representaciones científicas". *Revista Hispanoamericana de Filosofía*. Vol. 32, No.95, 2002, pp.3 - 46.
- LANGLOIS, Pierre. (2005) "Sur la route de l'électricité". Edition Multimondes". Francia.



- LEITÃO, Selma, (2007) “Argumentação e Desenvolvimento do Pensamento Reflexivo”. *Psicologia Reflexão e Crítica*. Vol. 20. No.3, pp. 454-462.
- MACH, Ernst. (1987) *Análisis de las Sensaciones*. Ed. Alta Fulla, Barcelona.
- MALAGÓN, Francisco (2003) “Teoría y experimento, una relación dinámica: implicaciones en la enseñanza de la física”.. *Pre-impresos, Depto. de Física, UPN*.
- MALAGÓN, Francisco et al. (2011) *Fenomenologías, Magnitudes y Medición. Experimentación en el Aula*, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá
- MALAGÓN, Francisco y OTROS (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias*. UPN.
- MATTHEWS, M., (1994) “Vino viejo en botellas nuevas: Un problema con la epistemología constructivista”. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 12. No. 1, pp. 79 – 88.
- NEWTON, Isaac, (1982) *Principios matemáticos de la filosofía natural*, Editora Nacional, Madrid.
- PELSENEER, J. (2011) “Gilbert, Bacon, Galileé, Képler, Harvey et Descartes: Leurs relations”. *Chicago journals History of Science Society*.
- RICO, L. (2009). “Sobre las nociones de representación y comprensión en la investigación en educación matemática”. *PNA*, 4(1), 1-14
- RODRÍGUEZ, Luz Dary. (1989) “La historiografía de las Ciencias y sus Implicaciones en la Enseñanza de las Ciencias”. Trabajo de grado de la Licenciatura en Física, Universidad Pedagógica Nacional.

- RODRÍGUEZ, L.D., y ROMERO, A. (2006) "El concepto Magnitud como fundamento del proceso de medición. La cuantificación de los estados de movimiento y sus cambios". En: Revista Educación y Pedagogía, Medellín, Universidad de Antioquia, V. XXX, núm. 43, pp. XX.
- RODRÍGUEZ, Luz Dary. (2008) "De la mecánica racional a la termodinámica general o energética: la física de Pierre Duhem". Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. Editorial Kimpres. Colombia.
- STEINLE, F. (2002). "Ciencia y Romanticismo 2002". Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. España.
- STEINLE, F. (1997). "Entering New Fields: Exploratory Uses of Experimentation". *Phylosophys of science*.
- TAGÜEÑA, J., MARTINA, E. (1986). "De la brújula al espín. El magnetismo". Fondo de Cultura Económica. México.
- WITTGENSTEIN, Ludwig. (1976) Los cuadernos azul y marrón. Editorial Tecno. Madrid.